

Explorando las Matemáticas en Realidad Virtual 3D:

Innovación Tecnológica para el Aprendizaje de Ecuaciones, Funciones y Series

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$$



$$f(x) = \sin(x)$$

$$a_n = \frac{1}{n}$$



REALIDAD
VIRTUAL



VISUALIZACIÓN
3D



INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA



APRENDIZAJE
SIGNIFICATIVO

Explorando las Matemáticas en Realidad Virtual 3D: Innovación Tecnológica para el Aprendizaje de Ecuaciones, Funciones y Series

Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Sistemas
Línea de investigación en Informática Educativa
Grupo de Investigación GITUA-GIECOM

Esta obra deberá ser citada de la siguiente manera:

Millan-Rojas, E. E.; (Coordinador) 2026. Explorando las Matemáticas en Realidad Virtual 3D: Innovación Tecnológica para el Aprendizaje de Ecuaciones, Funciones y Series. pp.136. Tamaño (21.59 x 27.94 cm).

Incluye bibliografía.

© Editorial Didaxis S.A.S

Autor(es): Murillo Ducuara Jairo Andrés, Millán Rojas Edwin Eduardo, Correa Cruz Lucelly, Sáenz Pernia Jaider Edilberto, Verástegui González Fredy Antonio, Ramírez Saavedra Edna Rocío, De las Salas Falla Cristhian Felipe, Vargas Losada Heriberto Fernando & Gallego Ruiz Lubeimar Eduardo.

ISBN Digital: 978-9907-837-03-2

Número y año de edición: Primera edición, 2026.

Diagramación y diseño de cubierta: Autores mediante ChatGpt4.0

Impresión y terminación: Editorial Didaxis S.A.S

Corrección de estilo: Editorial Didaxis S.A.S

Tiraje: Online.

Prohibida la reproducción total o parcial de este con fines comerciales. Su utilización se puede realizar con carácter académico, siempre que se cite la fuente.

“El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del (los) autor(es) y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de la Amazonia, ni genera su responsabilidad frente a terceros. El (los) autor(es) asume(n) la responsabilidad por los derechos de autor y conexos contenidos en la obra, así como por la eventual información sensible publicada en ella” Florencia, Caquetá, Colombia.

Esta Obra está enmarcada bajo el plan de mejoramiento del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia y es resultado del proyecto de Investigación Desarrollo de un campus virtual 3D para la articulación del proceso misional de docencia en la Universidad de la Amazonia: “UdlaVerso”

Esta obra está bajo una Licencia BY 4.0 International (CC BY).



Impreso y hecho en Colombia / Printed and made in Colombia

Índice de autores

Capítulo 1. Entorno virtual de enseñanza y aprendizaje para Ecuaciones Diferenciales de primer orden

**Jairo Andrés Murillo
Ducua**

*Estudiante del programa de
Ingeniería de Sistemas,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de la Amazonia*

Correo: jair.murillo@udla.edu.co

ORCID:

<https://orcid.org/0009-0003-1906-1233>

**Edwin Eduardo Millán
Rojas**

*Docente tiempo completo del
programa de Ingeniería de
Sistemas, Facultad de
Ingeniería, Universidad de la
Amazonia*

Correo: e.millan@udla.edu.co

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-4258-4601>

Lucelly Correa Cruz

*Docente tiempo completo.
Programa Administración de
Empresas. Facultad de
Ciencias Contables,
Económicas y
Administrativa. Universidad
de la Amazonia*

Correo: l.correa@udla.edu.co ,

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-4781-0305>

Capítulo 2. Plataforma Interactiva 3D para el Aprendizaje de la Función Valor Absoluto: EduDomo

**Jaider Edilberto Sáenz
Pernia**

*Estudiante del programa de
Ingeniería de Sistemas,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de la Amazonia*

Correo: ja.saenz@udla.edu.co

ORCID:

<https://orcid.org/0009-0005-3745-3841>

**Fredy Antonio Verástegui
González**

*Docente tiempo completo del
programa de Ingeniería de
Sistemas, Facultad de
Ingeniería, Universidad de la
Amazonia*

Correo:

f.verastegui@udla.edu.co

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-0525-6879>

**Edna Rocío Ramírez
Saavedra**

*Ingeniera de Sistemas,
Especialista en TIC para la
innovación Educativa,
Magister en TIC, Egresada de
la Facultad de Ingeniería,
Universidad de la Amazonia*

Correo:

edna.ramirez@udla.edu.co

ORCID:

<https://orcid.org/0009-0005-0433-9583>

Capítulo 3. Construcción de un Escenario Virtual 3D de Series Infinitas en el “UdlaVerso”.

Cristhian Felipe De las Salas Falla

Estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo:

c.delassalas@udla.edu.co,
ORCID:
<https://orcid.org/0009-0002-6965-9068>

Heriberto Fernando Vargas Losada

Docente tiempo Completo del programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo:

heri.vargas@udla.edu.co,
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-8561-0793>

Lubeimar Eduardo Gallego Ruiz

Docente tiempo Completo del programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo:

l.gallego@udla.edu.co,
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0001-9117-6420>

INSTITUCIÓN PATROCINADORA

UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA

DISEÑO DE PORTADA

Explorando las Matemáticas en Realidad Virtual 3D: Innovación Tecnológica para el Aprendizaje de Ecuaciones, Funciones y Series

Diseño de Caratula Por: Autores mediante ChatGpt4.0.

PUBLICADO POR:

Editorial Didaxis S.A.S

2026.

Diseño y diagramación:

Editorial Didaxis S.A.S

2026.

Esta Obra está enmarcada bajo el plan de mejoramiento del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia.

Índice

Capítulo 1. Entorno virtual de enseñanza y aprendizaje para Ecuaciones Diferenciales de primer orden.	12
1. Resumen	13
2. Introducción	14
3. Materiales y Métodos	16
4. Metodología	24
5. Resultados	29
6. Conclusiones	59
7. Referencias Bibliográficas	62
Capítulo 2. Plataforma Interactiva 3D para el Aprendizaje de la Función Valor Absoluto: EduDomo	65
1. Resumen	66
2. Introducción	66
3. Materiales y Métodos	68
4. Resultados	74
5. Conclusiones	108
6. Referencias Bibliográficas	110
Capítulo 3. Construcción de un Escenario Virtual 3D de Series Infinitas en el “UdlaVerso”.	113
1. Resumen	114
2. Introducción	114
3. Materiales y Métodos	116
4. Resultados	121
5. Conclusiones	141
6. Referencias Bibliográficas	143

CAPÍTULO 1

Entorno virtual de **enseñanza**
y **aprendizaje** para
ecuaciones diferenciales
de primer orden



ENSEÑANZA
VIRTUAL



APRENDIZAJE
ACTIVO



PENSAMIENTO
MATEMÁTICO

Capítulo 1. Entorno virtual de enseñanza y aprendizaje para Ecuaciones Diferenciales de primer orden.

Jairo Andrés Murillo Ducuara ¹,

Edwin Eduardo Millán Rojas ²

Lucelly Correa Cruz³

¹ Estudiante del programa de Ingeniería de sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo: Jair.murillo@udla.edu.co.

² Docente tiempo completo del programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo: e.millan@udla.edu.co.

³ Docente tiempo completo. Programa Administración de Empresas. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativa. Universidad de la Amazonia, correo: l.correa@udla.edu.co

1. Resumen

El aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales representa uno de los retos más grandes en el proceso de enseñanza de las matemáticas más aún en programas como ingeniería de sistemas donde los estudiantes no comprenden en principio su aplicabilidad y los conceptos abstractos de los que se trata en muchos casos la dificultad tiene un origen de falta de conceptos teóricos acumulados desde su formación inicial pero también en no encontrarse con una forma de poder entender los conceptos abstractos profundiza aún más el problema de aprendizaje por parte de los estudiantes universitarios. Uno de los elementos que aborda el presente capítulo es la resolución mecánica de elementos teóricos que pueden ser puestos de manera experimental en un entorno interactivo para que el estudiante comprenda de una mejor manera los conceptos que tradicionalmente se enseñan en el aula.

Con el propósito con el propósito de abordar esa problemática el proyecto de luz la verso propone desarrollar entornos virtuales inmersivos para el aprendizaje de las temáticas más complejas dentro del proceso de enseñanza de la ingeniería de sistemas una de estas temáticas es el aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales de primer orden esta iniciativa está fundamentada en el desarrollo de la metodología de programación extrema la cual permite un desarrollo interactivo flexible y centrado en las necesidades del estudiante. Como elemento de partida se realizaron procesos de recolección de información en estudiantes que han visto la asignatura de forma previa dentro del currículo del programa ingeniería de sistemas de la universidad la amazonia y se establecieron los requerimientos funcionales y pedagógicos del entorno virtual.

A partir de la metodología planteada se diseñó un escenario inmersivo utilizando el visor de Firestone y el lenguaje de programación Linden Scripting Language (LSL), donde los estudiantes pueden interactuar con modelos matemáticos, modificar parámetros, visualizar gráficamente el comportamiento de ecuaciones, analizar soluciones en tiempo real de los problemas generando con un enfoque diferencial en el

proceso de aprendizaje, utilizando la experimentación activa como eje central dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales. Como resultados relevantes se observa un entorno de desarrollo interactivo que fue evaluado por parte de usuarios expertos encontrando dentro de la heurística de Nielsen unos valores que se aproximan establecer un entorno usable y de práctica para el aprendizaje de las Ecuaciones Diferenciales.

2. Introducción

El proyecto "Aprendiendo y Reforzando mis Conocimientos de Ecuaciones Diferenciales" presenta un objetivo muy claro: crear un módulo educativo interactivo en un entorno virtual que haga que aprender Ecuaciones Diferenciales sea más sencillo y práctico fortaleciendo de manera exponencial los conocimientos de los estudiantes. La idea nació en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia y responde a una necesidad que muchos estudiantes conocen bien: fortalecer los conocimientos en una materia, la cual es clave del plan de estudios.

Enfocado principalmente en las Ecuaciones Diferenciales de primer orden, este módulo cubre temas esenciales como modelación, separación de variables, métodos cualitativos, el método de Euler, y hasta conceptos más avanzados como unicidad de soluciones, equilibrio y bifurcaciones en su primera unidad. Teniendo todo lo anterior en cuenta se podría plantear la siguiente pregunta, ¿por qué son tan importantes las Ecuaciones Diferenciales? La respuesta se enfocada en su utilidad. Ya que son una base fundamental para aplicar el cálculo a aquellos problemas comunes del día a día, lo que nos da como resultado tener un enfoque desde la ciencia hasta la vida cotidiana. Pero, aunque la idea suene interesante y muy llamativa, muchos estudiantes presentan problemas con este curso. ¿Por qué? Puede ser por una falta de unas bases matemáticas sólidas que no se enseñan en algunos colegios o porque las clases muchas veces se sienten

muy desconectadas de la realidad. ¿Quién no ha salido de las clases pensando: “Bueno, ¿y esto en mi vida profesional para qué me sirve?”

Ahí es donde entra a jugar un papel fundamental y se plantea este módulo, como una herramienta de innovación que usa simulaciones y visualización 3D como principal enfoque para hacer que los conceptos sean más prácticos de entender y disminuir la dificultad que se tiene en los estudiantes para comprender. La idea es que los estudiantes no solo vean números y fórmulas, sino que entiendan cómo se aplican en situaciones reales las cuales puedan manipular en tiempo real y ver los cambios que estas generan. El desarrollo que se tuvo de este módulo no fue algo improvisado. Primero, se hicieron entrevistas a docentes y estudiantes para identificar las necesidades y recolectar los datos necesarios de la situación actual que se vive en el curso y los problemas más urgentes. Luego, se modela y se definen los requisitos funcionales y técnicos, después se usó herramientas digitales como el visor Firestorm y el lenguaje de programación LSL para construir un entorno virtual bien estructurado teniendo siempre en cuenta que fuese atractivo y útil en su aplicabilidad. Cada detalle fue pensado para integrar teoría y práctica de una manera clara y efectiva siempre teniendo en cuenta la esencia de nuestro sistema.

El resultado que se pudo obtener es un espacio inmersivo donde los estudiantes tienen la oportunidad de poder explorar Ecuaciones Diferenciales de forma visual y dinámica. Por ejemplo, pueden ajustar parámetros y variables en tiempo real, ver cómo van tomando forma las soluciones y entender mejores conceptos que antes parecían demasiado complejos o en el peor de los casos aburridos. Durante las pruebas, se recibió comentarios positivos en cuanto a la comprensión y aceptación del módulo: esta herramienta no solo ayuda a comprender mejor los temas, sino que también aumenta la motivación de los estudiantes a participar en el curso.

El proyecto se llevó a cabo en diferentes etapas. Primero, se presentó la problemática y se planteó un marco teórico que respaldara la iniciativa. Luego, se detalló la metodología y los recursos que pudieran ser destinados para este desarrollo. Y, por último, se analizaron los resultados obtenidos, destacando el impacto que este módulo tiene en el aprendizaje y el interés de los estudiantes por los contenidos del curso. En resumen, este proyecto no solo busca enseñar una unidad de Ecuaciones Diferenciales de una manera más moderna y efectiva, sino también permite que se transforme la forma en que los estudiantes se apropian de los conocimientos y conceptos. Es una solución innovadora que combina tecnología, creatividad y necesidades reales del aula de clases. ¿Qué resultado se logró? Un enfoque práctico y dinámico que, sin duda alguna, beneficia tanto a estudiantes como a docentes a la hora de comprender los contenidos.

3. Materiales y Métodos

A partir de este momento se abarcará paso a paso todo el proceso que se siguió para construir un entorno virtual de enseñanza enfocado en el curso de Ecuaciones Diferenciales. El desarrollo se dividió en tres fases principales como eje central: teórica, diseño y construcción. Cada una tuvo pasos clave que garantizaron que el resultado final fuera funcional y, sobre todo, se pudiera dar garantías de su utilidad para los estudiantes que lo usaran. A lo largo del proyecto, se utilizaron diferentes metodologías para la recopilación de datos, análisis de requisitos, diseño del sistema con paradigmas de programación emergentes y, finalmente, uso de herramientas tecnológicas avanzadas para recrear este entorno en un mundo virtual.

La primera fase, la teórica, fue como pensar en construir una casa en la cual solo se tenía una idea y muchos problemas. Todo empezó con la selección del tema de trabajo. Este debía estar alineado con el plan de estudios y con los contenidos actuales del curso de Ecuaciones Diferenciales. Ahora bien, ¿por qué es tan importante esta elección? Porque

esa base aseguraba que el entorno fuera relevante y realmente les sirviera a los estudiantes de la Universidad de la Amazonia. Sin un buen fundamento, el resto del proyecto no tendría sentido alguno y no tendría un enfoque claro del para qué es útil.

Con el tema ya definido, el siguiente paso fue preparar las entrevistas. Aquí no se trataba solo de hacer preguntas al azar, sino de identificar a las personas clave y los requisitos: los estudiantes y un docente que entraría aquí como un usuario especializado con toda su experiencia que estuviera dictando el curso. Se formularon preguntas abiertas porque, las respuestas cerradas no permiten la reelección de las problemáticas, lo cual no sirve para lo que se requiere. Este tipo de enfoque permitió que los participantes hablaran libremente sobre sus experiencias, necesidades y expectativas. ¿Qué querían? ¿Qué les hacía falta? ¿Qué imaginaban en un entorno ideal para aprender Ecuaciones Diferenciales? Toda esa información fue clave para guiar los siguientes pasos del proyecto.

Las preguntas estuvieron diseñadas de tal forma que no solo ayudaran a identificar problemas, sino también a captar ideas para posibles soluciones. Por ejemplo, se preguntó sobre las dificultades más comunes en el aprendizaje a la hora de ver el curso, qué herramientas consideran más útiles y cómo les gustaría que se impartiera el curso en un entorno virtual. No se trataba de adivinar lo que ellos querían o de suponer las necesidades, sino de escucharlos directamente para construir algo que realmente respondiera a sus problemas a la hora de ver la materia.

Con esta primera fase completada, ya se tenía una idea clara de lo que debía incluirse en el diseño del sistema. Pero lo interesante es que esta no fue solo una etapa de preparación, sino una parte fundamental que marcó el camino para que todo el proyecto tuviera sentido y fuera relevante desde el inicio. A continuación, los resultados de estas entrevistas y preguntas sirvieron como base para avanzar hacia las siguientes fases: el diseño y la construcción del entorno virtual. Y, sinceramente, esta primera etapa no solo

ayudó a sentar las bases, sino que también dejó claro el que, y el por qué se necesita estas soluciones y a su vez que, cuando se escucha a los usuarios, las soluciones que se crean tienen un impacto mucho más grande.

Tabla 1.1. Preguntas realizadas para las entrevistas

Diseño de entrevista para los estudiantes

1. ¿Cuáles son las principales dificultades que enfrentas al aprender Ecuaciones Diferenciales?

2. ¿Qué aspectos del currículo actual de Ecuaciones Diferenciales crees que necesitan mejorar para facilitar tu aprendizaje?

3. ¿Qué recursos adicionales utilizas o crees que serían útiles para mejorar tu comprensión de las Ecuaciones Diferenciales?

4. ¿En qué medida consideras que la tecnología (e.g., simulaciones, software de cálculo) puede ayudarte a comprender mejor las Ecuaciones Diferenciales?

5. ¿Cuáles son las técnicas didácticas que encuentras más efectivas para aprender Ecuaciones Diferenciales?

6. ¿Cuáles son los conceptos o temas específicos dentro de las Ecuaciones Diferenciales que encuentras más difíciles y por qué?

7. ¿Qué cambios o mejoras te gustaría ver implementados en la enseñanza de Ecuaciones Diferenciales para mejorar tu comprensión y rendimiento?

8. ¿Puedes describir cómo se integran los laboratorios en la unidad de métodos numéricos y si consideras que son útiles?

9. ¿Como le gustaría a usted aprender Ecuaciones Diferenciales?

Nota. La tabla muestra las preguntas realizadas para realizar la entrevista para los estudiantes.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 1.2. Preguntas realizadas para el docente encargado de la guía establecida

Diseño de entrevista para el docente

1. ¿Cuáles considera que son las principales dificultades que enfrentan los estudiantes al aprender Ecuaciones Diferenciales?
2. En su experiencia, ¿qué aspectos del currículo actual de Ecuaciones Diferenciales cree que necesitan mejorar para facilitar el aprendizaje?
3. ¿Qué recursos adicionales utiliza o cree que serían útiles para mejorar la enseñanza de Ecuaciones Diferenciales?
4. ¿En qué medida considera que la tecnología (e.g., simulaciones, software de cálculo) puede ayudar a los estudiantes a comprender mejor las Ecuaciones Diferenciales?
5. ¿Cuáles son las técnicas didácticas que encuentras más efectivas para aprender Ecuaciones Diferenciales?
6. ¿Cuáles son los conceptos o temas específicos dentro de las Ecuaciones Diferenciales que encuentras más difíciles y por qué?
7. ¿Qué cambios o mejoras te gustaría ver implementados en la enseñanza de Ecuaciones Diferenciales para mejorar tu comprensión y rendimiento?
8. ¿Puedes describir cómo se integran los laboratorios en la unidad de métodos numéricos y si consideras que son útiles?
9. ¿Como le gustaría a usted aprender Ecuaciones Diferenciales?

Nota: La tabla muestra las preguntas realizadas para realizar la entrevista para el docente. Fuente: elaboración propia.

Para garantizar que la efectividad de la herramienta de recolección de datos sea la correcta, se realizó una validación previa mediante inteligencia artificial (IA). Se cargaron las preguntas en Chat GPT de Open AI y se recrearon respuestas, evaluando si cumplían con lo esperado, tanto en calidad como de pertinencia. Antes de aplicar las entrevistas, se realizó esta validación previa para ajustar cualquier detalle necesario. ¿El resultado? Todo quedó listo para realizar las entrevistas sin contratiempos de una manera eficaz para que los entrevistados no les consumiera mucho tiempo. Estas se llevaron a cabo en

un ambiente de agrado para el entrevistado, fuera del entorno académico, lo cual ayudó a que los participantes se sintieran más cómodos al hablar. Antes de iniciar la entrevista se dio conocimiento a los usuarios de que iban a ser grabados para tener evidencias de sustentación y una mejor retroalimentación de la información. Se comenzó con el docente, quien no solo aportó datos técnicos de la asignatura, sino también coordinó la entrevista con una estudiante que cursaba la materia en ese semestre. Este enfoque permitió obtener una visión completa, tanto desde la enseñanza como desde el aprendizaje, lo que resultó clave para avanzar con una buena base a la siguiente fase del proyecto.

Con la información de las entrevistas, arrancó la fase de diseño. Para empezar con el primer paso, fue analizar todas las respuestas de forma detallada para identificar los principales problemas y necesidades que presentaban los estudiantes y profesores en el proceso de aprender y enseñar Ecuaciones Diferenciales. Este análisis permitió dar una definición clara acerca de cada una de las áreas clave donde se debía presentar mejoras así mismo, donde se pudieron establecer los requisitos que debía cumplir el entorno virtual para poder ser útil y llamativo, desde lo funcional (como interacciones específicas) hasta lo técnico (como compatibilidad y rendimiento).

Una vez fueron identificadas todas y cada una de las necesidades, se tradujeron una a una a lenguaje técnico que precisara todo lo necesario, apoyándose principalmente en herramientas de inteligencia artificial (IA) como lo es ChatGPT 4o de OpenAI. Este paso ayudó a estructurar de forma clara y precisa los requisitos del sistema y sentó las bases para la programación. Posteriormente decidió utilizar el paradigma de programación orientada a objetos (POO), ideal para modelar sistemas complejos. Con este enfoque claro y preciso se desarrollaron diagramas de casos de uso que mostraban de manera visual cómo los estudiantes y docentes interactuarían con el sistema y sus objetos, además de detallar los escenarios y funcionalidades que debía incluir cada unidad temática.

Posteriormente de que se definieran los casos de uso, se creó un diagrama de clases que funcionaría como nuestro mapa estructural para la programación realizar el proceso de creación de los objetos. Este modelo permitió visualizar las entidades principales del sistema y cómo se relacionaban entre sí de manera lógica y ordenada. Fue una herramienta esencial para entender cómo funcionaría el entorno en su totalidad, abarcando todos los métodos y procesos necesarios para su desarrollo.

Para completar esta fase, se elaboró un diagrama de despliegue que describía la funcionalidad de toda la infraestructura tecnológica necesaria para implementar el sistema de manera óptima. Esto se llevó a cabo en equipo con el encargado del servidor quien alojaría el entorno, donde nos dio explicaciones de muchas funciones y asegurando que todo estuviera bien configurado y que no hubiera problemas técnicos ni lógicos al momento de su uso.

Un detalle interesante del diseño fue la creación de bocetos del entorno. Al inicio, estos se hicieron a mano alzada logrando así plasmar las ideas a un papel y así poder de una forma precisa mejorar los bocetos paso a paso. Luego, con ayuda de IA, se generaron versiones más detalladas que mostraron con mayor claridad cómo sería el resultado final y lo que esperábamos poder recrear dentro de nuestro sistema, así como la colocación de los objetos a detalle. Además, se utilizó Minecraft como un entorno para asentar los bocetos ya que a pesar de ser un mundo cuadra es ideal para modelar un prototipo preliminar del entorno sin funcionalidades. Esto fue más útil de lo que parece: permitió probar configuraciones, ajustar distribuciones y dar forma a nuevas ideas que mejoraron la planificación del proyecto, así como también probar la escalabilidad del proyecto en cuanto a si era adaptable y moldeable en el tiempo.

Al culminar la fase de diseño, llegó el momento de construir el entorno. Se utilizó el visor Firestorm, una herramienta especializada para diseñar y programar objetos en mundos virtuales 3D. Esta herramienta fue la encargada de recrear los escenarios, añadir

objetos y programar todas las interacciones necesarias para que el sistema fuera funcional y útil.

A los estudiantes participantes se les dieron credenciales para que pudieran acceder al entorno y colaborar de manera remota en su construcción. Usando los bocetos como guía, se creó un escenario general bien organizado. Cada unidad temática tuvo su propia área específica, diseñada para facilitar el aprendizaje y mantener todo ordenado y de fácil comprensión para los usuarios.

En términos del espacio asignado, se asignaron zonas de 32x32 metros cuadrados para cada unidad temática la cual definimos como domos, con un área adicional para evaluar los temas. Además, se creó un espacio más amplio, de 80x80 metros cuadrados que vendría siendo un domo gigante, para un centro de refuerzo de álgebra básica. Esto fue importante para que el entorno no solo fuera funcional, sino también atractivo y cómodo para los usuarios en todos los aspectos.

En esta etapa, quedó claro que el trabajo previo de diseño fue clave para que la construcción avanzara de manera ordenada y sin mayores complicaciones. Cada detalle que fue planificado tuvo un propósito, y eso se reflejó en un entorno virtual que realmente responde a las necesidades de los estudiantes y docentes.

Para recrear los bocetos, se modelaron los objetos uno a uno, tanto dentro como fuera del visor Firestorm. En algunos casos, se trajeron objetos desde páginas web especializadas para adaptarlos al formato de Firestorm, se usó Blender, una herramienta de modelado 3D. Esta integración de herramientas permitió crear un entorno educativo visualmente armonioso, coherente y adecuado para su propósito lógicamente ambientado a cada escenario.

Se implementó la funcionalidad de los objetos con los que el usuario iba a interactuar. Para ello, se utilizaron scripts en lenguaje LSL (Linden Scripting Language),

que es un lenguaje de programación de segundo nivel diseñado para entornos virtuales 3D. Estos scripts permitieron dar vida a los objetos, asegurando que los usuarios pudieran interactuar con ellos de manera fluida y eficiente. Además, se recurrió a repositorios por medio de ChatGPT de OpenAI para obtener ejemplos y mejorar la calidad del código, garantizando así la estabilidad y funcionamiento correcto del sistema sin causar daños ni sobrecargar el servidor.

Por último se usó la técnica de evaluación heurística la cual está basada en los 10 principios de Nielsen y contempla los siguientes elementos, “Visibilidad del estado de sistema; Correspondencia entre el sistema y la realidad; Libertad y control por parte del usuario; Que haya consistencia y estándares; Prevención de errores; Reconocimiento antes que recuerdo; Flexibilidad y eficiencia en el uso; Diálogos estéticos y diseño minimalista; El sistema ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperar los errores y El sistema tiene ayuda y documentación” (Elías Chanchi et al., 2020. p.449).

Grupo de estudio: se estableció un grupo de estudiantes de Ingeniería de sistemas con conocimientos avanzados en el desarrollo de ambientes virtuales 3D, estos estudiantes evaluaron cada escenario de la aplicación “módulo para la enseñanza de campo y potencial eléctrico en el Udlaverso” utilizando los principios de Nielsen, descritos anteriormente.

Herramienta: se construyó un formulario en Google Forms ubicando cada escenario de la aplicación y evaluando cada principio de Nielsen en una escala valorativa de uno (1) a cinco (5), donde uno es insuficiente y cinco es sobresaliente, los resultados se analizaron de acuerdo con cada escenario y en conjunto con el total de las evaluaciones realizadas por el grupo de estudio.

4. Metodología

En este proyecto se usó la metodología **Extreme Programming (XP)** como marco ágil para desarrollar un entorno virtual en 3D orientado a la enseñanza del curso de Ecuaciones Diferenciales. ¿Por qué XP? Al tener un enfoque iterativo se centra en nuestros estudiantes como usuarios finales. Esto facilita hacer numerosos cambios sobre la marcha y mejorar el entorno basándonos en las opiniones y retroalimentación constante por parte de los estudiantes y docentes. Aparte, según lo que plantea (Lampropoulos et al., 2025), esta metodología es ideal para ajustar los contenidos educativos en entornos 3D de forma gradual, haciendo que la experiencia sea más interactiva y accesible en plataformas virtuales de educación.

Lo interesante de XP es que se adapta perfecto a los proyectos educativos como este que necesitan avances paso a paso y ajustes de formas frecuentes. Diseñar espacios virtuales que imiten aulas o campus universitarios requiere justamente esa flexibilidad. Como dice Lampropoulos et al. (2025) , usar estándares abiertos como **X3D** y herramientas como **OpenSimulator** hace que sea más fácil crear prototipos educativos en 3D. ¿El beneficio? Los usuarios pueden interactuar mejor con objetos y escenarios en un entorno que, además de ser inmersivo, se siente práctico y accesible.

Cada iteración en XP se enfocó en añadir una funcionalidad específica. Primero, se desarrolló la estructura básica de los espacios de aprendizaje, y después se integraron scripts para permitir la interacción en tiempo real. Algo clave fue la retroalimentación de los usuarios en cada ciclo, ya que ayudó a realizar mejoras continuas. ¿con que objetivo? Que el entorno final cumpliera con los requisitos educativos y técnicos necesarios. Esto está en línea con lo que Stefan y su equipo proponen en sus investigaciones sobre cómo usar entornos virtuales para el aprendizaje.

4.1. Planeación (Planning)

En la fase inicial del desarrollo, se trabajó directamente con los usuarios clave, es decir, docentes y estudiantes, para establecer los requisitos del entorno 3D. ¿Por qué hacerlo así? Porque estas interacciones permiten identificar de primera mano todo lo que realmente necesitan los usuarios. La idea era que el entorno no solo funcionara, sino que fuera útil, relevante y práctico para ellos para poder despertar su interés.

Durante todo este proceso colaborativo, se definió un conjunto de funcionalidades que para la plataforma se irían priorizando aquellas que los usuarios consideraron más importantes. Este enfoque ayudó a enfocar los esfuerzos en lo que realmente sería importante, asegurando que el entorno final estuviera alineado con las expectativas y objetivos del curso (Gonzalez & Rodriguez Garcia, 2011); (Américas, 2020).

Para definir todas las funcionalidades más importantes y relevantes, se usó un método bien práctico: las historias de usuario. Estas historias se construyen básicamente pensando en cómo los usuarios finales (en este caso, estudiantes y docentes) interactúan con el entorno y qué resultados esperan obtener. Básicamente, es como si nos pusiéramos en los zapatos de los usuarios.

Por ejemplo, una historia de usuario podría ser algo así: "Como estudiante, quiero interactuar con objetos tridimensionales que me ayuden a visualizar gráficamente las soluciones de Ecuaciones Diferenciales". Este tipo de enfoque asegura que cada nueva versión del sistema no solo cumpla con los objetivos educativos, sino que también aporte a una experiencia más interactiva y útil (Satdi, 2020); (Gonzalez & Rodriguez Garcia, 2011).

Cuando se organiza el desarrollo de un proyecto, se trabaja por ciclos cortos que se llaman sprints. En cada uno de estos ciclos, se crea una versión funcional del entorno 3D que se prueba de inmediato con los desarrolladores. ¿Por qué? Porque así se puede recibir

retroalimentación al toque. Esa información que nos dan es clave para ajustar lo que sea necesario y seguir mejorando poco a poco.

Este método de trabajar por partes no solo es más práctico, sino que también permite que el diseño cambie según lo que realmente necesitan los usuarios. ¿No es mejor que quedarnos con una idea fija desde el principio? De esta forma, logramos que el entorno termine siendo más útil y se ajuste mejor a los objetivos educativos que queremos cumplir en el proyecto (Américas, 2020); (Satdi, 2020).

4.2. Diseño (Design)

En esta etapa, el diseño del entorno 3D se mantiene súper simple. ¿Por qué? Para que sea más fácil hacerle cambios más adelante a medida que sea necesario. Al mantenerlo así de básico, se pueden añadir funciones nuevas según lo que digan los usuarios, que interactúan con los objetos y las áreas según lo que necesiten para aprender mejor (Hoggan, 2024). La idea es que el entorno pueda crecer sin volverse complicado ni lento.

Para organizar las principales partes del entorno, como los estudiantes, los objetos que se pueden usar y las áreas de contenido, se usaron diagramas de clases. Estos sirven para entender cómo se relacionan los elementos clave y cómo deberían funcionar. Además, ayudan un montón a que el programa sea fácil de modificar o expandir. Los casos de uso, por otro lado, explican cómo los usuarios interactúan con el entorno. Gracias a esto, se pueden diseñar cosas específicas, como integrar narrativas interactivas dentro del espacio 3D para aprender mejor (Hoggan, 2024).

Otro punto importante es la refactorización continua. A medida que el proyecto avanza, se simplifica el código y se optimiza el sistema. ¿Para qué? Para evitar que el servidor cargue de más o que el código se vuelva un enredo innecesario de acciones innecesarias que consuman recursos. Este enfoque, que es típico en metodologías ágiles como la Programación Extrema (XP), asegura que el entorno siga siendo fácil de usar y

rápido de actualizar. Así se pueden meter nuevas funciones sin que todo colapse ni se pierda rendimiento (Springer, 2022) (Frontiers, 2022).

4.3. Codificación (Coding)

En esta etapa, se usa un enfoque llamado desarrollo basado en pruebas (TDD) para trabajar en el entorno 3D. ¿De qué se trata? Básicamente, antes de escribir el código, se crea una prueba para asegurarse de que cada funcionalidad haga lo que tiene que hacer. Luego, se escribe solo el código necesario para pasar esa prueba y, una vez que todo funciona, se ajusta y mejora (Fowler , 2023); (PractiTest, 2022). Esto es súper útil, sobre todo en entornos 3D, donde cada interacción con el usuario debe ser precisa y fluida.

Para las funciones interactivas, como mover objetos o navegar por el entorno, se usan scripts en LSL (Linden Scripting Language). Primero, se desarrollan de manera independiente y, al igual que con el TDD, pasan por un ciclo: se escribe la prueba, se hace el código para pasarla y, después, se mejora antes de integrarlo en todo el sistema (Wikipedia, 2023). Esto ayuda a que todo encaje bien desde el principio y evita dolores de cabeza más adelante.

También se aplica una técnica de Extreme Programming (XP) llamada programación en pares. ¿Te imaginas dos programadores trabajando en el mismo código al mismo tiempo? Suena intenso, pero es genial porque permite encontrar errores antes y de paso, compartir ideas para mejorar el resultado. Este trabajo en equipo hace que el código sea de mejor calidad, algo que es clave para que el entorno 3D funcione sin problemas ni fallas graves que puedan afectar de una manera importante todo el funcionamiento de nuestro sistema (Fowler, 2023); (Martin, 2022).

4.5. Pruebas (Testing)

El proceso de pruebas en el desarrollo de entornos 3D es algo constante y se acompaña cada etapa del proyecto. Cada vez que se suma una nueva funcionalidad, se prueban tanto sus partes individuales como la forma en que interactúan con todo el sistema. ¿Para

qué? Para mantenerlo estable y con la menor cantidad de errores posible. Este método, basado en pruebas antes de programar (o Test-Driven Development, TDD), asegura que las modificaciones cumplan con lo esperado y no generen ningún problema dentro del sistema (Devinterface, 2022); (Usersnap, 2023).

Un paso clave que se puede realizar es probar cada componente por separado. Por ejemplo, si se diseña un objeto interactivo o un espacio educativo, primero se revisa que cada función individual funcione bien. Esto no solo ayuda a detectar fallos desde el inicio, sino que también hace que el código sea más limpio y fácil de trabajar. Las pruebas unitarias son geniales para evitar regresiones, que son esos errores que aparecen cuando algo que ya funcionaba bien deja de hacerlo tras un cambio (Codefresh, 2023); (Usersnap, 2023).

Después de asegurarse de que las partes individuales están bien, se pasa a las pruebas de integración. Estas se encargan de comprobar que todos los módulos trabajen juntos sin problemas. En un entorno 3D, donde muchos componentes tienen que interactuar, comunicarse entre otras cosas de forma perfecta (como objetos, gráficos y controles), las pruebas de integración se hacen por pasos, agregando componentes poco a poco. Así, si algo falla, es más fácil saber dónde está el problema y corregirlo (Codoid, 2022); (Microsoft, 2022).

Con estas pruebas constantes y en diferentes niveles, el sistema se mantiene libre de errores acumulados, lo que mejora tanto la calidad del código como la experiencia del usuario.

5. Resultados

El sistema "Aprendiendo y Reforzando mis conocimientos de Ecuaciones Diferenciales" fue diseñado para hacer más fácil y dinámico el aprendizaje de esta materia avanzada. La idea es ofrecer un entorno interactivo en 3D que permita a los estudiantes explorar conceptos complejos de una forma más visual y práctica. Gracias a simulaciones y herramientas gráficas, el aprendizaje se vuelve más interesante y, lo más importante, más comprensible.

Este recurso es especialmente útil para los estudiantes de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia, ya que les ayuda a reforzar lo que ven en clase con prácticas interactivas que complementan la teoría. Es como llevar el conocimiento de los libros a un espacio virtual donde se puede experimentar sin límites y practicar sin miedo a equivocarse.

Además, los docentes también le sacan mucho provecho. Este sistema les da una herramienta moderna para explicar temas difíciles de una manera más llamativa y fácil de entender. Al final, se logra un ambiente de aprendizaje donde tanto estudiantes como profesores están más motivados y participan más activamente en la apropiación de los conceptos.

5.1. Fase Teórica

Para esta fase primeramente se realizó la selección de la unidad que se iba a abordar en este caso fue seleccionada la unidad 1 la cual es denominada Ecuaciones Diferenciales de primer orden la cual abarca contenidos como: Modelación por medio de Ecuaciones Diferenciales, Procedimientos analíticos: separación de variables, Procedimiento Cualitativo: Campos de pendientes, Técnica numérica; método de Euler, Existencia y unicidad de soluciones, Equilibrio y línea de fase, Bifurcaciones y Ecuaciones Diferenciales lineales los cuales comprenden los temas que se dictan en este curso en el cuarto semestre de Ingeniería de sistemas.

Tabla 1.3. *Unidad temática número 1 Ecuaciones Diferenciales, Ecuaciones Diferenciales de primer orden.*

CONTENIDO TEMÁTICO Y ANÁLISIS DE CRÉDITOS

UNIDAD I. Ecuaciones Diferenciales de primer orden.

Modelación por medio de Ecuaciones Diferenciales

Procedimientos analíticos: separación de variables

Procedimiento Cualitativo: Campos de pendientes

Técnica numérica; método de Euler

Existencia y unicidad de soluciones

Equilibrio y línea de fase

Bifurcaciones

Ecuaciones Diferenciales lineales

Nota. Es el contenido de la unidad 1 de la asignatura Ecuaciones Diferenciales (Universidad de la Amazonia, 2019). *Fuente:* elaboración propia.

Luego se lleva a cabo la estructuración y diseño la entrevista para el docente y estudiantes para el levantamiento de información. Ya en el siguiente paso se lleva a cabo una validación de la entrevista usando IA para ver que todas las preguntas cumplan con el orden y la rigurosidad para la debida aplicación y recolección de datos. A través de sus experiencias y opiniones, se pretende identificar estrategias que promuevan una mejor comprensión y realización de la aplicación de estos conceptos en el contexto educativo.

Tabla 1.4. *Respuestas importantes en las entrevistas*

Entrevista profesor

- hay varias dificultades, pero se puede resaltar 1 los estudiantes llegan con malas bases. En matemáticas. A los estudiantes cuando ven el curso de Ecuaciones Diferenciales se les ha olvidado derivar e integrar
 - importante es que la cuando la estudiante de cálculo integral hay mucha diferencia entre eso. Y el curso de Ecuaciones Diferenciales se le ha olvidado muchas cosas que volveré a recordar
-

-
- La otra cosa es buscar más aplicaciones hacia la ingeniería o que se pudieran realizar más ejemplos aplicados al mundo real eso en cuanto a recordarles a los estudiantes las temáticas que ya deberían traer
-
- las herramientas son muchas. Hoy en los métodos numéricos se ven como son las verdaderas aplicaciones de eso, cuando el estudiante puede programar sus propios problemas y resolverlos
-
- yo no diría que técnicas, yo diría más que todo. Meteorología y pedagogía para que los estudiantes entiendan bien lo que se les transmite. Y una de las cosas importantes en eso es que el profesor
-
- en mi experiencia que tengo como profesor. Las acciones son chistosas a veces, a veces hay dificultades en integración en la integración, pero las mayores dificultades las encuentra uno en el álgebra de bachillerato
-
- considero que se podría implementar más a fondo el tema uno que es donde en realidad se sientan las bases para ver el curso de Ecuaciones Diferenciales en los estudiantes y de ahí en adelante con un recuerdo del álgebra y una explicación de donde salen las Ecuaciones Diferenciales sería muy bueno
-
- Aplicaciones donde el estudiante pueda ver bien con ejemplos y interactuar de donde salen las Ecuaciones Diferenciales
-

Estudiante 1

-
- Un entorno virtual con simulaciones que permitan ajustar parámetros como la velocidad inicial y la fuerza aplicada, mostrando cómo varía la trayectoria y las Ecuaciones Diferenciales en tiempo real, sería una herramienta excelente para superar este desafío y facilitar la comprensión.
-
- Incluir más simulaciones prácticas, como las que permiten seguir paso a paso los métodos numéricos, ayudaría a conectar la teoría con la práctica de una manera más visual
-
- Además, un sistema que guíe a los estudiantes a través del proceso de resolución de una ecuación diferencial paso a paso, mostrando cada operación en una simulación interactiva, podría complementar de forma ideal la enseñanza teórica, haciendo el aprendizaje más dinámico y comprensible.
-
- La posibilidad de manipular variables dentro de un entorno visual, como en una simulación de campos de pendientes, donde se puedan observar trayectorias cualitativas en un plano inclinado, ayudaría mucho a entender cómo cambian las soluciones según diferentes condiciones iniciales.
-

- Asimismo, tener simulaciones que permitan visualizar los puntos de equilibrio y cómo los sistemas tienden hacia estos puntos estables o inestables sería de gran ayuda para comprender mejor la estabilidad de los sistemas.
- Tener acceso a una simulación donde diferentes condiciones iniciales generen trayectorias divergentes o convergentes ayudaría a visualizar mejores conceptos complejos como la unicidad y existencia de soluciones, haciendo que estos temas abstractos sean más tangibles y fáciles de entender
- Simulaciones que permitan ver cómo un sistema tiende a un punto de equilibrio estable o se desvía hacia un punto inestable serían una técnica muy efectiva
- También, poder experimentar con pequeños cambios en los parámetros y ver cómo estos afectan las bifurcaciones de las soluciones sería una excelente manera de comprender cómo los sistemas pueden tener soluciones completamente diferentes ante pequeñas variaciones en las condiciones
- Sería de gran ayuda contar con un entorno que permita visualizar cómo pequeños ajustes en los parámetros de una ecuación pueden llevar a diferentes soluciones, mostrando de manera clara el fenómeno de las bifurcaciones y cómo se produce este cambio en el comportamiento del sistema
- Sería ideal contar con simulaciones que guíen a los estudiantes a través del proceso de resolución paso a paso, permitiendo experimentar con diferentes términos y ver cómo cambian las ecuaciones y sus soluciones en tiempo real
- También, poder manipular variables como en un flujo de agua controlado donde se pueda visualizar la separación de variables de una ecuación diferencial haría que el aprendizaje fuera más interactivo y comprensible
- Incluir simulaciones que permitan ver cómo se aplican los métodos numéricos, mostrando paso a paso el proceso de resolución, sería una manera excelente de integrar los laboratorios con el contenido teórico
- Asimismo, tener más laboratorios donde se puedan observar visualmente fenómenos como la separación de variables haría que la comprensión fuera más profunda y accesible
- Un entorno de aprendizaje basado en simulaciones interactivas que permita experimentar con los parámetros de las ecuaciones, ver cómo se comportan las soluciones y comprender los conceptos de manera más práctica y visual sería lo más efectivo para mí

Nota. Extraído de las respuestas originales las cuales corresponden a las necesidades que se logró identificar por parte de los usuarios. *Fuente:* elaboración propia.

5.2. Fase de Diseño

En este momento, lo primero que se debe realizar es convertir los datos que recopilamos en las entrevistas a un lenguaje técnico. ¿Por qué? Para que esa información quede bien organizada y sea fácil de usar en la documentación del proyecto. Al transformarla, podemos identificar con claridad los puntos clave y los detalles más importantes para desarrollar e implementar el entorno virtual.

Así en este proceso se asegura que todos los requisitos obtenidos en las entrevistas estén bien definidos y estructurados de forma ordenada para que sean entendibles y fáciles de usar. Así, también se crea una base sólida que ayuda a que las siguientes etapas del diseño y construcción en el proyecto sean mucho más fluidas y precisas. Es como pasar de ideas generales a un plano técnico bien detallado que nos servirá durante el camino.

Tabla 1.5. *Transformación de respuestas.*

Identificador	Nombre	Requisito	Origen
RF001	Simulación de Movimiento Simple	El sistema debe permitir que los estudiantes ajusten parámetros como la velocidad inicial y la fuerza aplicada para observar en tiempo real la trayectoria y ecuación diferencial resultante.	E001
	Separación de Variables en Flujo de Agua	El sistema debe permitir que los estudiantes manipulen un flujo de agua en un canal, añadiendo barreras que modifiquen el flujo y la ecuación diferencial, visualizándose los cambios en tiempo real.	E002
RF003	Campos de Pendientes	El sistema debe permitir que los estudiantes coloquen esferas en un plano inclinado para observar la trayectoria de las mismas, visualizando la solución cualitativa de la ecuación diferencial.	E004
	Método de Euler	El sistema debe permitir que los estudiantes simulen el método de Euler utilizando un reloj	E006

RF004		gigante interactivo, ajustando la pendiente en cada paso y visualizando la solución paso a paso.	
RF005	Existencia y Unicidad de Soluciones	El sistema debe permitir que los estudiantes interactúen con botes en un lago virtual, observando cómo diferentes condiciones iniciales generan trayectorias que convergen o divergen, representando la solución.	E005
RF006	Refuerzo de Matemáticas Básicas	El sistema debe proporcionar ejemplos visuales integrados que muestren cómo las Ecuaciones Diferenciales se aplican en ingeniería, ayudando a los estudiantes a conectar la teoría con aplicaciones prácticas en su campo.	E006
RF007	Equilibrio y Líneas de Fase	El sistema debe permitir que los estudiantes coloquen esferas en una colina virtual y observen cómo estas se desplazan hacia puntos de equilibrio estables o inestables, trazando las líneas de fase.	E007
RF008	Árbol de Bifurcaciones	El sistema debe permitir que los estudiantes interactúen con un árbol de decisiones 3D, seleccionando caminos que representen bifurcaciones en los parámetros de una ecuación diferencial.	E008
RR009	Cinta Transportadora de Soluciones	El sistema debe contar con una cinta transportadora interactiva que guíe a los estudiantes a través de los pasos para resolver una ecuación diferencial, mostrando términos y operaciones en estaciones a lo largo del recorrido.	E009

Nota. La tabla corresponde a todos los requisitos funcionales del proyecto. *Fuente:* elaboración propia.

Después de traducir cada una de las respuestas al lenguaje técnico, el siguiente paso que debe realizar es analizar y convertir cada requisito en requisitos específicos. ¿Y eso

qué quiere decir? Fácil básicamente, tomamos cada punto, el cual se separa y se analiza de forma detallada para entender exactamente lo que necesitábamos para construir el entorno virtual. Este proceso fue clave para ordenar cada una de las ideas y saber con claridad qué hacía falta en cada componente del proyecto.

Al organizar los requisitos de esta forma, las necesidades de cada parte del sistema se volvieron mucho más claras. Por ejemplo, podíamos ver qué funciones eran indispensables para los usuarios, qué elementos técnicos necesitábamos implementar y qué detalles adicionales podrían mejorar la experiencia. Todo esto nos dio una base sólida para continuar con las etapas siguientes, como el diseño y la construcción y así acercarnos a nuestra fase final.

Es como cuando armas un rompecabezas. Primero separas las piezas, agrupas las que son similares y luego comienzas a encajarlas una por una para poder ver la imagen. Este paso no solo permitió tener una visión más estructurada, sino que también nos dio la confianza de que cada detalle del proyecto estaba bien pensado y tenía un propósito claro para ser útil.

Tabla 1.6. Especificación de los requisitos (se presenta el modelo del primer requisito de cómo se realizó para cada uno de los mismos).

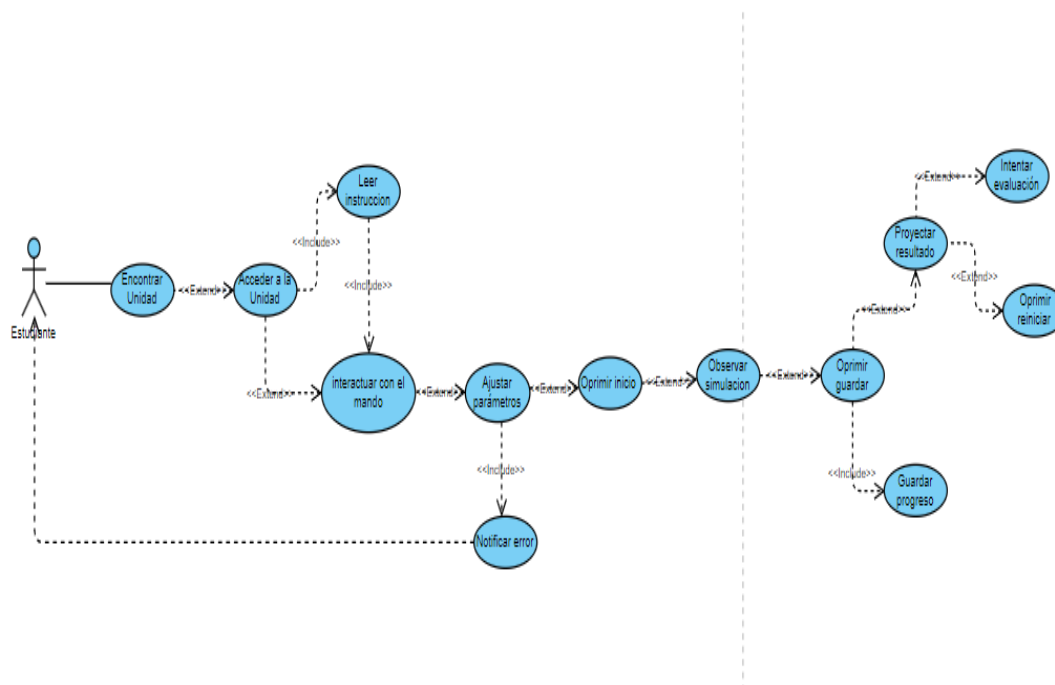
Especificación de requerimiento	
Código	RF001
Nombre	Simulación de Movimiento Simple
Descripción	El sistema debe permitir que los estudiantes ajusten parámetros como la velocidad inicial y la fuerza aplicada para observar en tiempo real la trayectoria y la ecuación diferencial resultante, ayudando a visualizar la relación entre parámetros y soluciones.
Prioridad	Alta
Origen	E001
Usuarios	Estudiantes

Nota. Esta tabla corresponde a la primera especificación del primer requisito y así mismo se modelaron para todos los demás, *Fuente:* elaboración propia.

Posteriormente después de tener todas las especificaciones fueron tomadas para usar el paradigma de la programación orientada objetos el cual nos dice que podemos estructurar el software organizándolo en "objetos" que representan entidades del mundo real o conceptual. Cada objeto tiene sus propios datos y comportamientos, y se relaciona con otros objetos. Y para esto se procedió a diagramar todas las especificaciones en casos de uso para un mayor control de flujo de los datos como, por ejemplo:

Figura 1.1

Diagrama de casos de uso (se presenta el modelo del primer requisito con el cual se realizaron todos).



Nota. El modelo corresponde al primer diagrama de caso de uso que se elaboró y así mismo se realizaron con todos los demás. *Fuente:* elaboración propia.

Una vez implementado el paradigma, el siguiente paso consiste en desarrollar cada caso de uso de acuerdo con sus especificaciones particulares. Estas especificaciones han sido elaboradas minuciosamente, tomando en cuenta tanto los requerimientos funcionales como las condiciones específicas de cada escenario. De esta forma, cada caso de uso se estructura siguiendo un enfoque detallado que facilita su implementación,

garantizando que se atiendan las particularidades y objetivos establecidos en la fase de diseño.

Tabla 1.7. Especificación de los casos de uso (se presenta el modelo del primer caso de uso de cómo se realizó para cada uno de los mismos).

CU-<001>	Encontrar entorno	
Versión	1.0	
Autores	Jairo Andrés Murillo Edwin Eduardo Millán Rojas Lucelly Correa Cruz	
Fuentes	RF-001	
Actores:	Estudiante	
Objetivos Asociados	El estudiante debe ser capaz de localizar un entorno o área temática dentro del UdlaVerso para estudiar Ecuaciones Diferenciales de primer orden.	
Casos de uso Asociados	Acceder_a_la_Unidad, Leer_Instrucción	
Descripción	El estudiante utiliza el entorno virtual UdlaVerso para encontrar la sección o área temática correspondiente a Ecuaciones Diferenciales de primer orden.	
Precondición	El estudiante debe haber iniciado sesión en el sistema UdlaVerso con sus credenciales.	
Atributos	id_entorno, acceso_estudiante, estado_entorno	
Secuencia normal	Paso	Acción
	1	El estudiante inicia sesión en el UdlaVerso y se encuentra en la sala principal del entorno virtual.
	2	El estudiante navega por el entorno tridimensional, desplazándose con el mando de control para encontrar la sección de "Ecuaciones Diferenciales de Primer Orden".
	3	El estudiante se aproxima a la sección temática y selecciona el entorno virtual que representa dicha unidad de estudio.
	4	El sistema carga la interfaz visual del entorno seleccionado, permitiendo al estudiante explorar los recursos disponibles en esa área.
Postcondición	El estudiante ha encontrado el entorno correspondiente y puede interactuar con las unidades de estudio y simulaciones disponibles.	
Excepciones	Paso	Acción

	1	Si el estudiante no encuentra el entorno deseado, el sistema proporciona una guía o búsqueda asistida para facilitar la localización.
	2	Si el entorno está en mantenimiento, el sistema notifica al estudiante que debe intentarlo más tarde.
Rendimiento	Paso	Tiempo máximo
	1	La búsqueda y navegación hacia el entorno debe completarse en menos de 5 segundos tras la solicitud.
	2	El entorno seleccionado debe cargarse sin retrasos, ofreciendo una experiencia inmersiva fluida.
Importancia	alta	
Urgencia	Media	
Estado	Propuesto	
Estabilidad	Estable	
Comentarios	Este caso de uso es esencial para guiar al estudiante hacia el entorno adecuado dentro del UdlaVerso para estudiar Ecuaciones Diferenciales.	

Nota. Esta tabla corresponde a primera especificación del primer diagrama de caso de uso. *Fuente:* elaboración propia.

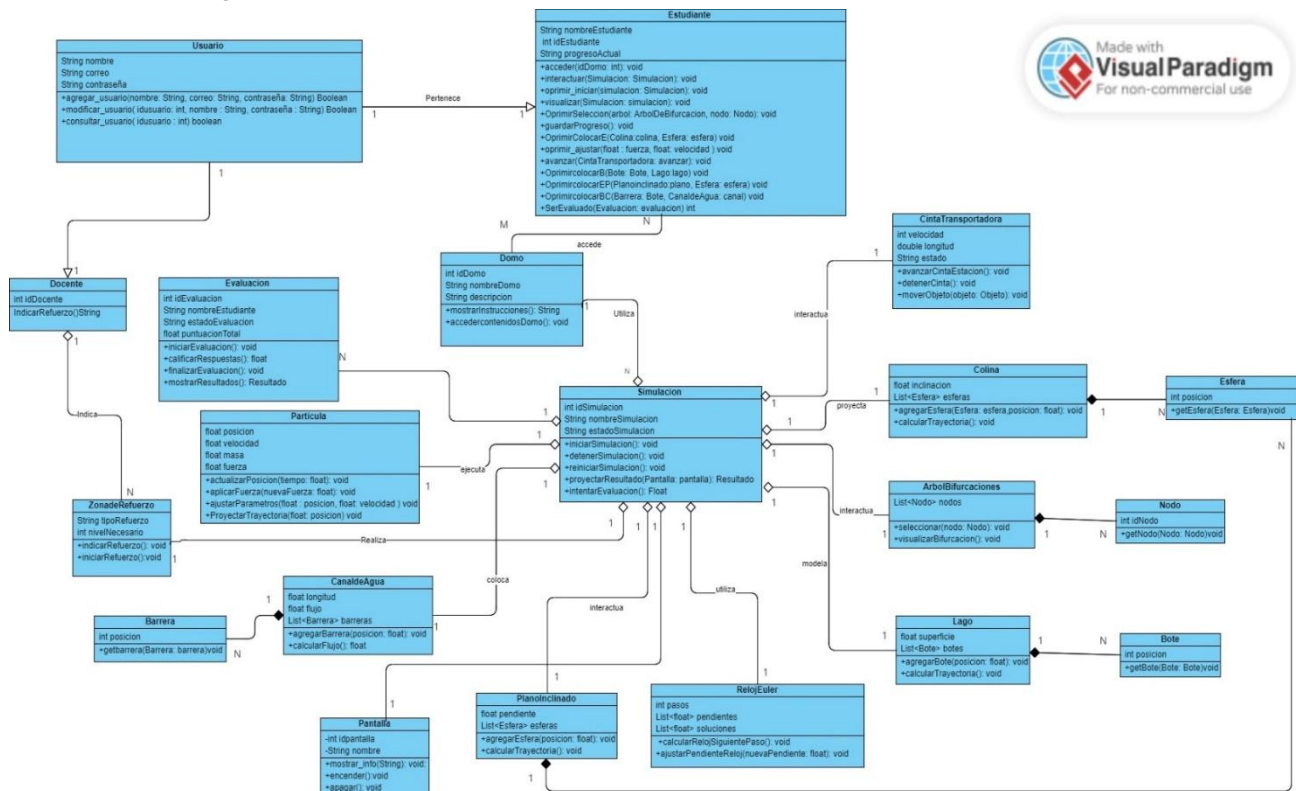
Una vez que se tienen claras las especificaciones de cada uno de los casos uso, el siguiente paso es crear un diagrama de clases. ¿Para qué sirve esto? Para poder organizar de forma visual y estructurada los objetos que estarán involucrados dentro del sistema y los cuales jugarán un papel fundamental dentro de este. En el diagrama no solo muestra qué objetos existen, sino también cómo se relacionan entre sí y con el sistema en general.

Además, el diagrama permite identificar la cardinalidad de esas relaciones. Es decir, podemos ver cuántos objetos están vinculados a otros, de qué manera interactúan y de cuantos a cuantos se necesitan. Esto no solo ayuda a mantener todo más claro y ordenado, sino que también asegura que cada pieza encaje perfectamente dentro del entorno que estamos desarrollando. En otras palabras, es como tener un mapa que te muestra cómo todo está conectado, antes de empezar a programar.

Con este esquema en mente, no solo se mejora todas las conexiones entre los elementos, sino que también al identificar y comprender los métodos y atributos que necesita cada clase se procede a mejorar de manera lógica todos los objetos métodos y

atributos que se llegasen a necesitar. Es como un mapa que nos da control sobre cómo fluye todo en el sistema y nos ayuda a mantenerlo bien organizado. Al final, esta representación gráfica facilita mucho la implementación y asegura que cada componente cumpla su rol dentro de toda la estructura.

Figura 1.2. Diagrama de clases.

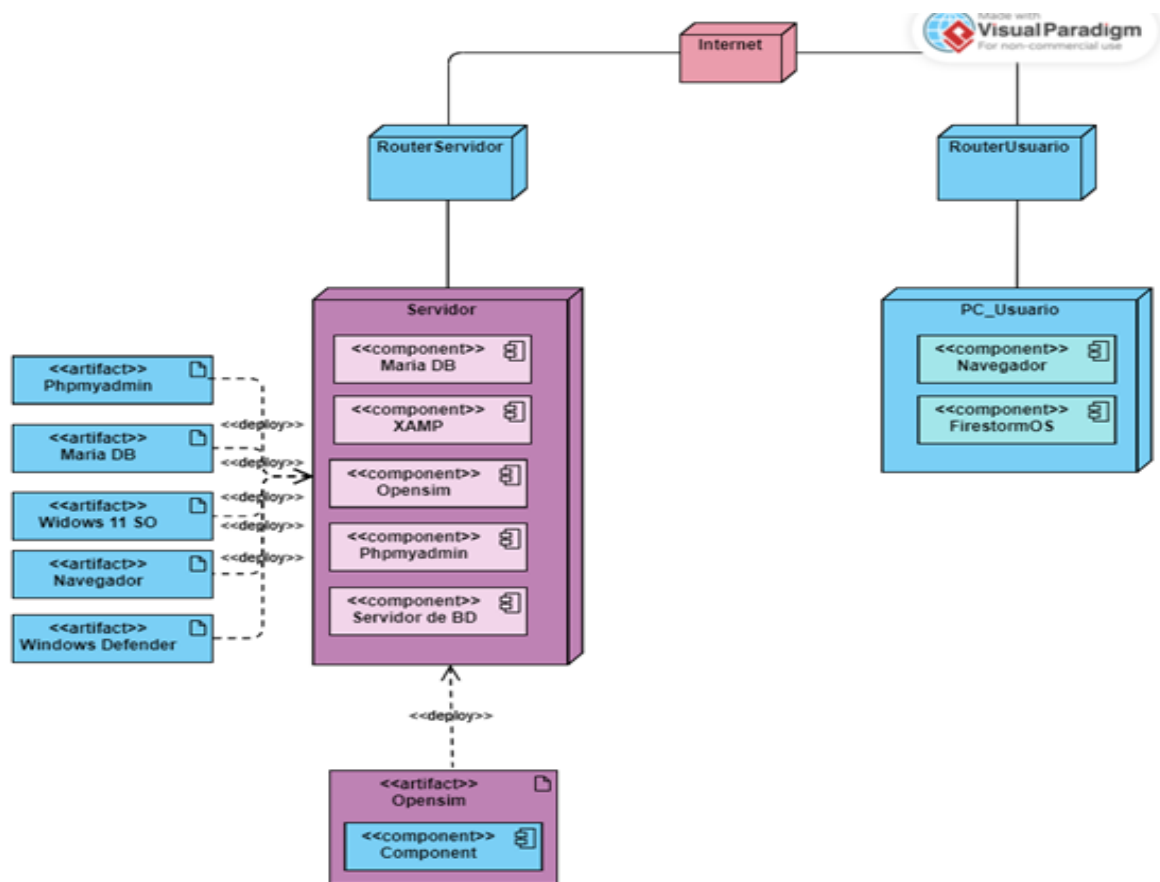


Nota. La imagen corresponde al diagrama de clases de todo el sistema. Fuente: elaboración propia.

Para entender cómo funciona Second Life, es de suma importancia echarle un ojo a su diagrama de despliegue. ¿Qué muestra este diagrama? Básicamente, cómo están organizados los servidores, los clientes y toda la infraestructura de red que hace que los avatares puedan interactuar en tiempo real. Por ejemplo, están los servidores encargados de cosas como crear, gestionar y manejar el comercio de objetos virtuales. También te deja ver cómo se distribuyen los recursos de hardware y software para que todo fluya y la experiencia sea lo más inmersiva posible. Es como una guía que explica cómo se conectan todos los elementos clave del sistema. En la Figura 1.3 se puede ver este esquema

completo, y gracias a eso podemos entender cómo cada parte encaja y trabaja en equipo para que el entorno funcione sin problemas.

Figura 1.3. Diagrama de despliegue.

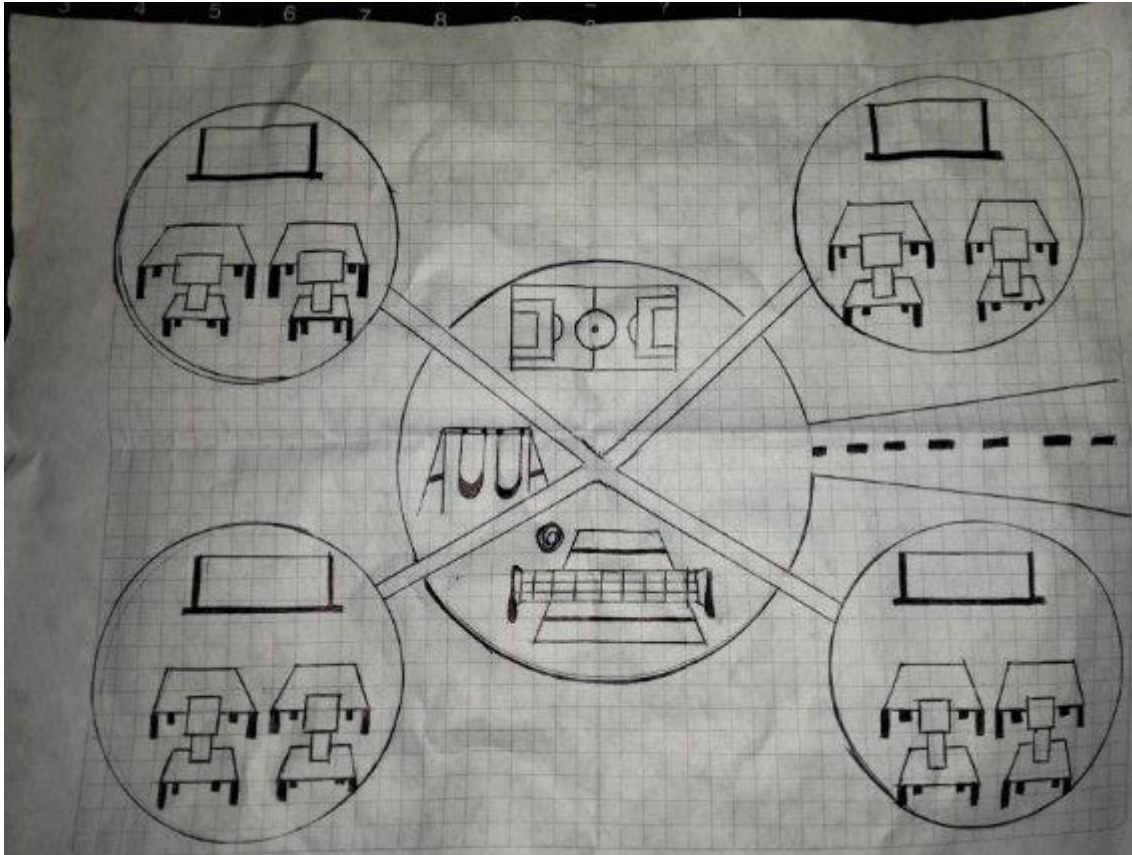


Nota. La figura corresponde al diagrama de despliegue. Fuente: elaboración propia.

Para convertir las ideas presentadas en algo más preciso y visualmente claro, el siguiente paso que se usó fue la creación de bocetos a mano alzada como a continuación se podrá observar en la Figura 1.4. Estos primeros dibujos permiten ver como las ideas iniciales detallan la estructura iba tomando forma, así como el diseño y las funcionalidades clave del proyecto. ¿para qué? Al dibujar cada componente a mano, es posible que podamos tener una idea clara y ajustar detalles de forma anticipada, asegurando que el diseño final sea acorde con las necesidades y especificaciones

definidas por los estudiantes. Este enfoque manual y creativo ofrece una visión completa del proyecto antes de avanzar al desarrollo en el entorno 3D, permitiendo además realizar ajustes inmediatos con facilidad.

Figura 1.4. Boceto a mano alzada del entorno en general.

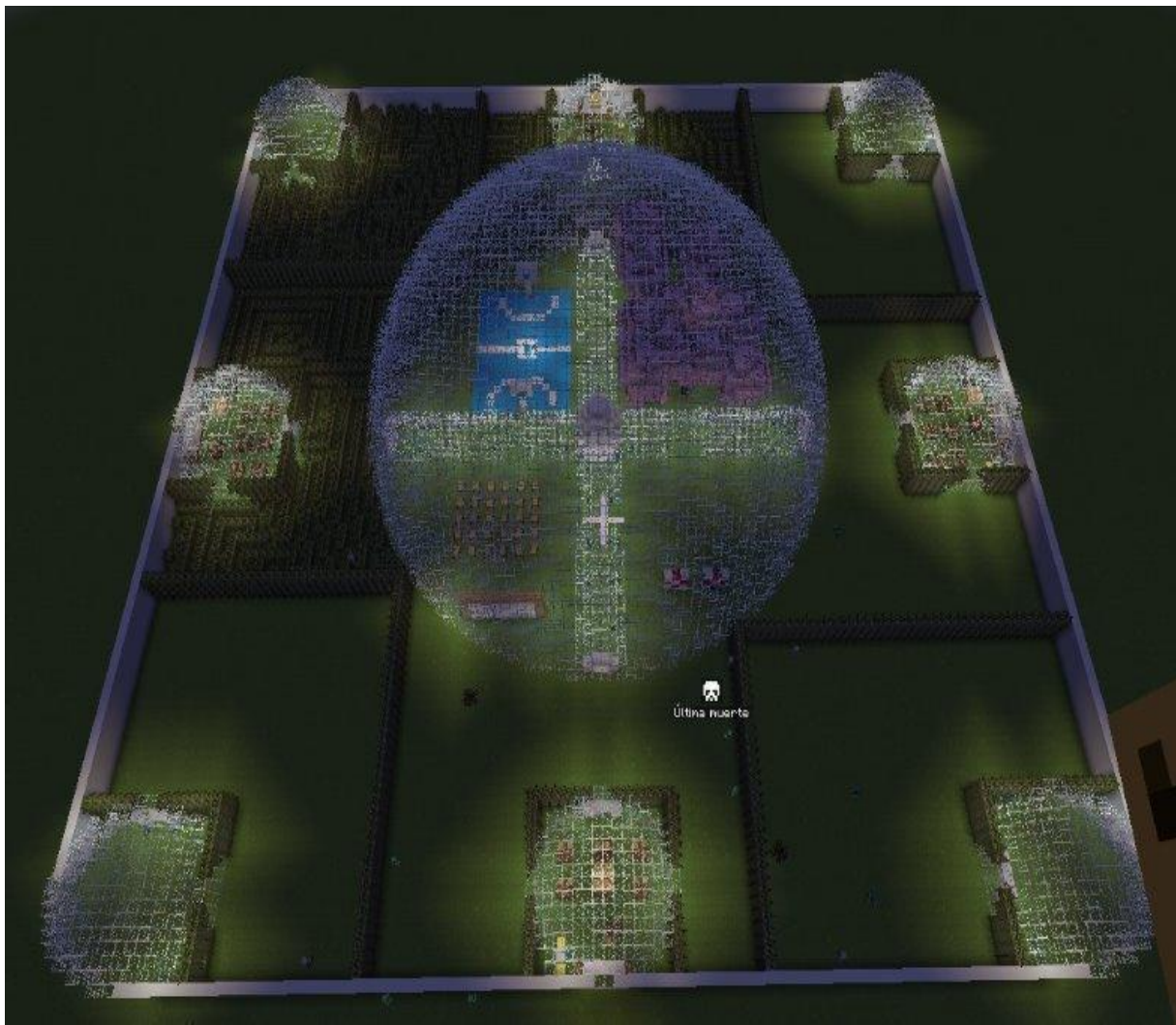


Nota. La figura corresponde al modelo que se recreó a mano alzada como primero boceto preliminar. *Fuente:* elaboración propia.

Una vez que la idea está plasmada en el boceto, el siguiente paso es llevarla a un entorno gráfico que nos permita ver más claramente cómo se organizarán los escenarios. Para esto, elegimos Minecraft como nuestra plataforma de modelado la cual se escoge ya que tiene un entorno con 3 dimensiones. Aunque al ser este un mundo cuadrado ya que está hecho de bloques, su estructura con tres dimensiones hace que sea más fácil construir espacios en 3D y experimentar con la distribución y el tamaño de cada elemento que se ocupara dentro del proyecto.

Con Minecraft, podemos tener una visión inicial de cómo se verán los escenarios y cuánto espacio ocupará cada componente en el diseño final. Este enfoque, que se muestra en la Figura 1.5, nos permite explorar de manera visual e interactiva tal como si estuviéramos en el resultado final. Además, nos da la flexibilidad necesaria para hacer ajustes a todas nuestras ideas antes de entrar en detalles más específicos del desarrollo. Al final, es una manera divertida y práctica de probar el diseño antes de implementarlo dentro de nuestro sistema.

Figura 1.5. *Modelo en Minecraft.*



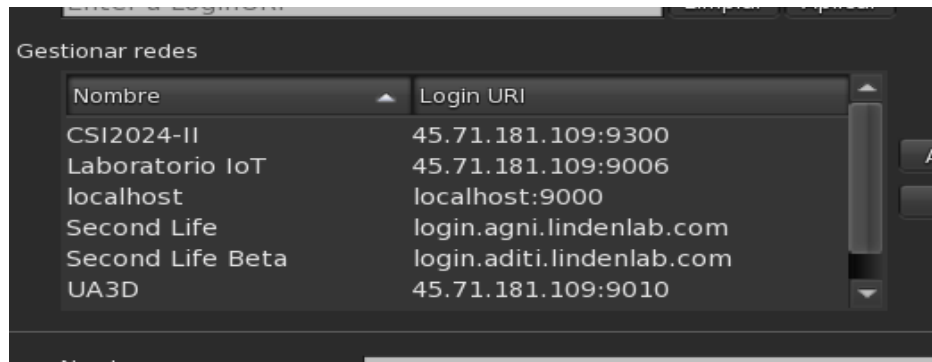
Nota. La figura corresponde al modelo que se recreó en el mundo de Minecraft. *Fuente:* elaboración propia.

5.3. Fase de Construcción

La fase de construcción del software es donde todo lo que se ha planeado a lo largo de todo el proyecto se desarrolla y lo que se diseñó previamente empieza a cobrar vida de manera tangible en nuestro mundo 3D. Aquí es cuando llevamos los diseños conceptuales y las especificaciones técnicas a un entorno virtual que realmente funcione y así poder tener algunos resultados. El objetivo que se tiene es claro: crear un espacio de aprendizaje interactivo que sea inmersivo y útil para explorar los contenidos educativos de una forma que sea llamativa para así generar impacto.

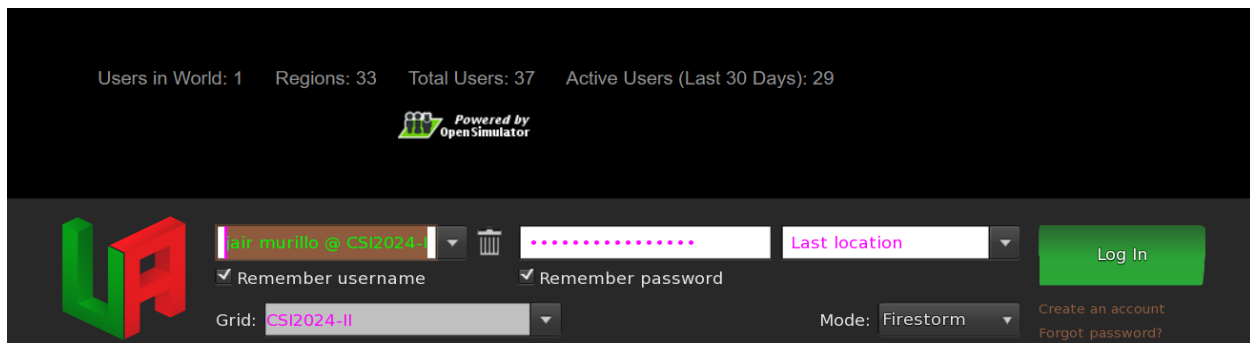
Lo primero es seleccionar y configurar el visor Firestorm, que elegimos la herramienta principal para todo el desarrollo. Este visor es clave ya que permite ver y manipular todos los objetos en 3D que conforman nuestro espacio a su vez todas sus funciones y el ingreso de modelos desde la web. Además, es necesario gestionar las credenciales de acceso, las cuales son imprescindibles para la entrada al entorno y realizar las modificaciones que sean necesarias. Esta preparación inicial se debe asegurar de que se tiene las herramientas que sean acordes y adecuadas antes de empezar a construir. Sin estos pasos, avanzar sería no solo complicado, sino prácticamente es imposible. Una vez todo está configurado y el equipo tiene acceso, ya no hay excusas: es momento de empezar con el desarrollo y poner manos a la obra.

Figura 1.6. Configuración de la herramienta de trabajo.



Nota. La figura muestra las configuraciones para conectarse con el servidor. *Fuente:* elaboración propia.

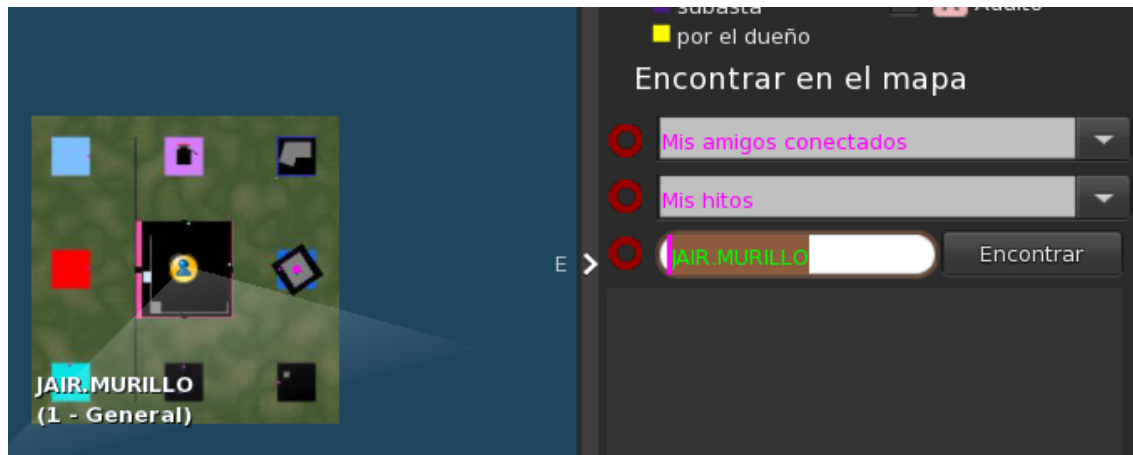
Figura 1.7. Credenciales de usuario



Nota. Asignación de credenciales con usuario y contraseña. *Fuente:* elaboración propia.

Una vez nos encontramos adentro del visor, se asignó un espacio específico, denominado 'isla' o 'parcela', a cada desarrollador que hacía parte del proyecto en otras áreas. Esta distribución permite que cada miembro del equipo cuente con un entorno de trabajo definido, donde puede construir y desarrollar su parte del proyecto de manera independiente, sin interferencias, pero manteniendo la coherencia general del entorno.

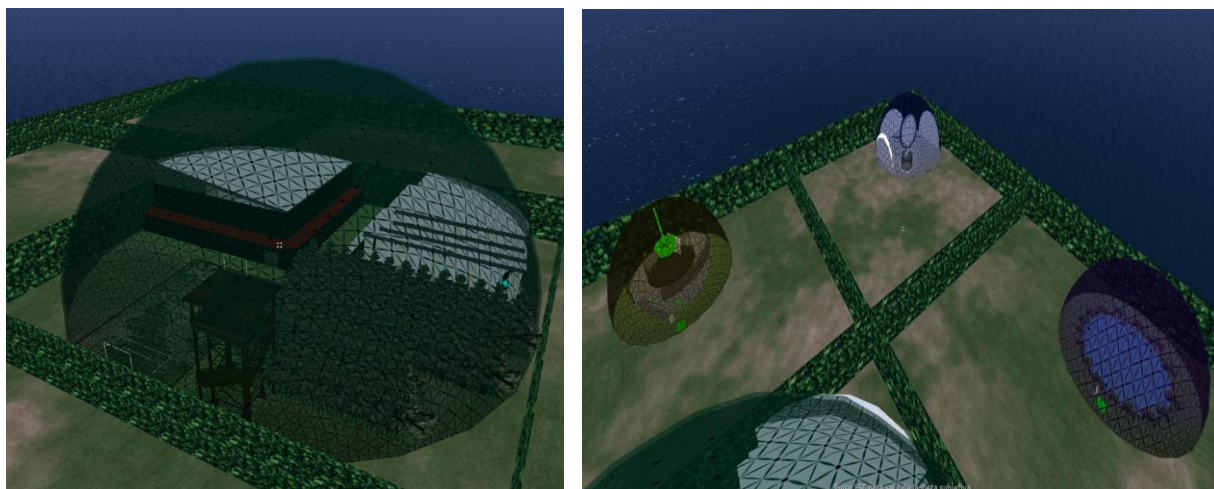
Figura 1.8. Parcelas de trabajo



Nota. La figura muestra la parcela que se asignó que cuenta con un espacio de 255 metros cuadrados. *Fuente:* elaboración propia.

Con el visor configurado y el acceso asegurado, se procede a la construcción de los escenarios que conformarán el entorno general. En esta etapa, cada espacio temático se diseña de acuerdo con las necesidades de cada unidad de enseñanza, asignando áreas específicas con medidas establecidas anteriormente para cada componente del contenido educativo. Este paso implica una organización cuidadosa de los escenarios para asegurar que cada unidad temática tenga un espacio bien definido y funcional dentro del entorno.

Figura 1.9. Construcción de escenarios.



Nota. En la siguiente figura se usó dos imágenes para abarcar todo el terreno y como se iba viendo su construcción. *Fuente:* elaboración propia.

Una vez que los escenarios y espacios están establecidos, el siguiente paso es la recreación detallada de los bocetos diseñados en etapas anteriores. Estos bocetos sirven como una guía visual para estructurar e intentar replicar cada aspecto junto con los elementos, buscando reflejar fielmente el diseño conceptual. Al recrear estos bocetos, se garantiza que el entorno virtual conserve la coherencia estética y estructural con los objetivos originales del proyecto así como una ambientación acorde a lo que va a ser todo el entorno en general.

Figura 1.10. *Comparación bocetos s realidad*



Nota. La figura de la izquierda corresponde al boceto mejorado con IA y a la izquierda como quedo dentro del entorno virtual como ejemplo de lo que se intentó alcanzar con los demás escenarios. *Fuente:* elaboración propia.

Finalmente, se le aplica la funcionalidad requerida en cada escenario mediante Scripts orientados al lenguaje LSL (Linden Scripting Language), ajustando todas las interacciones y actividades de acuerdo con el tema correspondiente a cada unidad de enseñanza. Esta etapa de implementación incluye la configuración de todas las características, que permiten a los usuarios interactuar y explorar el contenido educativo de forma dinámica. Con este último paso, el entorno virtual se convierte en un espacio atractivo y efectivo con funcionalidades para la enseñanza, alineado con los objetivos educativos definidos.

Figura 1.11. Ejemplo de código LSL

```
46         // Mostrar cuántas veces se ha presionado el botón
47         llSetText("Has presionado el botón " + (string)presiones + " veces", <1,1,1>, 1.0);
48
49         // Si quieres enviar un mensaje al usuario que presionó
50         llOwnerSay("Has rezado una esfera en la posición #" + (string)presiones);
51     }
52     else
53     {
54         // Desactiva el botón cuando se llega al límite de presiones
55         llSetText("Límite alcanzado: no puedes presionar más", <1,0,0>, 1.0);
56         llOwnerSay("Has alcanzado el límite de esferas rezadas.");
57     }
58 }
59
60 listen(integer channel, string name, key id, string message)
61 {
62     // Si el mensaje recibido es "reiniciar", resetea el contador y apaga la pantalla
63     if (message == "reiniciar")
64     {
65         presiones = 0;
66         pantalla_encendida = FALSE; // Apagar pantalla
67         llSetText("Contador reiniciado. Puedes presionar el botón nuevamente.", <1,1,1>, 1.0);
68         llOwnerSay("El contador de esferas ha sido reiniciado.");
69         llRegionSay(1600, "APAGAR"); // Enviar comando para apagar la pantalla
70     }
71 }
72 }
```

Nota. En esta figura se presenta solo una parte del código que corresponde a la funcionalidad del escenario tres. *Fuente:* elaboración propia.

El grafo de navegación fue el último componente que desarrollamos en la documentación de este proyecto. Su objetivo es sencillo pero esencial: organizar el flujo de las unidades temáticas dentro del entorno virtual. Esto asegura que los estudiantes puedan seguir una secuencia lógica y progresiva para entender todas las funciones dentro de cada unidad temática y las Ecuaciones Diferenciales sin sentirse perdidos. Además, sirve como una guía para moverse dentro del sistema sin complicaciones. Una vez que se tiene listos los módulos de contenido, se comienza con la elaboración del grafo de navegación.

Lo diseñamos como una representación visual del recorrido educativo final, asegurándonos de que los estudiantes avanzaran desde los temas más básicos hasta los más avanzados si así lo preferían. Nada de saltarse pasos importantes o enfrentarse a conceptos complejos sin una base sólida. Todo quedó en un orden pedagógico que facilita el aprendizaje. Pero no es solo una cuestión de orden dentro del sistema. Este grafo también hace que navegar dentro del entorno sea mucho más práctico. Los usuarios pueden seguir una ruta clara, sin perderse, lo que hace que el aprendizaje sea más

estructurado y eficiente. Es como tener un mapa que te guía por el camino correcto, paso a paso, mientras exploras cada unidad temática. En resumen, el grafo de navegación no solo organiza los contenidos y las funciones, sino que mejora toda la experiencia educativa. Hace que el aprendizaje sea más coherente y menos abrumador. ¡Es una herramienta clave para guiar el aprendizaje!

Figura 1.12. Ejemplo de grafo

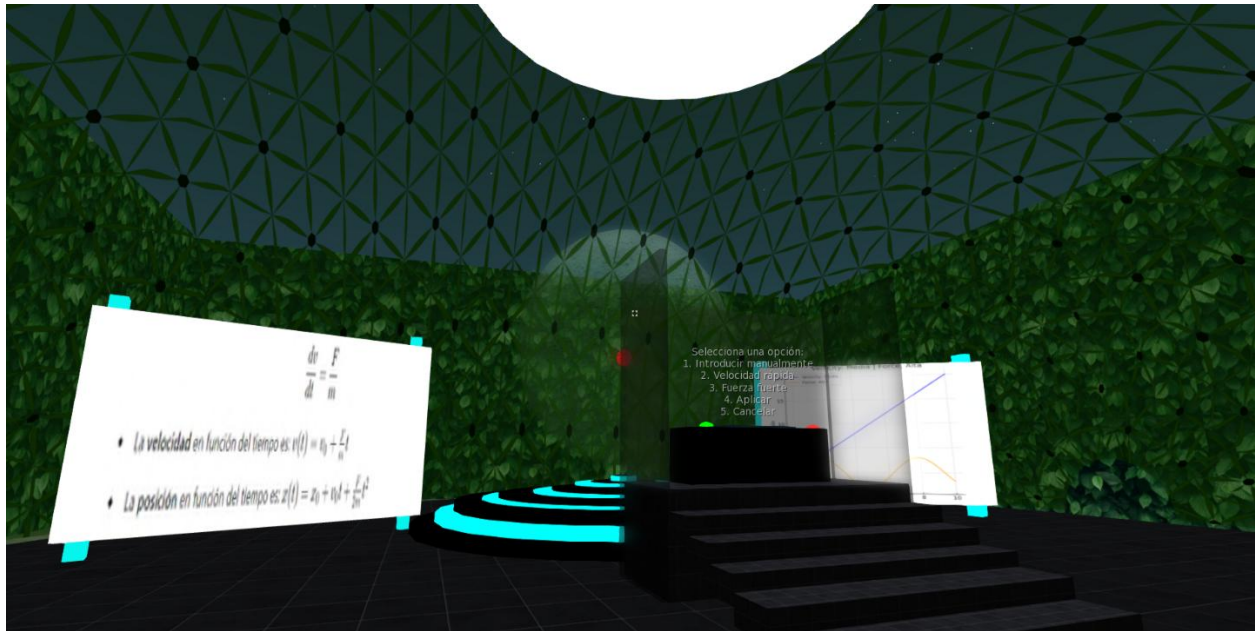


Nota. En esta figura corresponde al grafo de navegación para el escenario dos. *Fuente:* elaboración propia.

A continuación, se presenta de manera detallada los resultados finales de cada escenario que se elaboraron, donde se plasmaron los ejemplos prácticos o simulaciones de para cada unidad que comprende el primer tema del curso de Ecuaciones Diferenciales en ingeniería de sistemas. Se presentarán los escenarios en el orden en el que se encuentran en la tabla de requisitos ya que así mismo se elaboró uno a uno la construcción de estos. En el primer escenario que comprende la temática “Modelación por medio de Ecuaciones Diferenciales”, el usuario de podrá encontrar un escenario ambientado a la modernidad y a su vez su eje principal sobre la modelación por medio de las Ecuaciones Diferenciales, donde una partícula permite representar de una manera clara y matemática modelar los comportamientos que tiene una partícula en lo que respecta a la velocidad, la fuerza, y otros factores que influyen en su movimiento. En este escenario, los estudiantes cuentan con opciones para poder ajustar los parámetros de una

manera dinámica y poder observar cómo cambian estos atributos en la ecuación en tiempo real así como la trayectoria de la partícula así como se presenta en una gráfica como cada acción puede afectar en la partícula.

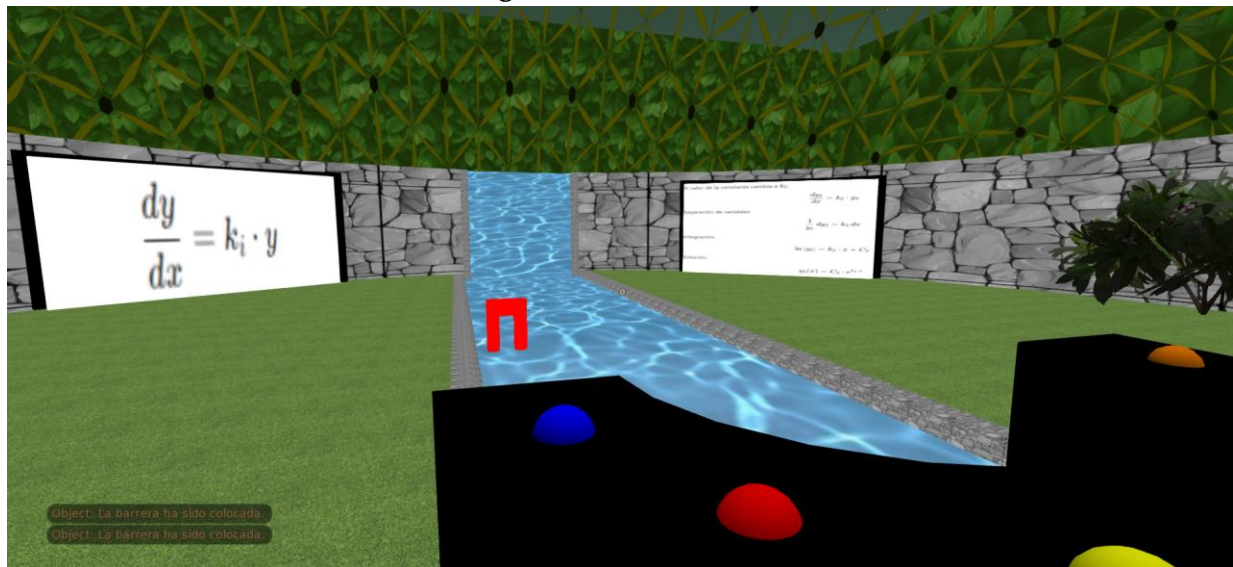
Figura 1.13. *Escenario 1*



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario uno. *Fuente:* elaboración propia.

Para el segundo escenario que comprende “Procedimientos analíticos: separación de variables” se presenta un escenario ambientado de forma natural en el cual podemos ubicar un canal de agua constante condicionado por una ecuación diferencial, la cual al oprimir cualquier botón de la consola los cuales están separados mediante colores podremos rezar una barrera la cual creara una separación en la solución de la ecuación diferencial como se mostrara en la pantalla ubicada sobre el muro al lado derecho del canal.

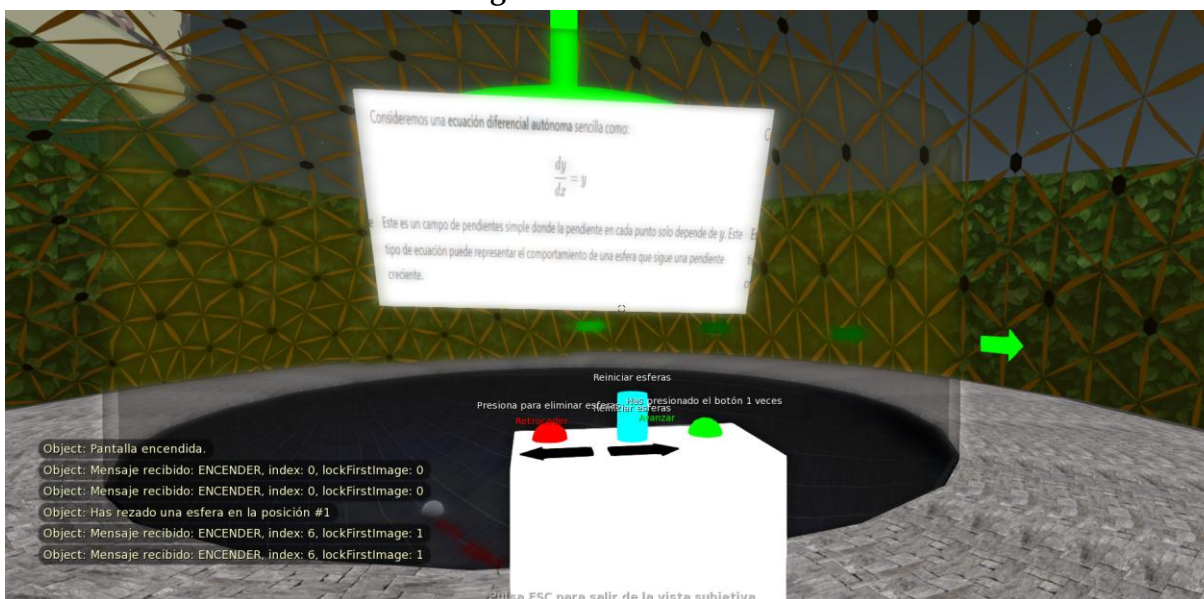
Figura 1.14. Escenario 2



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario dos. *Fuente:* elaboración propia.

Ya en el tercer escenario que comprende la unidad “Procedimiento Cualitativo: Campos de pendientes” el usuario podrá encontrarse con una zona ambientada a un campo de pendientes el cual sea como un gran plato donde se deberá seguir las flechas hasta encontrar una consola con todos los mandos necesarios para iniciar con la simulación de campo de pendientes en los cuales podremos encontrar que al oprimir un botón podremos colocar un total de 6 esferas en diferentes posiciones, la cuales cada una está condicionada por una ecuación diferencial para simular el procedimiento cualitativo en los campos de pendientes.

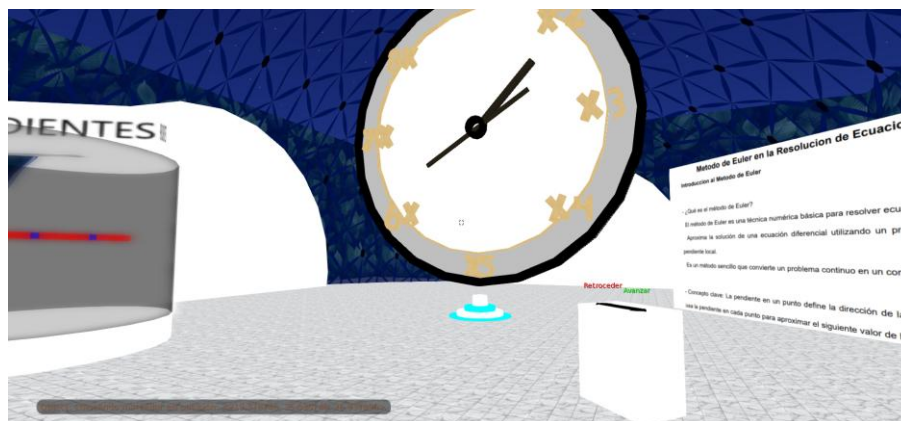
Figura 1.15. Escenario 3



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario tres. *Fuente:* elaboración propia.

En el cuarto escenario de que aborda la temática “Técnica numérica; método de Euler”, el usuario se encontrara con un reloj gigante que en lugar de tener las horas ubicadas de manera normal tiene funciones como x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 las cuales cada uno tiene programada el valor de una pendiente y al presionar alguna de estas la manecilla de las horas se dirigirá ella y rezara un punto en un lugar aparte dedicado para representar las pendientes que se formen y a su vez podrá encontrar como se resuelve cada una de estas en una pantalla interactiva ubicada a la derecha del reloj.

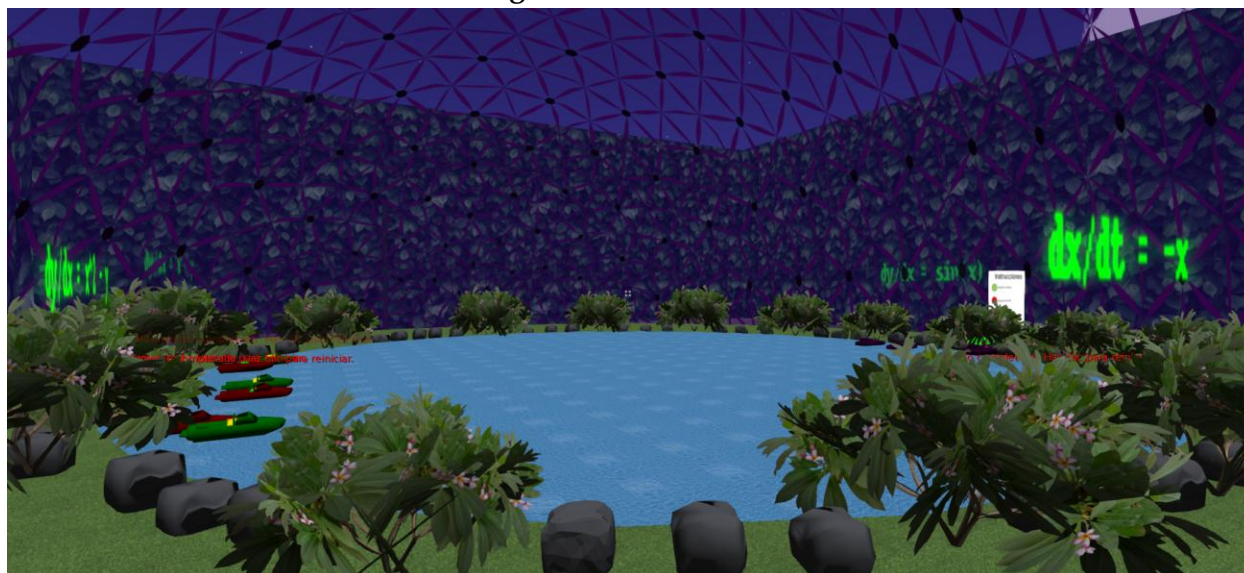
Figura 1.16. Escenario 4



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario cuatro. *Fuente:* elaboración propia.

Después de desplazarnos al escenario cinco, el usuario se podrá encontrar un lago debidamente ambientado, con todo lo necesario para la aplicación del quinto tema que corresponde a “Existencia y unicidad de soluciones” en lo cual hay 4 Ecuaciones Diferenciales que serán las que condicionaran el entorno para poder visualizar la existencia y unicidad de las soluciones para las cuales se recrearon pequeños botes con el fin de hacer que se desplacen sobre el lago al momento de ser tocados, en estos podemos ver que la ecuación aunque afecta las condiciones físicas con la que se desplaza el bote para llegar a la solución siempre se logra desplazar por el lago.

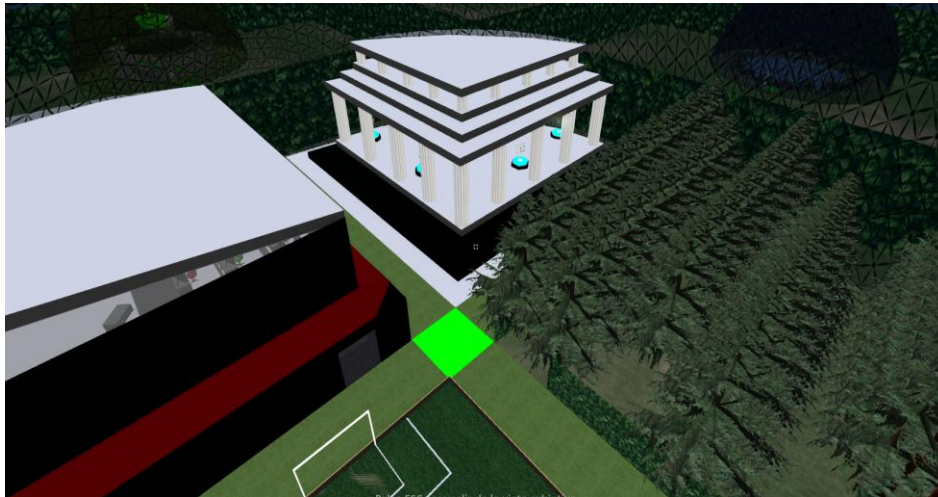
Figura 1.17. Escenario 5



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario cinco. *Fuente:* elaboración propia.

El siguiente escenario no corresponde con el contenido temático de la asignatura pero si tiene que ver con una petición realizada que se tomó con una problemática central a la hora de dictar el curso de Ecuaciones Diferenciales, para este sexto escenario se realizó un centro de refuerzo de algebra básica el cual tiene como objetivo que los estudiantes dentro del aplicativo puedan reforzar cualquier concepto que no recuerden de asignaturas pasadas que tengan que ver con el algebra o en dando caso el algebra de bachillerato.

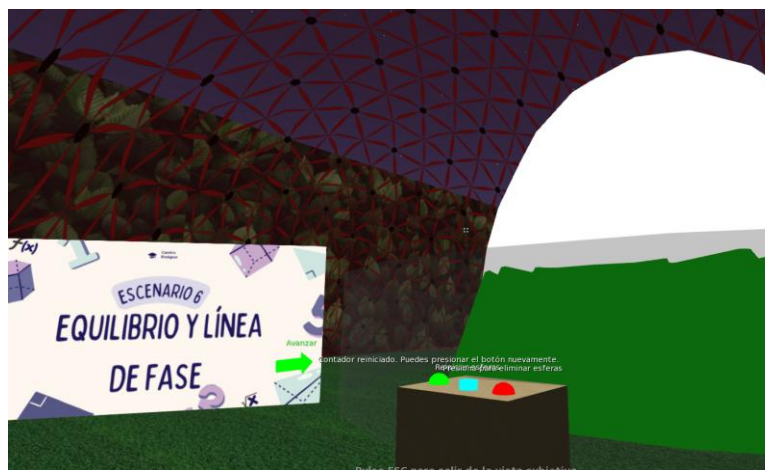
Figura 1.18. Escenario 6



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario seis. *Fuente:* elaboración propia.

Continuando con los contenidos temáticos del curso se abarco la siguiente unidad temática denominada “Equilibrio y línea de fase”, en el cual se ambiente de una forma acorde a la temática central donde una simple colina representa un plano inclinado donde simula un punto de equilibrio estable y en la parte superior de la colina un punto de equilibrio inestable, las esferas representan los estados del sistema donde los estudiantes con un panel de comandos interactivos pueden colocar esferas en determinados puntos de la colina.

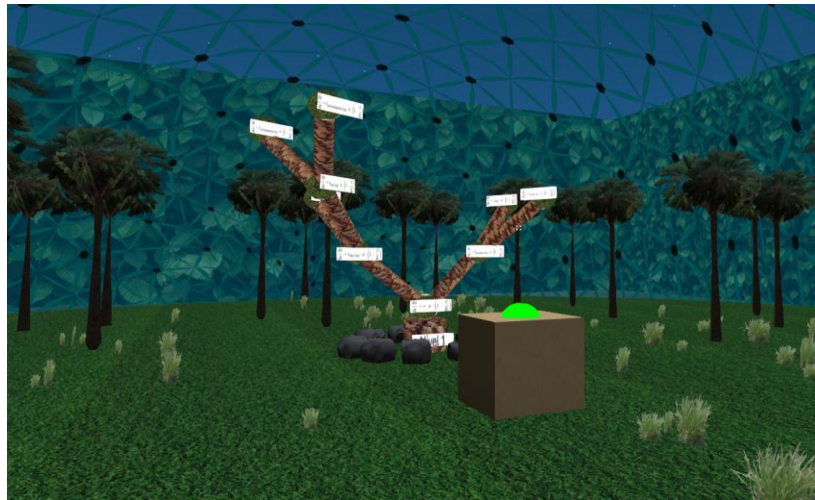
Figura 1.19. Escenario 7



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario siete. *Fuente:* elaboración propia.

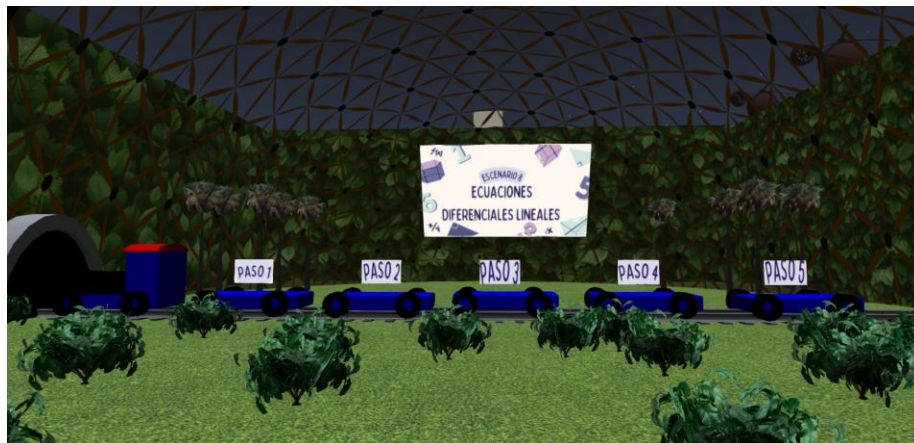
Ya en el octavo escenario que corresponde con la unidad 6 “Bifurcaciones” la idea a plasmar en el escenario fue un árbol en cual se ubicaban nodos como ramas del árbol y cada rama que toca despliega otras dos para que así mismo el usuario vea como cada decisión puede afectar significativamente las decisiones en una ecuación diferencial.

Figura 1.20. Escenario 8



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario ocho. *Fuente:* elaboración propia.

Figura 1.21. Escenario 9



Nota. En esta figura corresponde al producto final del escenario nueve. *Fuente:* elaboración propia.

Ya en el escenario final que corresponde al escenario 9 se realizó una pequeña estación de tren donde cada vagón tiene una explicación para el último tema que trata de “Ecuaciones Diferenciales lineales” y al este ser un tema que es más explicativo que ilustrativo se decidió crear esta estación que explica paso a paso como resolver estas Ecuaciones Diferenciales teniendo en cuenta lo visto en los demás escenarios.

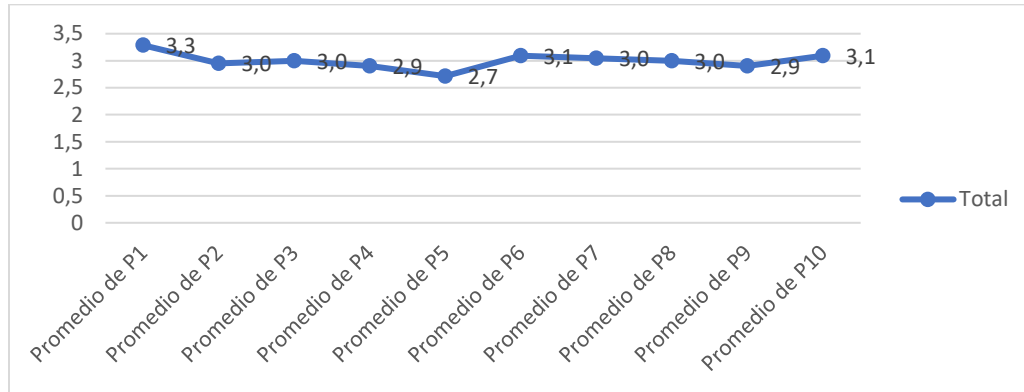
5.4. Evaluación Heurística.

Ya en este punto teniendo finalizado los escenarios y la funcionalidad de cada uno así como los escenarios de evaluación y todo lo requerido se procedió a someter el sistema a una evaluación por parte de los demás desarrolladores que participaron en el proyecto en general, pero desarrollando otros cursos del pensum de ingeniería de sistemas.

Para esta ocasión se evaluaron 7 escenarios donde se les pregunto a cada desarrollador por: Visibilidad del estado de sistema, Correspondencia entre el sistema y la realidad, Libertad y control por parte del usuario, Prevención de errores, Reconocimiento antes que recuerde, Flexibilidad y eficiencia en el uso, Diálogos estéticos y diseño minimalista, Diálogos estéticos y diseño minimalista, El sistema tiene ayuda y documentación. Y estos fueron los resultados.

Para el primer escenario se podrá ver que se obtuvo una media favorable siendo 3,9 la nota más alta obtenida y 3,5 en la prevención de errores la puntuación más baja lo que nos da a entender que se puede mejorar el producto para una mejor comprensión para el usuario final.

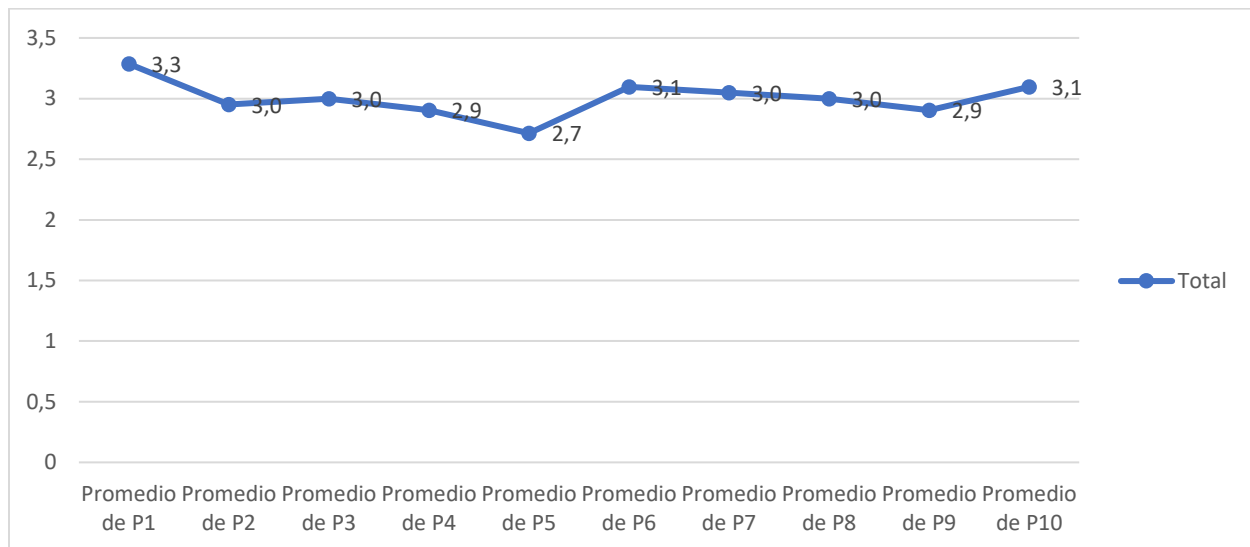
Figura 1.22. Evaluación escenario 1



Nota. Este grafico corresponde a la evaluación heurística del escenario uno. *Fuente:* elaboración propia.

Para el segundo escenario que se evaluó la estadística nos marca como nota máxima 4.0 lo cual nos deja una buena sensación de lo que se quería lograr con nuestro producto y se deja reflejar un 3,6 en el punto de prevención de errores lo que nos deja una evaluación que, aunque es aceptable también nos dicta que tenemos puntos a mejorar.

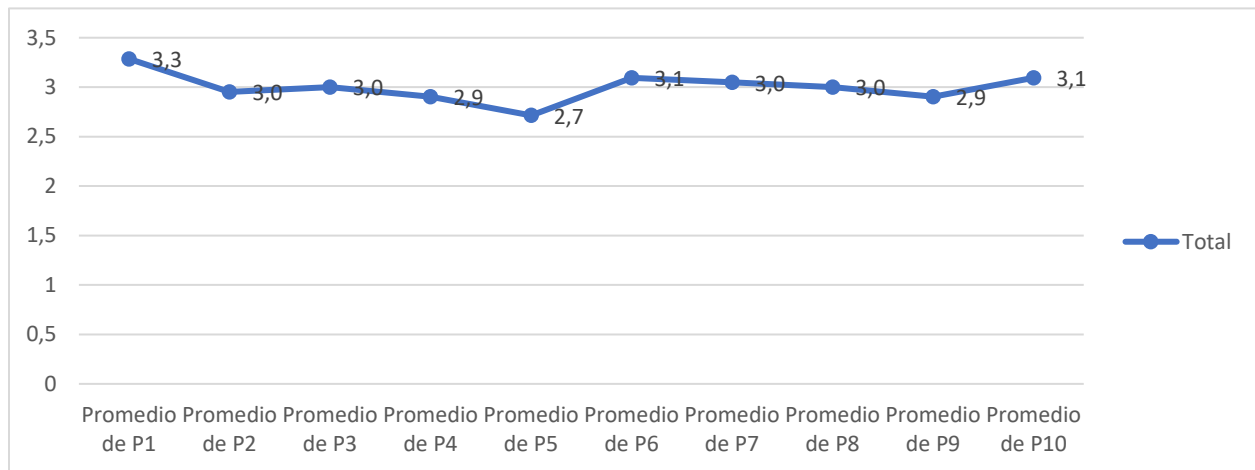
Figura 1.23. Evaluación escenario 2



Nota. Este grafico corresponde a la evaluación heurística del escenario dos. *Fuente:* elaboración propia.

En esta evaluación que corresponde a la evaluación del escenario 3 se puede observar cómo se mantiene una tendencia favorable en la calificación con un 3.9 como nota máxima obtenida y un 3,5 en el manejo de errores lo que nos deja como reflexión que se puede mejorar de manera sustancial este ítem.

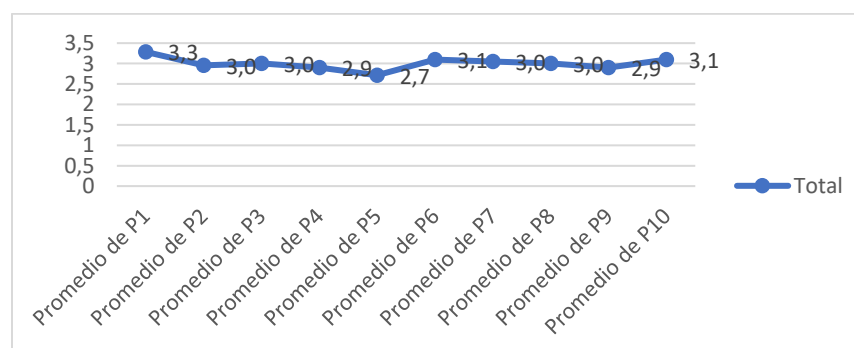
Figura 1.24. Evaluación escenario 3



Nota. Este grafico corresponde a la evaluación heurística del escenario tres. *Fuente:* elaboración propia.

Para la siguiente evaluación se puede detallar que la tendencia de la calificación se redujo a un 3,8 lo que deja entender que a comparación de los 3 primeros escenarios este tuvo una aceptación más baja lo que nos indica que se debe fortalecer en actualizaciones previas del programa.

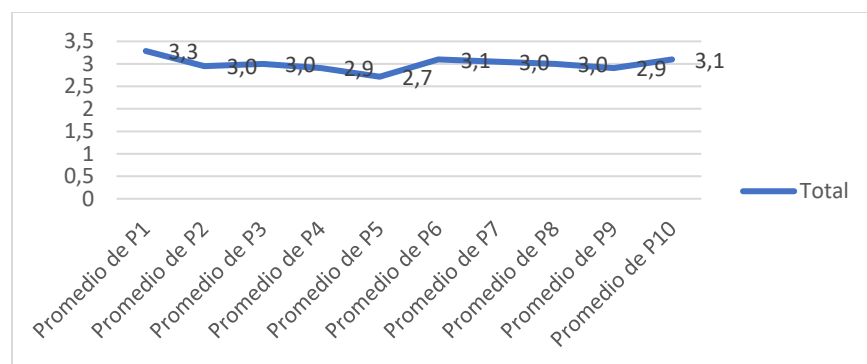
Figura 1.25. Evaluación escenario 4



Nota. Este grafico corresponde a la evaluación heurística del escenario cuatro. *Fuente:* elaboración propia.

Dentro de la siguiente evaluación que comprende el escenario 5 se pudo observar que la tendencia vuelve a subir en cuanto a algunos ítems que se vieron favorables en esta ocasión se recuperó la nota más alta, resaltando la nota más baja para la prevención de errores en el sistema.

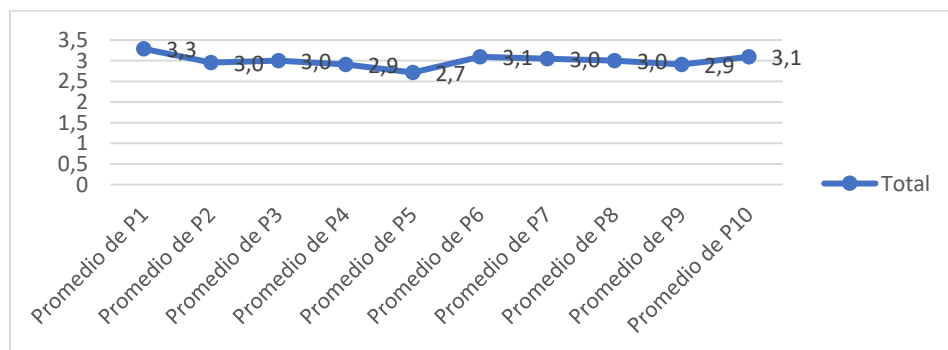
Figura 1.26. *Evaluación escenario 5*



Nota. Este grafico corresponde a la evaluación heurística del escenario cinco. *Fuente:* elaboración propia.

En los datos recopilados en la evaluación del escenario 6 se pudo ver que se vio más aceptable ya que se obtuvo de nuevo una calificación de 4 siempre recalando que en futuras actualizaciones debemos mejorar la prevención de errores para esta unidad.

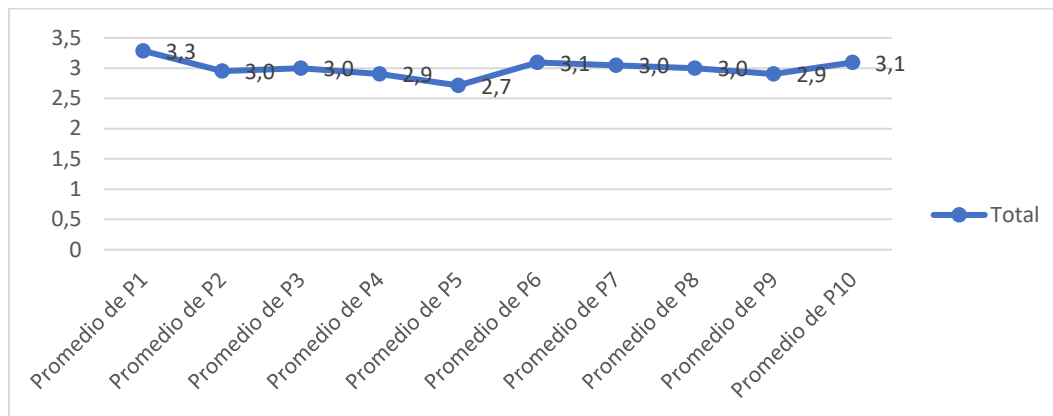
Figura 1.27. *Evaluación escenario 6*



Nota. Este grafico corresponde a la evaluación heurística del escenario seis. *Fuente:* elaboración propia.

Para el ultimo escenario que se evaluó se puede notar una caída considerable en la aprobación de este con estadísticas que nos muestran por debajo de la media requerida en algunos ítems lo que nos da entender que se debe hacer mejoras considerables para la aprobación.

Figura 1.28. *Evaluación escenario 7*



Nota. Este grafico corresponde a la evaluación heurística del escenario 7. *Fuente:* elaboración propia.

6. Conclusiones

El desarrollo del sistema "Aprendiendo y Reforzando mis conocimientos de Ecuaciones Diferenciales" ha implicado una serie de etapas interrelacionadas, todas enfocadas en crear un entorno educativo virtual eficaz y accesible. Desde la identificación de necesidades y diseño de especificaciones hasta la implementación de funciones interactivas, cada fase ha sido esencial para dar forma a una herramienta de aprendizaje inmersivo. A continuación, se exponen las conclusiones obtenidas en cada fase del proyecto, destacando los aspectos clave y logros alcanzados durante el proceso.

La fase inicial permitió detectar con precisión las principales dificultades y necesidades de los estudiantes en el aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales mediante entrevistas y análisis de sus respuestas. Esta fase aseguró que el entorno virtual incluyera

herramientas y métodos específicamente diseñados para abordar los desafíos conceptuales y prácticos que enfrentan los estudiantes, estableciendo así una base sólida para el diseño de un recurso educativo efectivo.

La colaboración con los docentes fue esencial para estructurar los contenidos de una manera lógica y pedagógicamente adecuada. Sus opiniones y sugerencias ayudaron a identificar enfoques que facilitan la transición desde temas previos, como el cálculo diferencial e integral, hacia el estudio de Ecuaciones Diferenciales, mejorando la continuidad y comprensión de los estudiantes. En la fase de diseño, las respuestas obtenidas en las entrevistas se transformaron en requisitos técnicos específicos, convirtiendo datos cualitativos en especificaciones claras y medibles. Este paso no solo ayudó a estructurar el proyecto de forma ordenada, sino que también garantizó que cada componente del entorno virtual respondiera directamente a las necesidades identificadas en la fase teórica.

El uso del paradigma de programación orientada a objetos fue clave en esta fase, ya que permitió estructurar el sistema de forma coherente y escalable. Este enfoque facilitó la definición clara de atributos, métodos y relaciones entre los objetos, asegurando un software intuitivo y modular que simplificó la implementación y dejó abiertas las posibilidades para futuras expansiones. Durante la fase de construcción, la asignación de parcelas individuales en el visor Firestorm otorgó a cada desarrollador un espacio de trabajo propio, permitiendo la creación independiente de distintas secciones del entorno. Esta organización favoreció la colaboración, redujo interferencias y mantuvo la coherencia de la estructura general del entorno virtual.

Por último, la incorporación de funcionalidades mediante scripts en LSL (Linden Scripting Language) añadió interacciones personalizadas en cada escenario, haciendo que el aprendizaje fuera más dinámico y significativo. Estas características permitieron a los estudiantes explorar temas complejos a través de simulaciones y actividades visuales,

facilitando así la comprensión de conceptos abstractos y promoviendo una experiencia educativa práctica e inmersiva. En conclusión, el sistema "Aprendiendo y Reforzando mis conocimientos de Ecuaciones Diferenciales" demuestra que los entornos virtuales interactivos pueden transformar el aprendizaje de temas complejos en experiencias accesibles y atractivas. Integrando simulaciones, modelado 3D y funciones personalizadas, el proyecto responde a las necesidades académicas de los estudiantes de ingeniería y ofrece a los docentes herramientas innovadoras para la enseñanza de conceptos abstractos. Este enfoque educativo representa un avance en el uso de tecnología aplicada a la educación superior, mejorando tanto la comprensión como la participación de los estudiantes en el estudio de las Ecuaciones Diferenciales.

7. Referencias Bibliográficas

- Américas, P. E. (2020). educoas.org. Obtenido de educoas.org: <https://www.educoas.org/PortalEda/MetodologiasAgiles>
- Baños Gonzales , M. E., & Rodriguez Garcia, S. (2011). Imagen de marca y product placement. ESIC .
- Codoid. (2022). Integration testing: What is, types with examples. <https://codoid.com/integration-testing/>
- Codefresh. (2023). Unit testing: What is it and why should you care? codefresh.io
- Chanchí, G. E. G., Álvarez, M. C. G., & Campo, W. Y. M. (2020). Propuesta de una herramienta de inspección según los atributos de usabilidad de Nielsen. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E26), 448-460.
- Devinterface. (2022). Test Driven Development (TDD): What is it and how to implement it. <https://www.devinterface.com/en/blog/test-driven-development-tdd-what-is-it-and-how-to-implement-it>.
- Fowler , M. (2023). Test Driven Development. <https://martinfowler.com/bliki/TestDrivenDevelopment.html>
- Frontiers. (2022). *Frontiers in Education*. <https://www.frontiersin.org/journals/education>
- González, M. B., & García, T. R. (2012). Imagen de marca y product placement. ESIC editorial.
- Hoggan, E. (2024). Multimodal Interaction. *Interaction Techniques and Technologies in Human-Computer Interaction*, 45–63. <https://doi.org/10.1201/9781003490678-2>
- Lampropoulos, G., Fernández-Arias, P., de Bosque, A., & Vergara, D. (2025). Virtual Reality in Engineering Education: A Scoping Review. *Education Sciences*, 15(8), 1027. <https://doi.org/10.3390/educsci15081027>
- Martin , R. C. (2022). The principles of OOD. <https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2022/01/01/OOD-Principles.html>
- Microsoft. (2022). <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/azure-functions/functions-test-a-function>. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/azure-functions/functions-test-a-function>
- PractiTest. (2022). Test Driven Development (TDD): Benefits and drawbacks. Obtenido de Test Driven Development (TDD): Benefits and drawbacks: <https://www.practitest.com/qa-learningcenter/agile-testing/test-driven-development/>
- Satdi. (2020). Historias de usuario: Guía práctica. <https://www.satdi.cl/historias-de-usuario-guia-practica/>
- Springer. (2022). *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Obtenido de <https://www.springer.com/series/11156>
- Usersnap. (2023). The ultimate guide to Test-Driven Development (TDD). Obtenido de <https://usersnap.com/blog/test-driven-development/>
- Wikipedia. (2023). Linden Scripting Language. Obtenido de https://en.wikipedia.org/wiki/Linden_Scripting_Language

CAPÍTULO 2

Plataforma Interactiva 3D para el Aprendizaje de la Función Valor Absoluto: EduDomo



Capítulo 2.

Plataforma

Interactiva 3D para el

Aprendizaje de la

Función Valor

Absoluto: EduDomo

Jaider Edilberto Sáenz Pernia⁴,
Fredy Antonio Verástegui González⁵
Edna Rocío Ramírez Saavedra⁶

⁴ Estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo: ja.saenz@udla.edu.co.

⁵ Docente tiempo completo del programa de programa Ingeniería de sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo: f.verastegui@udla.edu.co.

⁶ Ingeniera de Sistemas, Especialista en TIC para la innovación Educativa, Magister en TIC, Egresada de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo: edna.ramirez@udla.edu.co.

1. Resumen

La enseñanza de la materia de matemáticas afronta múltiples desafíos notables en la comprensión de conceptos abstractos como lo es la función valor absoluto y la teoría de vecindades, para poder solucionar este problema se logró desarrollar la plataforma interactiva 3D “EduDomo” con el único objetivo de mejorar el aprendizaje de esta materia en un entorno virtual 3D dinámico. La metodología utilizada fue la XP, la cual es flexible, impulsa la adaptabilidad y la mejora continua en el desarrollo de software, con este enfoque se permite iteraciones frecuentes y ajustes repetidos basados en comentarios directos de los usuarios lo que avala que el desarrollo de esta plataforma satisfaga las necesidades educativas y los objetivos de proyecto.

El resultado principal fue la creación de siete escenarios de instrucción, cada uno de los cuales se centró en la enseñanza de la función de valor absoluto y uno de la teoría de vecindades, el primer escenario proporciona una introducción general del tema mediante un video proyectado en una pantalla 3D, el segundo escenario es evaluativo de acuerdo a los temas visto en el primero, los otros dos escenarios; uno se centra en la enseñanza de ecuaciones con valor absoluto y el otro es el evaluativo del tema con pantallas y plataformas interactivas, seguidamente, otros dos para el tema de inecuaciones y de la evaluación, por último el escenario de la teoría de vecindades donde se introduce este concepto y se representa a través de esferas. Se recomienda para un mayor desarrollo incluir nuevas mejoras en cuanto a inteligencia artificial para poder adaptar el contenido y los desafíos de acuerdo con las capacidades individuales de cada usuario y así poder expandir el sistema para incluir otros temas de matemáticas relevantes.

2. Introducción

El proyecto de investigación se basa en el desarrollo de una plataforma interactiva 3D “EduDomo” en el ámbito del programa académico de Ingeniería de Sistemas, se basa en la asignatura de “Matemáticas 1” de la universidad de la Amazonia. La plataforma está

diseñada para comprender los contenidos de la unidad temática 3 de la función valor absoluto y la teoría de vecindades, los cuales son temas importantes para la enseñanza de conceptos matemáticos abstractos, según Velasco et al. (2024) argumentan que los entornos virtuales de aprendizaje ofrecen beneficios significativos en la nueva educación facilitando un aprendizaje más visual e interactivo. Estos conllevan a crear la necesidad de un recurso educativo nuevo que facilite la comprensión de estos temas mediante un nuevo enfoque práctico e interactivo. La propuesta de “EduDomo” busca cubrir esta brecha y ofrecer una experiencia de aprendizaje inversiva que mejore las habilidades de la materia de matemáticas de los usuarios.

Para poder desarrollar este proyecto se implementa XP, una metodología que se basa en ajustes constantes y en la cooperación entre los desarrolladores y los usuarios. Los materiales usados incluyen el software de FireStorm para la creación del entorno virtual 3D, también se utiliza Visual Paradigm para la creación de los diagramas de clases y los casos de uso. Los métodos que se emplean se basan en la iteración constante con el único objetivo de alinear el desarrollo de la plataforma 3D con las necesidades específicas de los usuarios.

Los principales resultados obtenidos incluyen la realización de siete escenarios educativos que abordan temas claves de la función valor absoluto y la teoría de vecindades, con estos escenarios lo que se busca es facilitar el aprendizaje a través de actividades interactivas y evaluativas dentro del entorno virtual, permitiendo a los estudiantes explorar y practicar los conceptos de manera efectiva. Según Dingsoyr y Dybå (2012), el trabajo en equipo y los aspectos humanos son fundamentales para la efectividad en el desarrollo de software, especialmente en contextos colaborativos como el desarrollo de plataformas educativas. Además, Ovalle (2026) destacan que la implementación de estos enfoques ágiles como XP permiten una rápida adaptación a las prioridades del usuario lo que evidencia la efectividad de “EduDomo” para el aprendizaje matemático.

Este capítulo está organizado de la siguiente manera, en secciones que abarcan la metodología, los resultados obtenidos y las conclusiones del capítulo. Donde las conclusiones hablan de los beneficios que la plataforma 3D “EduDomo” y su potencial para mejorar el aprendizaje de conceptos matemáticos.

3. Materiales y Métodos

Para el desarrollo de la plataforma interactiva “EduDomo”, se escogió la metodología ágil XP “Programación Extrema” debido a que tiene una orientación hacia la adaptabilidad en cooperación y la mejora continua en cada fase. Este es un enfoque que nos ayuda a responder de manera eficaz a diversos cambios en la demanda de garantizar y satisfacer las necesidades del cliente con una iteración constante. Sommerville (2011) destaca la importancia de un progreso estructurado en la ingeniería de software, proporcionando una base sólida para la organización de los requerimientos en proyectos complejos, esta metodología se enfoca en el entendimiento del desarrollador y proporciona un agradable ambiente de trabajo. Se basa en el aprendizaje con retrosección continuo entre el cliente y el equipo de desarrollo, así como la comunicación con los participantes y la facilidad de la solución implementada. XP también la define como particularmente adecuada para proyectos con necesidades que son muy diferentes (Morales-Carrillo, et al., 2022).

El Manifiesto Ágil propuesto por Fowler y Highsmith (2001) sostiene que todas las metodologías que son ágiles promueven la adaptabilidad y la satisfacción del usuario, también aspectos fundamentales en el desarrollo de “EduDomo”. El supuesto fundamental de XP empieza en la capacidad de reducir la curva exponencial de los gastos asociados a los cambios que surgen a medida que avanza el ciclo del proyecto, permitiendo que el diseño cambiante sea efectivo. Esta reducción se puede con la ayuda del uso de tecnologías modernas que facilitan el desarrollo de software junto con el empleo riguroso de las practicas propuestas. Aunque varias de estas prácticas no son

completamente nuevas y han sido previamente sugeridas en el campo y practicadas en la Ingeniería del Software, el verdadero éxito de XP consiste en agruparlas de manera efectiva. Además, XP complementa estas prácticas con enfoques que consideran aspectos empresariales, valores humanos y la importancia del trabajo en equipo, lo cual resulta fundamental para el éxito del proyecto "EduDomo" (Penadés, 2009).

En el presente capítulo, se utilizaron los materiales correspondientes al contenido temático de la asignatura "Matemáticas 1" del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia. Además, se empleó un formato de entrevista personal con el docente de la asignatura. Para el diseño de casos de uso, diagramas de clases y el diagrama de despliegue, se utilizó el lenguaje de modelado unificado (UML). Se instaló un visor 3D (FireStorm) con el fin de acceder al servidor del "UdlaVerso". Asimismo, se utilizó la plataforma Visual Paradigm Online para la creación de los diagramas mencionados. También para la creación de la evaluación heurística se utilizó un formulario de Google Forms y una plantilla en Excel para hacer el promedio de cada uno de los principios de Nielsen.

3.1. Fase Análisis

El tema seleccionado se definió durante una clase en la que el docente asignó aleatoriamente los temas a cada estudiante. Esta asignación se realizó considerando cada área de ciencias básicas del programa de Ingeniería de Sistemas, especificando para cada estudiante la materia y la unidad correspondiente. Al definir el tema para trabajar en el "UdlaVerso", se tomó como base el contenido temático de la asignatura "Matemáticas 1". En esta ocasión, se asignó la unidad 3, que aborda específicamente la función valor absoluto y la teoría de vecindades. A partir de esta asignación, se inició una investigación detallada sobre el tema para obtener una comprensión clara y proceder adecuadamente con la preparación de la entrevista al docente.

Seguidamente de una investigación exhaustiva sobre el tema se procedió a preparar las preguntas para la entrevista, enfocadas en recopilar los requerimientos necesarios.

Esta entrevista incluyo un mínimo de 15 preguntas abiertas diseñadas para permitir un desarrollo fluido en el cual cada pregunta facilitara la transición a la siguiente. El instrumento es decir la entrevista fue validado por el ingeniero de software a cargo del proyecto “desarrollo de un campus virtual 3D para la articulación del proceso misional de docencia en la universidad de la amazonia – UdlaVerso”, identificado con el código interno No. 600.6.716 del comité de investigaciones según el acta 010 del 02 de noviembre de 2023. El ingeniero revisó cada una de las preguntas en detalle y otorgó su validación completa al instrumento.

Tabla 2.1. *Entrevista aplicada al docente*

Nº	Preguntas sobre la función de valor absoluto
1	¿Qué sabes sobre el Udlaverso? (En caso de que no esté familiarizado, me gustaría explicarte brevemente de qué se trata).
2	¿Qué conceptos clave necesitan entender los estudiantes sobre la función de valor absoluto?
3	¿Por qué crees que es importante que los estudiantes comprendan la función de valor absoluto en Matemática 1?
4	¿Cómo enseñas actualmente el concepto de valor absoluto en tus clases?
5	¿Dónde suelen tener más dificultades los estudiantes al aprender sobre la función de valor absoluto?
6	¿Quién crees que se beneficiaría más de recursos adicionales o herramientas interactivas para entender el valor absoluto?
7	¿Qué tipo de ejercicios o actividades consideras más efectivos para reforzar el concepto de valor absoluto?
8	¿Cómo evalúas la comprensión de los estudiantes sobre la función de valor absoluto en exámenes o tareas?
9	¿Qué crees que podría mejorar la enseñanza de la función de valor absoluto usando tecnología o entornos virtuales?
10	¿Cómo te gustaría que se visualizara o explicara la función de valor absoluto si se usara una herramienta digital o interactiva?

-
- 11 ¿Qué recursos digitales o tecnologías usas actualmente en tus clases para enseñar conceptos matemáticos?
-
- 12 ¿Qué desafíos encuentras al enseñar la función de valor absoluto con las herramientas tradicionales que usas?
-
- 13 ¿Cómo piensas que los estudiantes podrían beneficiarse de una plataforma interactiva donde puedan explorar conceptos matemáticos?
-
- 14 ¿Dónde crees que los estudiantes deberían comenzar cuando exploran la función de valor absoluto en un entorno de aprendizaje digital?
-
- 15 ¿Cómo imaginas que se podría integrar una plataforma digital que permita a los estudiantes practicar y comprender mejor el valor absoluto?
-

Nota. Esta entrevista fue desarrollada y aplicada al docente que maneja la asignatura de matemáticas uno para obtener información respecto a la unidad tres la función valor absoluto. Fuente: Hadad et al. (2024).

La entrevista se realizó con el docente el cual es el encargado de la asignatura de “Matemáticas 1”. Para llevarla a cabo, se programó una reunión en la que se explicó al docente el propósito y características del proyecto "UdlaVerso", ya que no estaba familiarizado con él. Después se procedió a la transcripción de la entrevista para lo cual fue necesario escuchar detenidamente la grabación y analizarla. A partir de la transcripción se logró identificar los requerimientos en el lenguaje natural, orientados a describir las funcionalidades que el proyecto debe de cumplir y enfocados específicamente en el desarrollo de la plataforma interactiva.

3.2. Fase de Construcción

Se utilizo el paradigma orientado a objetos durante la fase de construcción, después de terminar el levantamiento de requerimientos. Esta metodología permitió iniciar el diseño y desarrollo de la plataforma interactiva en el “UdlaVerso” ya que esto proporciona claridad sobre los escenarios y objetos que debían ser creados. Además, la combinación del paradigma orientado a objetos con la técnica de casos de uso se logró la identificación de los actores involucrados y las relaciones entre ellos lo que permitió la

elaboración del diagrama correspondiente. Una vez identificado el diagrama de casos de uso se procede a especificar cada caso de uso definiendo como interactúan los usuarios con el sistema en desarrollo.

En esta etapa, se detallan como las interacciones relevantes que los usuarios tendrán con los objetos interactivos en el “UdlaVerso”. En la elaboración del diagrama de clases cada objeto del sistema se modela como una clase, proporcionando así una representación visual de la estructura del sistema, detallando los atributos y métodos de cada clase, así como las relaciones que existen entre estas. La construcción del diagrama de clase permite visualizar como está organizado el sistema y como interactúan los diferentes componentes.

En la plataforma interactiva este diagrama desempeña un papel muy fundamental ya que no solo define las funcionalidades de cada objeto, sino que también ayuda a identificar de manera más precisa aquellos objetos que requieren interactividad. Esto ayuda a la planificación y el diseño de los scripts específicos que se implementaran en cada objeto dentro del “UdlaVerso”, garantizando la experiencia de usuario coherente y bien estructurada. Además, la representación de estas relaciones y dependencias entre clases permite lograr anticipar los posibles conflictos y las necesidades de comunicación entre los distintos componentes de la plataforma.

Se creo un diagrama de despliegue utilizando Visual Paradigm Online lo que le permitió visualizar los componentes de software y hardware, a través de este diagrama se logró identificar de manera más clara la infraestructura física y lógica de la plataforma interactiva.

Seguidamente se inició la creación del boceto basándose en los requerimientos obtenidos durante la entrevista con el docente. Con el boceto preliminar realizado a mano el ingeniero sugirió optimizarlos utilizando la inteligencia artificial de ChatGPT lo que nos permitió el diseño de los escenarios planificados para la plataforma. Una vez definidos se estableció la cantidad de escenarios y los elementos necesarios para cada

uno, logrando así el inicio de su construcción. Durante la construcción del primer escenario se utilizó la imagen generada por la inteligencia artificial como referencia inicial. El proceso empezó con la creación de los elementos 3D principales comenzando por el domo que representa la estructura principal del entorno. Seguidamente se abordaron los objetos ubicados en el interior del domo, siguiendo este enfoque sistemático para organizar cada elemento y poderlos modelar. Así se pudo mantener una visión clara del escenario asegurando una construcción más rápida y organizada en el entorno virtual 3D.

3.3. Fase Evaluación

En la reunión virtual con el ingeniero encargado del proyecto explico cómo es el proceso de instalación y de despliegue del visor de FireStorm, durante esta misma reunión también se proporcionaron los usuarios del visor FireStorm, durante esta misma reunión también se proporcionaron los usuarios y las contraseñas necesarios para el inicio de sesión en el entorno virtual y así iniciar el trabajo. La validación con los usuarios involucrados se busca garantizar de que el sistema desarrollado satisfaga las expectativas y necesidades de los usuarios finales como de los interesados.

En esta etapa resulta fundamental ya que se logra identificar posibles discrepancias entre el diseño del sistema y los requerimientos originales como también permite realizar ajustes necesarios para corregir errores o implementar mejoras antes de la implementación final.

En la evaluación de la usabilidad del sistema, se analiza la experiencia del usuario durante la interacción con la plataforma. Este análisis tiene como objetivo garantizar que el sistema sea fácil de usar, eficiente y satisfactorio. En esta fase, se centra en cómo los usuarios comprenden y operan en el entorno, así como en qué medida se cumplen sus expectativas.

En el funcionamiento del entorno educativo, se llevan a cabo diversas actividades para asegurar que el sistema opere según lo previsto y cumpla con los requerimientos

establecidos. Este enfoque se centra en garantizar que el sistema sea estable, confiable y capaz de realizar las tareas para las cuales fue diseñado, además de ofrecer al usuario una experiencia agradable en el entorno.

Técnica de evaluación heurística: está basada en los 10 principios de Nielsen y contempla los siguientes elementos, “Visibilidad del estado de sistema; Correspondencia entre el sistema y la realidad; Libertad y control por parte del usuario; Que haya consistencia y estándares; Prevención de errores; Reconocimiento antes que recuerdo; Flexibilidad y eficiencia en el uso; Diálogos estéticos y diseño minimalista; El sistema ayuda a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperar los errores y el sistema tiene ayuda y documentación” (Alban Gladys et al., 2023,p.701).

Grupo de estudio: se estableció un grupo de estudiantes de Ingeniería de sistemas con conocimientos avanzados en el desarrollo de ambientes virtuales 3D, estos estudiantes evaluaron cada escenario de la aplicación “Plataforma interactiva 3D para el aprendizaje de la función valor absoluto: EduDomo” utilizando los principios de Nielsen, descritos anteriormente.

Herramienta: se construyó un formulario en Google Forms ubicando cada escenario de la aplicación y evaluando cada principio de Nielsen en una escala valorativa de uno (1) a cinco (5), donde uno es insuficiente y cinco es sobresaliente, los resultados se analizaron de acuerdo con cada escenario y en conjunto con el total de las evaluaciones realizadas por el grupo de estudio.

4. Resultados

En esta sección se presentarán a cabo los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de proyecto “EduDomo” en el cual se implementó la metodología XP en el contexto de la educación interactiva. Kelleher y Pausch (2007) subrayan el valor de los sistemas de programación interactivos en el aprendizaje, lo cual es relevante en el diseño de escenarios educativos visuales en plataformas como EduDomo. Se llevaron a cabo

diversas fases las cuales son la fase de análisis, de construcción y de evaluación con el objetivo de crear una plataforma interactiva para el aprendizaje de la función valor absoluto (Lozano et al., 2024). A continuación, se presentarán los resultados de cada una de las fases mencionadas anteriormente.

4.1 Resultados de la Fase de Análisis

Se selecciono la unida cuatro de la asignatura matemáticas uno del primer semestre del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia. Esta unida se tomó como base para poder hacer el estudio del tema correspondiente y posteriormente la entrevista para la recolección de información y el análisis de requerimientos de la plataforma interactiva 3D (ver tabla 2.2).

Tabla 2.2. Unida temática No 3 de la asignatura matemáticas 1

Unida temática No 3 de la asignatura matemáticas 1.

3. Función valor absoluto
3.1 Definición y propiedades de esta función.
3.2 Ecuaciones con valor absoluto.
3.3 Inecuaciones con valor absoluto.
3.4 Vecindad y vecindad separada a un número real.

Nota. Es el contenido temático No 3 de la asignatura matemáticas 1 programa ingeniería de sistemas. Fuente: tomada de Udla (2024).

A continuación, se presentan las respuestas que se obtuvieron a través de la entrevista realizada al docente encargado de la materia de matemáticas uno. Esta entrevista resulto ser fundamental para comprender las necesidades y expectativas en relación con el uso de la plataforma interactiva 3D “EduDomo” y las respuestas fueron esenciales para identificar los requisitos del proyecto. La información se organizó en una tabla (Tabla 2.3) que facilita su análisis, logrando así identificar los requerimientos clave que contribuirán al desarrollo de la plataforma. En conjunto con esta información ofrece una base sólida para lograr que el sistema se alinee con los objetivos educativos y cumplan con las

expectativas de los usuarios finales, asegurando así una experiencia de aprendizaje sea efectiva.

Tabla 2.3 *Respuestas de la entrevista*

Pregunta	Respuesta
¿Qué conceptos clave necesitan entender los estudiantes sobre la función de valor absoluto?	- Definición Formal del Valor Absoluto- Interpretación Geométrica- Resolución de Inecuaciones con Valor Absoluto- Representación Gráfica- Vecindad y vecindad separada de un número real
¿Por qué crees que es importante que los estudiantes comprendan la función de valor absoluto en Matemática 1?	La comprensión de la función valor absoluto es importante no solo porque es un concepto matemático fundamental, sino también porque prepara a los estudiantes para una variedad de aplicaciones en matemáticas avanzadas y en situaciones de la vida real. Ayuda a desarrollar el pensamiento crítico, las habilidades de resolución de problemas y la capacidad para aplicar conceptos matemáticos en diferentes contextos.
¿Cómo enseñas actualmente el concepto de valor absoluto en tus clases?	Para iniciar se generalmente se hace una inducción intuitiva en la que se relacionan algunas generalidades como la recta numérica y ejemplos visuales. De igual forma se establece una definición formal para su conceptualización, resolución de inecuaciones y ecuaciones de valor absoluto, su representación gráfica, investigación sobre su aplicabilidad y evaluación de conocimientos adquiridos.
¿Dónde suelen tener más dificultades los estudiantes al aprender sobre la función de valor absoluto?	Los estudiantes, ya que sería un apoyo directo para el mejoramiento de los conceptos y procedimientos que involucran el valor absoluto.
¿Qué tipo de ejercicios o actividades consideras más	- Ejercicios de Conceptualización Básica- Resolución de Ecuaciones Sencillas con Valor Absoluto- Resolución de

efectivos para reforzar el concepto de valor absoluto? Inecuaciones con Valor Absoluto- Representación Gráfica de la Función Valor Absoluto

Nota. Las respuestas presentadas en esta tabla se obtuvieron a través de una entrevista con el docente encargado de la materia de “Matemáticas 1” y fueron fundamentales para la identificación de los requisitos del proyecto “EduDomo” se pusieron algunas respuestas relevantes debido al extenso que es la entrevista. Fuente: Hadad et al. (2024).

En el contexto del Domo Virtual en el “UdlaVerso” para el programa de matemáticas I unidad 3 función valor absoluto los requisitos específicos son elementos especiales que marcan las características y funciones que se debe de cumplir para poder satisfacer las necesidades de los usuarios, estos requerimientos se centran en la definición de las funciones, el rendimiento, las restricciones de diseño, los atributos del sistema y otros aspectos cruciales para generar un correcto funcionamiento y la eficiencia de “EduDomo”. Según Pressman y Maxim (2014), un enfoque estructurado en la ingeniería de software ayuda a asegurar que los sistemas desarrollados cumplan con los requerimientos de calidad y funcionalidad. Seguidamente se presentarán los requerimientos que salieron a partir de las respuestas obtenidas en el desarrollo de la entrevista al docente. Estos requerimientos son fundamentales para el desarrollo de la plataforma educativa ya que reflejan las necesidades y expectativas de usuario final.

Tabla 2.4 *Requerimientos Funcionales*

ID	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	Origen
RF001	Definición Formal del Valor Absoluto	El sistema debe proporcionar un módulo interactivo donde los estudiantes puedan aprender y practicar la definición formal del valor absoluto. Esto incluirá la visualización de ejemplos que refuercen la comprensión del concepto.	E1_001
RF003	Interpretación Geométrica	El sistema debe incluir diagramas interactivos y representaciones gráficas que permitan a los	E1_001

	Relación con la Recta Numérica	estudiantes explorar la interpretación geométrica del valor absoluto y su relación con la recta numérica.	
RF005	Módulo Central de Resolución de Ecuaciones de Valor Absoluto	El sistema debe incluir un módulo central interactivo que permita a los estudiantes visualizar y resolver ecuaciones de valor absoluto en tiempo real.	E1_002
RF007	Módulo de Evaluación de Resolución de Ecuaciones	El sistema debe contar con un módulo que permita a los estudiantes participar en un juego interactivo, en el cual resolverán una serie de ecuaciones de valor absoluto. El módulo debe presentar ecuaciones en una pantalla en tiempo real.	E1_002
RF008	Resolución de Inecuaciones de Valor Absoluto	El sistema debe contar con un módulo central que permita ofrecer una representación visual de las soluciones, así como la resolución paso a paso de las inecuaciones.	E1_001
RF010	Módulo de Evaluación de Resolución de Inecuaciones	El sistema debe incluir un escenario de evaluación donde los estudiantes puedan poner a prueba su conocimiento sobre la resolución de inecuaciones con valor absoluto.	E1_001
RF011	Vecindad y Vecindad Separada en Números Reales	El sistema debe tener un espacio dedicado a la enseñanza de conceptos relacionados con vecindad y vecindad separada en números reales y debe contar también con un espacio para su evaluación.	E1_001

Nota. Se muestra un conjunto representativo de los requerimientos debido a la extensión total del listado. Fuente: elaboración propia a partir de Hadad et al. (2024).

Con la lista de los requerimientos funcionales previamente identificados, se procedió a la especificación detallada de cada uno de ellos. Este proceso implicó analizar y desglosar los requerimientos para garantizar una comprensión clara de las

funcionalidades que debe cumplir la plataforma interactiva 3D "EduDomo". Las especificaciones de los requerimientos ayudan a establecer el marco de trabajo solido asegurando que el desarrollo del entorno virtual 3D está más alineado con las necesidades y expectativas de los usuarios finales. A continuación, se mostrará un ejemplo de cómo es la especificación de los requerimientos funcionales .

Tabla 2.5. *Ejemplo especificación de requerimiento.*

Código	RF001
Nombre	Definición Formal del Valor Absoluto
Descripción	El sistema debe proporcionar un módulo interactivo donde los usuarios puedan aprender y practicar la definición formal del valor absoluto. Esto incluirá la visualización de ejemplos y ejercicios interactivos que refuercen la comprensión del concepto y también incluir un instructivos de navegación.
Prioridad	Alta
Origen	E1_001
Usuarios	Estudiantes, Docentes

Nota. Ejemplo del formato usado para la especificación de requerimientos, este formato se usó para todas las especificaciones de requerimientos. Fuente: modificado de IEEE (Hada et al., 2024).

Seguidamente se presentan los requerimientos no funcionales identificados para la plataforma interactiva 3D "EduDomo", estos requerimientos son igualmente importantes que los funcionales ya que definen las características de la calidad y su rendimiento complementando así los requerimientos funcionales previamente establecidos. A continuación, se presentarán algunos requerimientos no funcionales obtenidos para el rendimiento del entorno educativo (consulte la Tabla 2.6).

Tabla 2.6. *Ejemplo De Requerimiento no funcionales*

ID	Requisito	DESCRIPCIÓN
RNF001	Usabilidad	El domo debe ser fácil de usar e intuitivo, tanto para estudiantes como para docentes. La navegación dentro del domo debe ser clara, y los diagramas interactivos deben ser fácilmente accesibles y manipulables sin necesidad de capacitación extensa.
RNF004	Rendimiento	El sistema debe funcionar de manera fluida en OpenSim, sin retrasos perceptibles durante las interacciones o la carga de los escenarios y recursos.

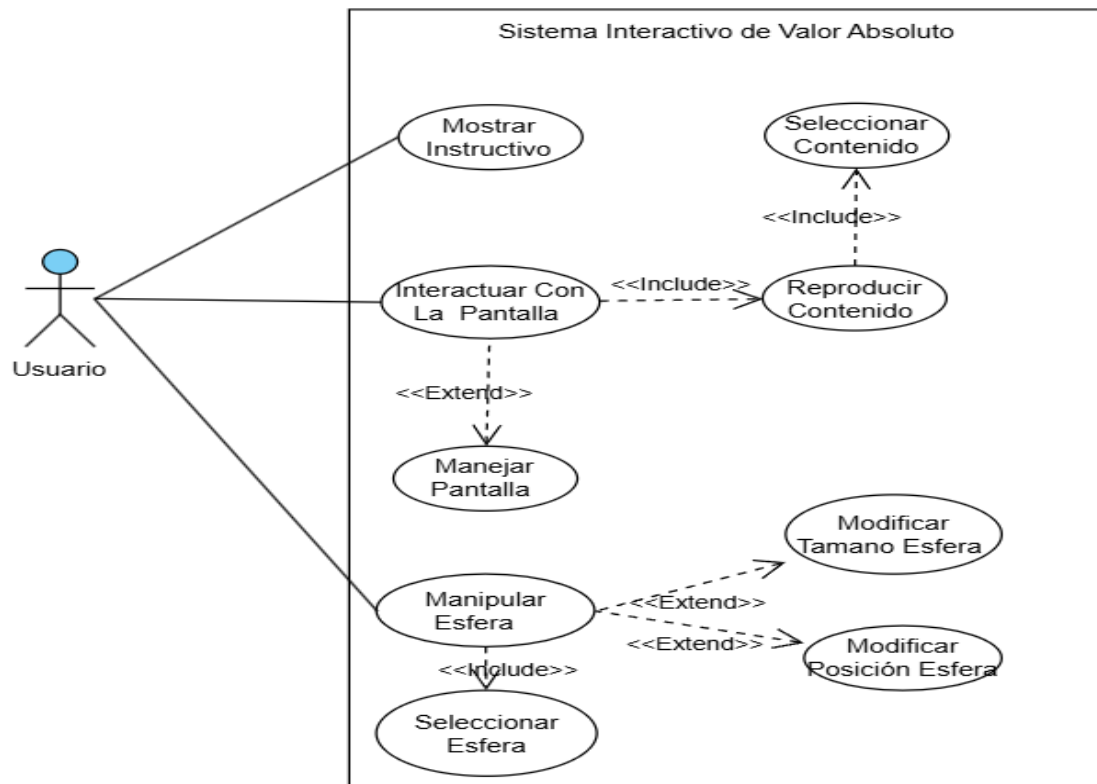
Nota. Ejemplo representativo de los requerimientos no funcionales debido a la extensión total del listado. Fuente: elaboración propia a partir de Carrizo (2022).

4.2. Resultados de la Fase de Construcción

En esta fase se creó el boceto inicial y se procedió a la construcción de los objetos diseñados los cuales se crearon a partir de la interacción anterior en los requerimientos funcionales, esta etapa resulto efectiva ya que ayudo a ver como los diferentes componentes se integrarían dentro del entorno virtual 3d “EduDomo”. Además, a partir de los objetos identificados, se logró formular los diagramas de casos de uso, que son esenciales para representar las interacciones entre los usuarios y el sistema. Estos diagramas no solo ayudan a clarificar las funcionalidades del sistema, sino que también proporcionan una guía visual para el desarrollo y la implementación de cada objeto, asegurando que se cumplan las expectativas del usuario final. A continuación, se

presentará un ejemplo de un diagrama de caso de uso obtenido a partir del paradigma orientado a objetos y la técnica de casos de uso.

Figura 2.1. *Ejemplo de diagrama de casos de uso*



Nota. Este es el ejemplo de diagrama de casos de uso de unos de los escenarios de "EduDomo". Fuente: elaboración propia usando la herramienta Visual Paradigm Online.

A partir de los diagramas de casos de uso prosiguió las especificaciones de cada uno de ellos, esta etapa es fundamental ya que ayuda a detallar las interacciones entre los usuarios y el entorno virtual, así como las funcionalidades específicas de cada objeto y que debe de ofrecer el entorno virtual 3D "EduDomo". Los casos de uso se especifican para que proporcionen un marco claro para el desarrollo, asegurando que cada interacción este alineada con los requerimientos funcionales y las expectativas de los usuarios finales.

Tabla 2.7. *Ejemplo de la especificación de casos de uso*

CU-<001>	Interactuar con la Pantalla								
Versión	1.0								
Autores	Jaider Edilberto Saenz Pernia								
Fuentes	RF002								
Actores:	Usuario								
Objetivos Asociados	Crear módulos interactivos que permitan a los estudiantes la comprensión de la función de valor absoluto y sus propiedades fundamentales a través de representaciones gráficas.								
Casos de uso Asociados	Prender Pantalla Manejar pantalla Seleccionar contenido Reproducir contenido Proyectar Respuestas Mostrar Contenido								
Descripción	El usuario interactúa con las pantallas distribuidas en el domo para seleccionar y reproducir el contenido educativo, como simulaciones 3D y resolución de ecuaciones e inecuaciones								
Precondición	El usuario debe de estar dentro del domo interactivo y las pantallas deben dar clic para encenderlas para que estén listas y para la interacción.								
Atributos	Pantalla: Pantalla Contenido: Contenido								
Secuencia normal	<table> <tr> <th>Paso</th><th>Acción</th></tr> <tr> <td>1</td><td>El usuario se acerca a la pantalla.</td></tr> <tr> <td>2</td><td>El usuario da clic y se enciende la pantalla.</td></tr> <tr> <td>3</td><td>El usuario selecciona el contenido.</td></tr> </table>	Paso	Acción	1	El usuario se acerca a la pantalla.	2	El usuario da clic y se enciende la pantalla.	3	El usuario selecciona el contenido.
Paso	Acción								
1	El usuario se acerca a la pantalla.								
2	El usuario da clic y se enciende la pantalla.								
3	El usuario selecciona el contenido.								

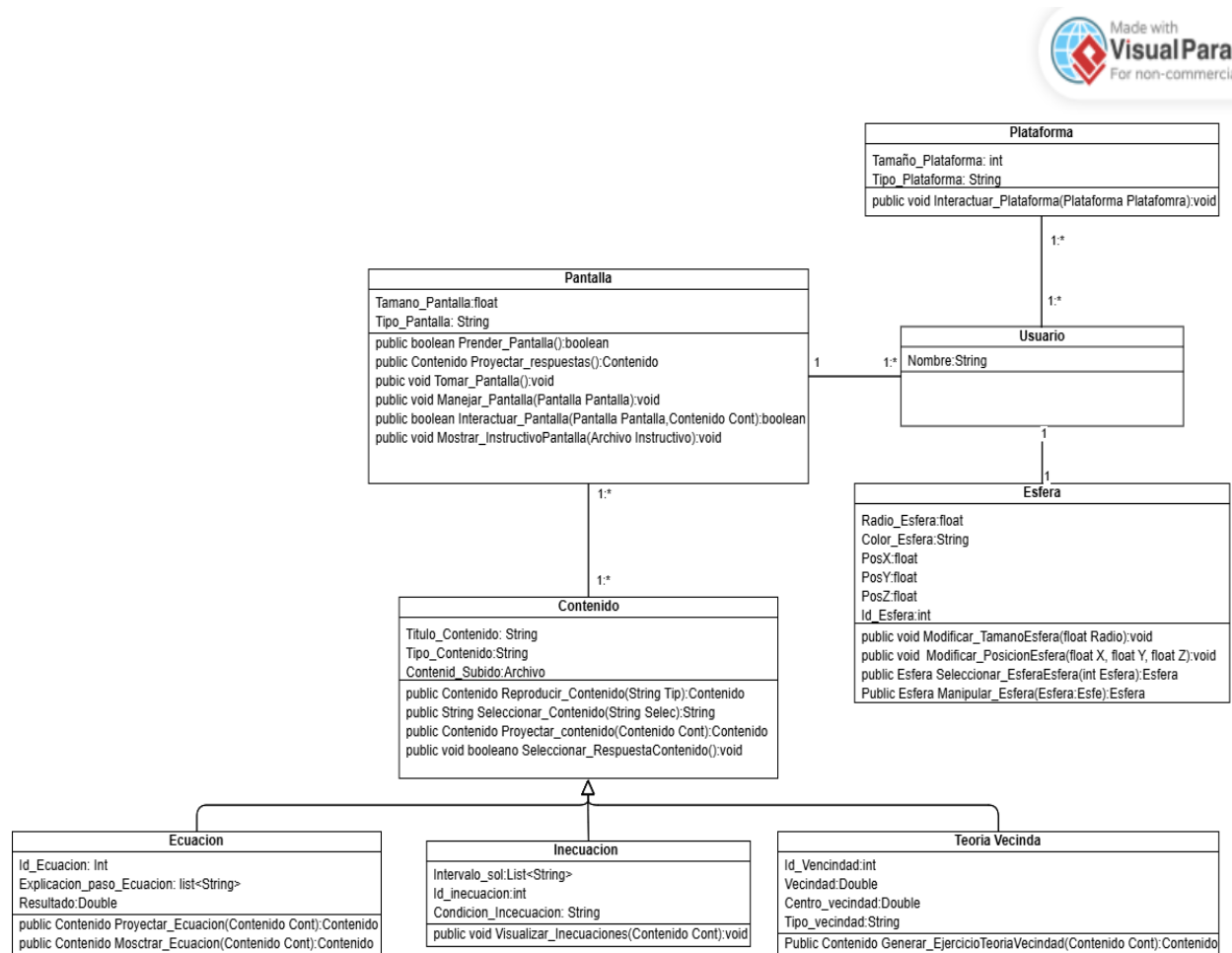
	4	El contenido seleccionado se reproduce y se muestra con gráficos interactivos.
Postcondición	El contenido educativo de reproduce correctamente y el usuario puede ver los conceptos a través de la pantalla.	
Excepciones	Paso	Acción
	1	Si el contenido no se carga correctamente, se muestra un mensaje de error solicitando al usuario que intente nuevamente o elija otro contenido.
	2	Si la pantalla no enciende, se recomienda alejarse y volver acercarse para reintentar de nuevo
Rendimiento	Paso	Tiempo máximo
	1	El tiempo máximo para cargar el contenido no debe exceder los 3 segundos.
Importancia	Alta	
Urgencia	Alta	
Estado	Activo	
Estabilidad	Estable	
Comentarios	Se recomienda hacer pruebas de carga y rendimiento para así asegurar que las pantallas respondan fluidamente durante momento de alta demanda.	

Nota. Ejemplo del formato usado para la especificación de casos de uso, este formato se usó para todos los casos de uso. Fuente: elaboración propia a partir de la platilla IEEE (Hadad, 2024).

A continuación, en la preparación del diagrama de clases es fundamental entender cómo se organizan los diferentes componentes de la plataforma y de cómo interactúan entre sí. A través de este diagrama se identificó claramente los objetos que serán necesarios para cumplir con los requerimientos funcionales asegurando así que el desarrollo del sistema sea coherente y estructurado. La creación del diagrama de clases se basa en los requerimientos especificados en los diagramas de casos de uso lo que garantiza que todos los aspectos de diseño del sistema estén alineados con las

necesidades educativas y expectativas de los usuarios finales. A continuación, se presenta diagramas de clases, seguido de una breve descripción de sus elementos más relevantes.

Figura 2.2. Diagrama de clases entorno virtual 3D “EduDomo”

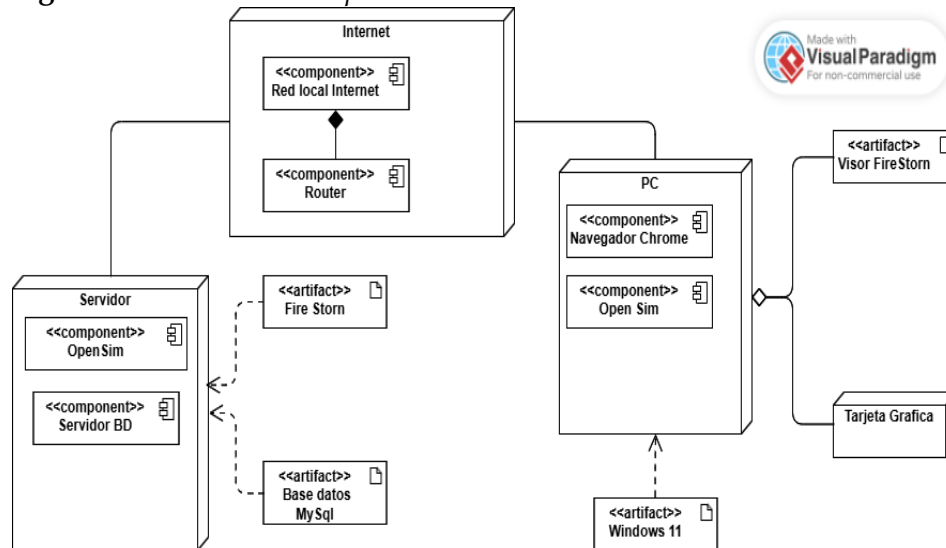


Nota. El diagrama de clases presentado ilustra la estructura del sistema "EduDomo", destacando las principales clases, atributos y métodos, así como las relaciones entre ellas. Fuente: elaboración propia utilizando la herramienta Visual Paradigm Online.

En esta parte se presenta el diagrama de despliegue de la plataforma interactiva 3D “EduDomo”. El modelo de implementación presentado en la figura 2.3 representa la arquitectura del sistema, también proporciona una representación visual de la arquitectura del sistema, mostrando como se distribuyen los componentes de software hardware en el entorno de implementación. El diagrama de despliegue es esencial para comprender la infraestructura lógica y física que soporta la plataforma. También se

puede identificar los nodos tales como servidores dispositivos y otros recursos, así como las conexiones y los protocolos utilizados para la comunicación entre ellos.

Figura 2.3. Modelo de la arquitectura del entorno virtual 3D “EduDomo”



Nota. Diagrama de despliegue de la arquitectura del entorno virtual 3D “EduDomo”. Fuente: desarrollo propio usando la herramienta visual paradigm online.

En la fase de construcción se presentan los bocetos de acuerdo con los casos de uso y de los requerimientos previos, los cuales se ajusta una visión integral del diseño del entorno virtual 3D. Con la ayuda de la inteligencia artificial ChatGPT se elaboraron estos bocetos a partir de un prompt basado en los requerimientos establecidos, lo que ayudo a evidenciar como iba hacer la distribución y disposición de los elementos principales en el entorno incluyendo los espacios de enseñanza destinados a cada uno de los temas.

Figura 2.4 Boceto inicial vista general



Nota. Elaboración del boceto inicial general de la plataforma interactiva 3D. Fuente: elaboración propia a partir de la inteligencia artificial (ChatGPT)

Los bocetos desempeñan un papel crucial al permitir evaluar la coherencia y funcionalidad del diseño general antes de avanzar a una implementación más detallada. En resumen, estos bocetos ofrecen una visión integral del proyecto y constituyen una base sólida para el diseño y desarrollo de entorno virtual 3D. Estos bocetos establecen las pautas visuales y funcionales necesarias para su creación, seguidamente se presenta todos los bocetos generados durante la primera iteración (Bustos et al.,2024). A continuación, se presentan los demás bocetos elaborados en la iteración uno relacionados con el espacio adecuado para la plataforma interactiva.

Figura 2.5. Bocetos iniciales de los escenarios.



a) Escenario de introducción del tema.



b) Escenario evaluativo del tema de introducción.



c) Escenario del tema de ecuaciones con valor absoluto.



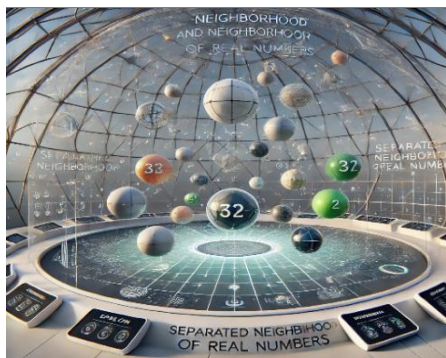
d) Escenario evaluativo del tema de ecuaciones con valor absoluto.



e) Escenario del tema de inecuaciones con valor absoluto.



f) Escenario evaluativo del tema de inecuaciones con valor absoluto.

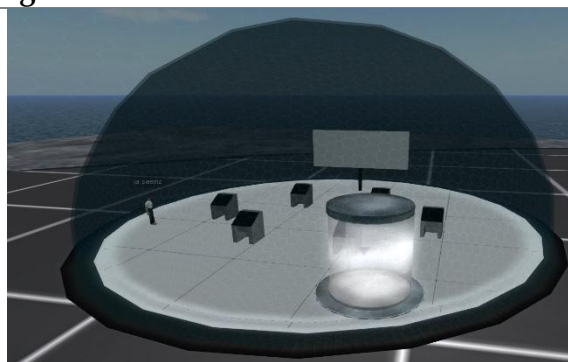


g) Escenario del tema de teoría de vecindades.

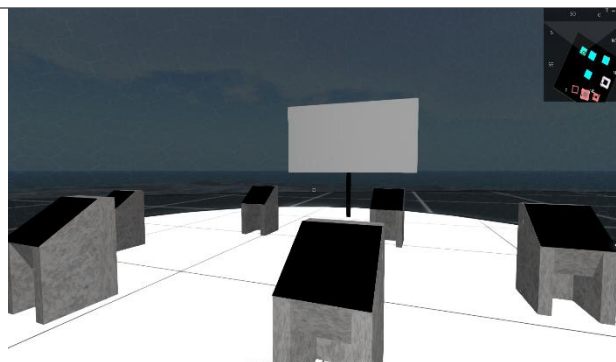
Nota. Elaboración de los bocetos iniciales a partir de la inteligencia artificial de las zonas definidas. Fuente elaboración propia a partir de ChatGPT.

A continuación, se elaboraron los escenarios con los objetos virtuales detallados donde se realizaron bosquejos a partir de los casos de uso planteados. Se diseñó objetos con temática futurista en un domo totalmente cerrado y cada escenario relacionado con la temática de la definición de la función valor absoluto. Los espacios o zonas de aprendizaje en este entorno virtual 3D es una puerta al cambio en el mundo digital y un mejoramiento al aprendizaje a través de lo digital.

Figura 2.6. Escenario de introducción elaborado en el entorno virtual 3D



a) Vista general del escenario.



b) Vista dentro del escenario.

Nota. Elaboración de los objetos 3D iniciales de las zonas definidas. Fuente: elaboración propia.

El siguiente escenario está diseñado para que los usuarios puedan aplicar y consolidar los conocimientos obtenidos en el escenario anterior. Se enfrentarán a un desafío interactivo el cual deberán pasar el cuestionario para seguir avanzando.

Figura 2.7. *Escenario de evaluación del tema 1*



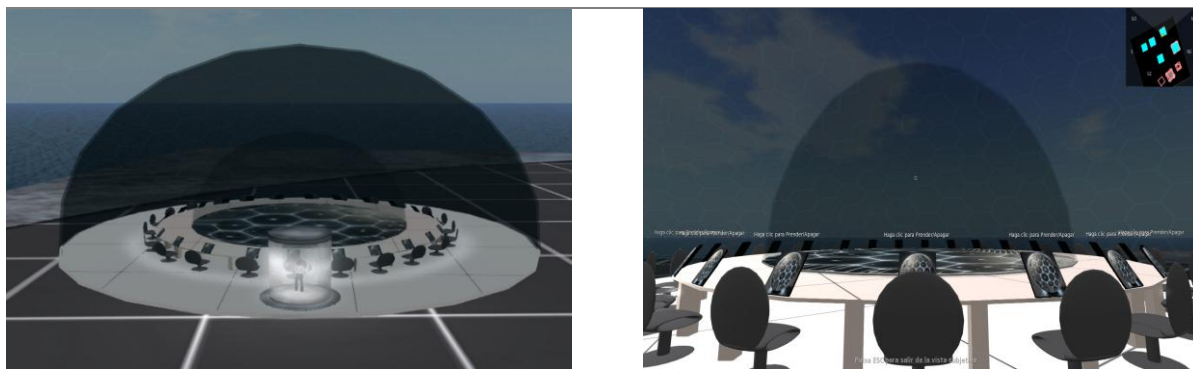
a) Vista general del escenario.

b) Vista del usuario primera persona.

Nota. Elaboración de los objetos 3D iniciales de las zonas definidas. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, el siguiente escenario brinda una oportunidad ideal para afianzar el conocimiento sobre las ecuaciones con valor absoluto, en este escenario se presenta la introducción al tema como también información clave como la solución de ejercicios y propiedades permitiendo a los estudiantes entender y practicar la solución de estas ecuaciones de manera efectiva (Ver figura 2.8).

Figura 2.8. *Escenario ecuaciones con valor absoluto tema 2*



a) Vista general del escenario.

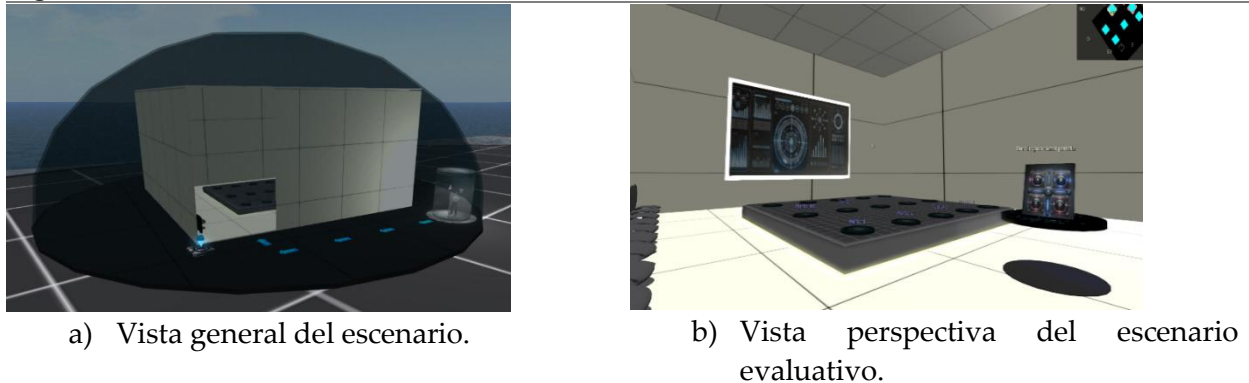
b) Vista usuario primera persona.

Nota. Elaboración de los objetos 3D iniciales de las zonas definidas. Fuente: elaboración propia.

A continuación, el escenario evaluativo del tema dos está bien diseñado con un estilo futurista y un diseño limpio que busca captar la atención de los usuarios y mantenerlos

entretenidos sin aburrirlos, la parte evaluativa se presenta en forma de juego el cual es similar a la escalera con 15 niveles donde los estudiantes avanzan al completar cada desafío, esta estructura no solo hace el procesos más dinámico sino que también forma parte del aprendizaje de manera interactiva y lúdica (figura 2.9).

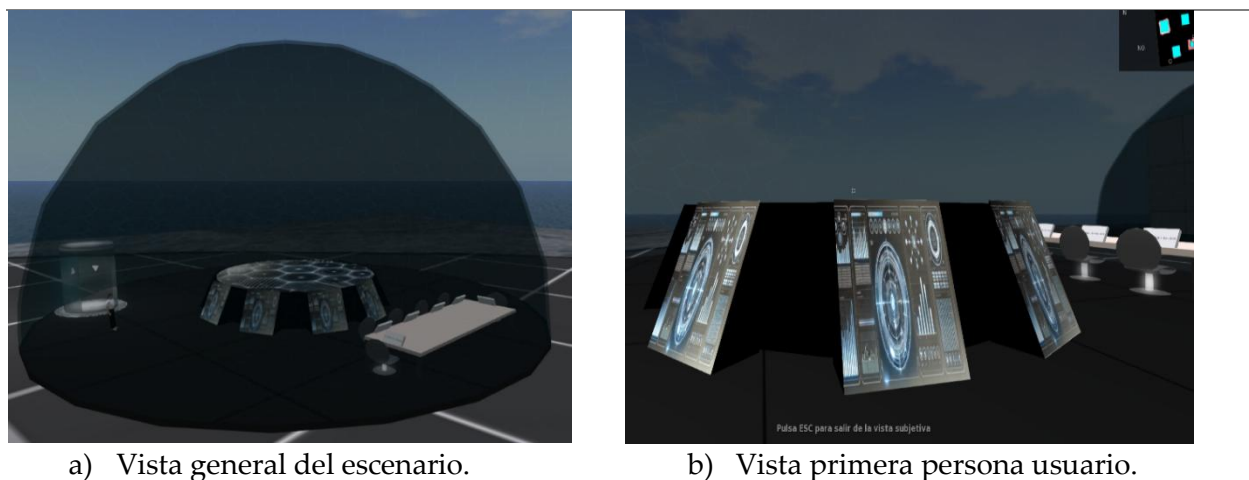
Figura 2.9. *Escenario evaluativo tema de ecuaciones*



Nota. Elaboración de los objetos 3D iniciales de las zonas definidas. Fuente: elaboración propia.

A continuación, el escenario de inecuaciones para el aprendizaje de valor absoluto solo se presentará teoría en pantallas con un diseño un poco fuera de lo normal intentando atraer la atención de los usuarios del entorno y generando un llamado para que estudien el tema.

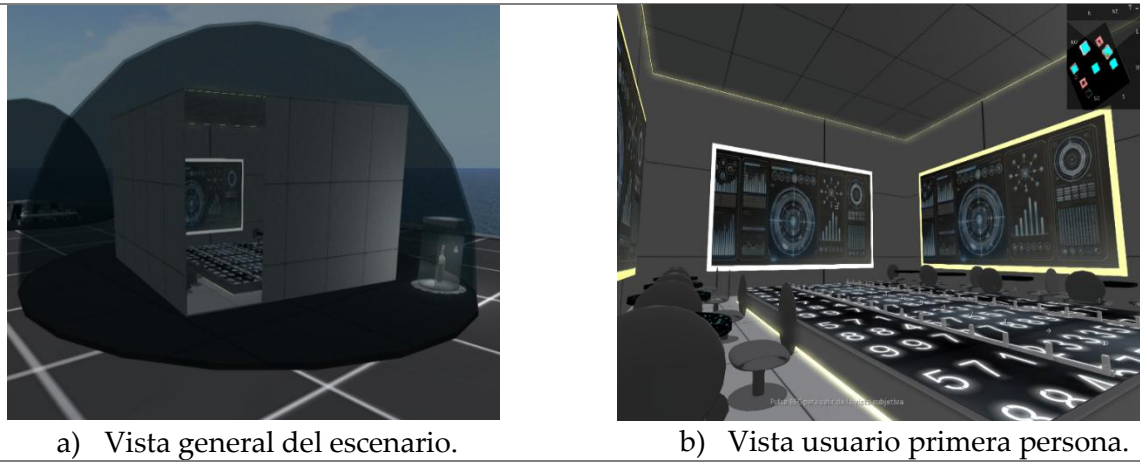
Figura 2.10. *Escenario de inicios con valor absoluto*



Nota. Elaboración de los objetos 3D iniciales de las zonas definidas. Fuente: elaboración propia.

En el escenario evaluativo del tema de inequaciones se quiso recrear como una recta numérica 3D en este entorno virtual el cual se hizo en forma de juego en donde el usuario deberá poner el resultado con puntos en la recta numérica para poner el resultado.

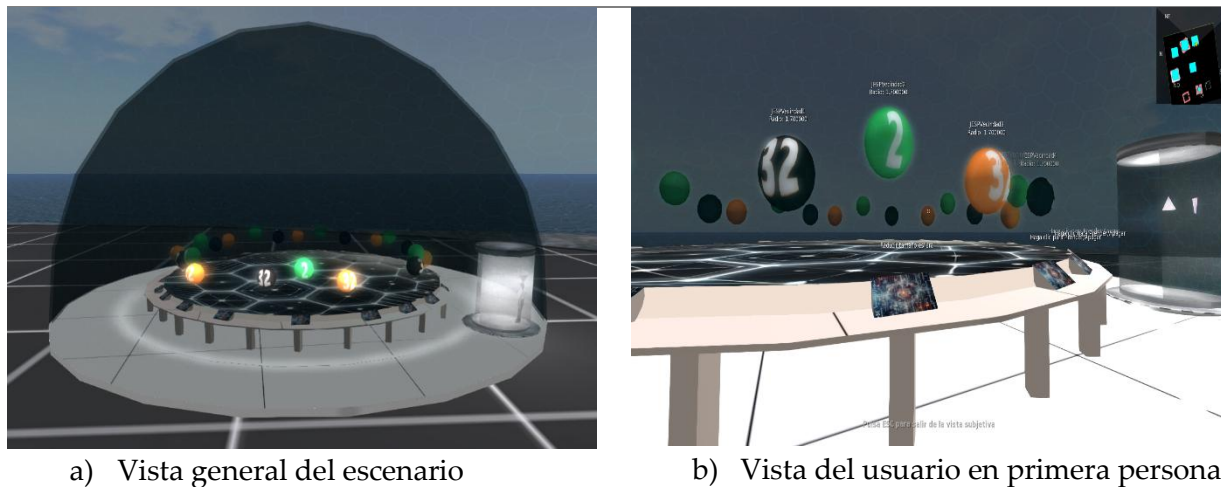
Figura 2.11. Escenario evaluativo del tema de inequaciones



Nota. Elaboración de los objetos 3D iniciales de las zonas definidas. Fuente: elaboración propia.

El escenario dedicado a la teoría de vecindades ofrece un espacio interactivo donde los estudiantes pueden explorar y comprender este concepto matemático fundamental. Construido para facilitar el aprendizaje visual y práctico, el entorno permite manipular representaciones de vecindades como esferas, ayudando a los usuarios a identificar y ajustar intervalos según las propiedades del valor absoluto.

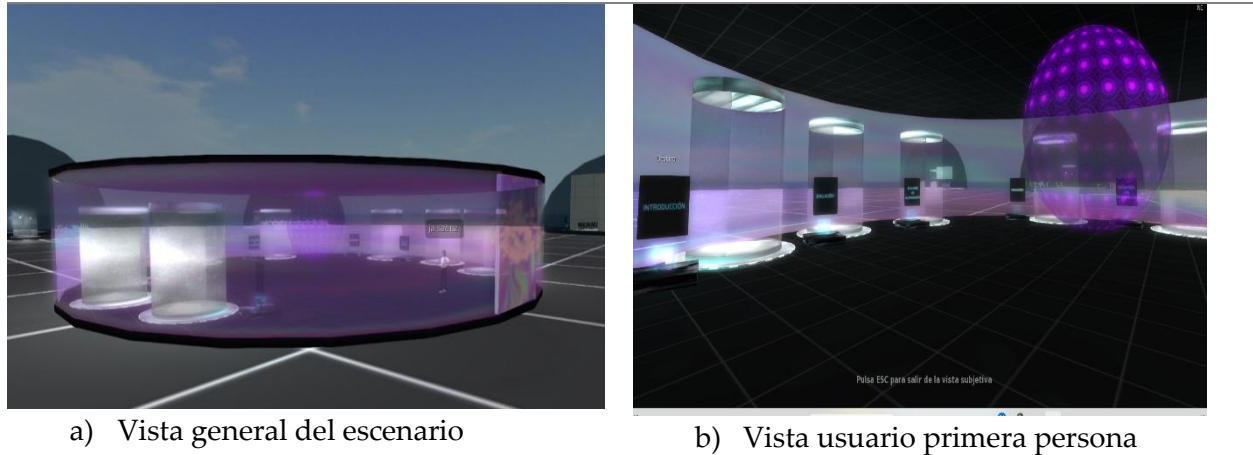
Figura 2.12. Escenario de teoría de vecindad tema 4



Nota. Elaboración de los objetos 3D iniciales de las zonas definidas. Fuente: elaboración propia.

Se contará con un escenario adicional el cual va a ser de Teleporter el cual sirve para que el usuario navegue por los diferentes escenarios ya bien sea haciendo el recorrido completo o escogiendo un escenario en específico

Figura 2.13. *Escenario Teleporter*



Nota. Elaboración de los objetos 3D iniciales de las zonas definidas. Fuente: elaboración propia.

A continuación, ya después de haber creado los objetos en el entorno virtual se procede a los scripts de cada objeto que interactúa con el usuario, dado a la complejidad de algunos códigos y el número tan elevado de objetos que se tienen en el entorno vital se hablara de tres elementos básicos para la interacción con los usuarios, el Teleporter y la creación de una pantalla dando clic en otra.

En este ejemplo, se crea un objeto 3D que funciona como teletransportador y se ubica en el lugar deseado. Luego, se configura un evento de escucha que detecta cuando el usuario interactúa con el teletransportador, activando la función que lo lleva al destino indicado. Este proceso facilita la movilidad en el entorno virtual y mejora la experiencia del usuario al permitirle desplazarse de manera rápida y eficiente a diferentes escenarios.

```
vector destination = <63.4, 64.5, 22.9>; // Posición fija de destino
default
{
    state_entry()
    {
        llCollisionSound("", 0.0); // Desactiva el sonido de colisión
    }
}
```

```

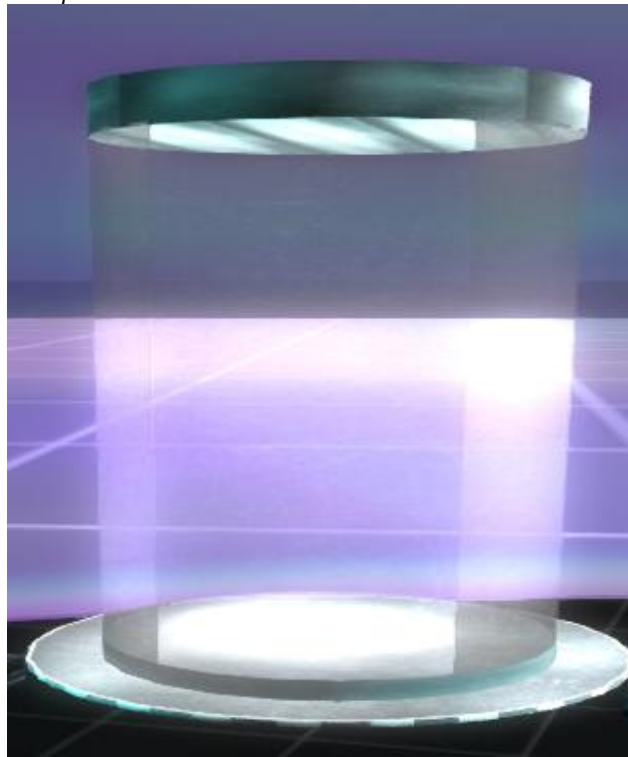
collision_start(integer num_detected)
{
    key avatarKey = llDetectedKey(0);
    if (llDetectedType(0) & AGENT)
    {
        llRequestPermissions(avatarKey, PERMISSION_TELEPORT);
    }
}

run_time_permissions(integer perm)
{
    if (perm & PERMISSION_TELEPORT)
    {
        key avatarKey = llGetPermissionsKey();
        llTeleportAgent(avatarKey, "", destination, ZERO_VECTOR);
        llSay(0, "¡Teletransporte activado! Destino: " + (string)destination);
    }
    else
    {
        llSay(0, "No se otorgaron permisos de teletransporte.");
    }
}
}

```

En este ejemplo lo primero que se hace es crear el objeto de teleport (Figura 2.14), luego de crear el objeto se crea el script que se ejecutará cuando un usuario colisione con el suelo del objeto y así podrá ser llevado al destino escogido.

Figura 2.14. *Objeto 3D de teleport*



Nota. Objeto elaborado para llevar al usuario a una ubicación específica. Fuente: elaboración propia.

Para el segundo objeto se crea dos objetos pantallas cuadradas una es la que va a escuchar cuando el usuario le da clic y envía el mensaje, la otra es la que se crea a al recibir el mensaje de que el usuario dio clic , para esto se usó un canal de comunicación de tipo entero en este caso este “-12345” para que se pudiera comunicar con la pantalla que se desea crear, luego se usó `llGetPos` para la ubicación donde queremos que aparezca la pantalla luego se rezó la pantalla utilizando `llRezObject` para crear la pantalla, para esto debemos de tener en cuenta que el objeto 3D pantalla que se desea crear debe de estar en el inventarios del script (Ver Figura 2.15). también la pantalla que recibe el resto, la que tiene un código para poder escuchar, en este caso se utilizó `llListen`, el cual permite que la pantalla escuche.

Script para la pantalla que escucha el clic.

```
// Almacena el ID de la pantalla creada
key pantalla_id = NULL_KEY; // Inicialmente no hay pantalla creada
// Canal de comunicación privado para evitar interferencias
integer communicationChannel = -12345; // Canal que usaremos para comunicarnos con
la pantalla
default
{
    state_entry()
    {
        // Configura el texto flotante
        llSetText("Haga clic para Prender/Apagar", <1, 1, 1>, 1.0); // Texto blanco, opacidad
1.0
    }

    touch_start(integer total_number)
    {
        // Si no hay pantalla ya generada
        if (pantalla_id == NULL_KEY)
        {
            // Posición donde se creará la pantalla relativa al objeto actual
            vector rezPosition = llGetPos() + <0.0, 0.3, 1>; // Posición a 1 metro delante y un
poco por encima del objeto original

            // Obtener la posición del avatar que hizo clic y su rotación
            vector avatarPos = llDetectedPos(0); //

            // Dirección desde el objeto hacia el avatar
            rotation facingRot = llEuler2Rot(<0.0, 0.0, 1.7>); // Calcular la rotación necesaria

            // Crear la pantalla en la posición especificada y pasar la rotación calculada
            llRezObject("JESPPantallaContenidoEcu", rezPosition, ZERO_VECTOR,
facingRot, communicationChannel);

        }
        else
        {

```

```

        llRegionSayTo(pantalla_id, communicationChannel, "delete"); // Enviar mensaje
al objeto rezeado para que se elimine
        pantalla_id = NULL_KEY; // Reiniciar la variable
    }
}

object_rez(key id)
{
    // Almacenar el ID del objeto rezado en `pantalla_id`
    pantalla_id = id;

}
}

```

Script para la pantalla que se crea.

integer communicationChannel = -12345; // Canal privado de comunicación con el objeto principal

```

default
{
    state_entry()
    {
        // Iniciar el listener para escuchar mensajes en el canal privado
        llListen(communicationChannel, "", NULL_KEY, "");
    }

    listen(integer channel, string name, key id, string message)
    {
        // Si recibimos el mensaje "delete", el objeto se elimina a sí mismo
        if (message == "delete")
        {

            llDie(); // Eliminarsse a sí mismo
        }
    }

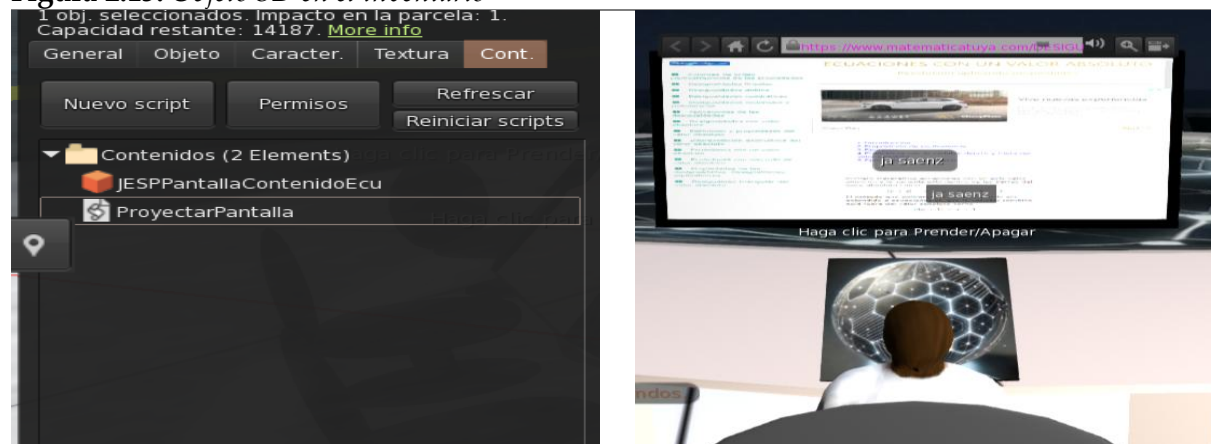
    on_rez(integer start_param)
    {
        // Iniciar el listener al ser rezeado para asegurar que escuche en el canal correcto
        llListen(communicationChannel, "", NULL_KEY, "");
    }
}

```

```
}  
}
```

A continuación, se observará el resultado del script en funcionamiento donde en la imagen (a) vemos que el objeto que se va a crear se encuentra en el inventario del script listo para su generación y por otro lado en la imagen (b) observamos como ya el objeto esta creado que permite la proyección de contenido visual, brindando al usuario una interfaz interactiva para navegar y visualizar información ver.

Figura 2.15. Objeto 3D en el inventario



a) Objeto 3D puesto en el inventario del script para ser creado. b) objeto creado a partir del script.

Nota. Resultado del proceso de creación y visualización de un objeto 3D a partir de un script.
Fuente: elaboración propia.

Ahora la funcionalidad del script de LSL que se va a presentar a continuación es poder mover un objeto de tipo esfera, controlando la posición en el eje X y mostrando el valor absoluto de su desplazamiento y el punto de origen sobre la recta numérica. Este código fue diseñado para desactivar la física del objeto, de modo que la esfera flote y no se vea afectada por la gravedad. Para moverla se debe presionar el clic en la esfera y moverla al soltar el clic la esfera vuelve a su posición inicial.

```
vector origin = <49.81222, 109.29331, 24.36539>; // Posición de inicio (posición original de la esfera)
```

```
float xPos; // Variable global para almacenar la posición X
```

```
default
```

```
{
```

```
    state_entry()
```

```
{
```

```
    // Desactiva la física para que la esfera flote y no se caiga
```

```
    llSetStatus(STATUS_PHYSICS, FALSE);
```

```
    llSetPos(origin); // Establecer la posición de inicio al comienzo
```

```
    llSetText("Valor absoluto: 0", <1, 1, 1>, 1.0); // Mostrar inicialmente el valor 0
```

```
}
```

```
touch_start(integer total_number)
```

```
{
```

```
    // Guardar la posición inicial para el cálculo del desplazamiento relativo
```

```
    origin = llGetPos();
```

```
}
```

```
touch(integer total_number)
```

```
{
```

```
    // Detectar el desplazamiento relativo sobre la superficie del objeto tocado
```

```
    vector grabOffset = llDetectedGrab(0); // Detectar el desplazamiento del clic y arrastre
```

```
    // Calcular la nueva posición X relativa al arrastre, sin restricciones
```

```
    xPos = origin.x + grabOffset.x; // El desplazamiento solo afecta la coordenada X
```

```
    // Mover la esfera solo en el eje X, manteniendo las coordenadas Y y Z actuales
```

```

    llSetPos(<xPos, llGetPos().y, llGetPos().z>);

    // Calcular el valor absoluto de la distancia desde el origen
    float abs_value = llFabs(xPos - origin.x); // Calcular la distancia desde la posición de
origen

    // Mostrar la distancia desde el origen (valor absoluto) como texto flotante sobre la
esfera
    llSetText("Valor absoluto: " + (string)abs_value, <1,1,1>, 1.0); // Texto blanco
}

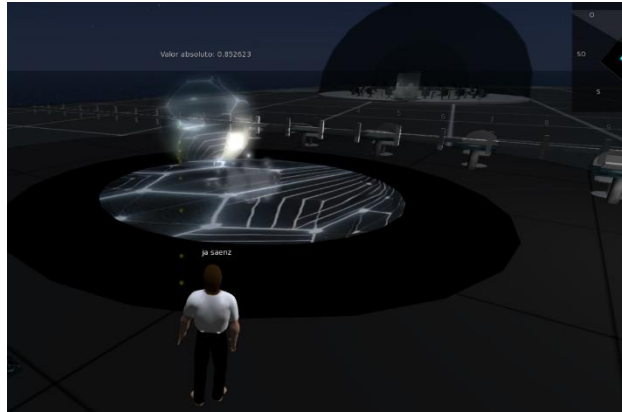
touch_end(integer total_number)
{
    // Cuando el usuario suelta la esfera, regresarla a la posición original exacta
    llSetPos(origin); // Devolver la esfera a la posición original

    // Restablecer el valor absoluto a 0 ya que vuelve al origen
    llSetText("Valor absoluto: 0", <1,1,1>, 1.0); // Texto blanco mostrando el valor cero
}
}

```

Para este ejemplo del script se crea primero el objeto de tipo esfera el cual va a interactuar con el usuario al dar clic y mantenerlo presionado, después se puede arrastrar para que la esfera diga cual es el valor absoluto, ya después de soltar la esfera regresará a su posición inicial.

Figura 2.16. Objeto 3D esfera del valor absoluto

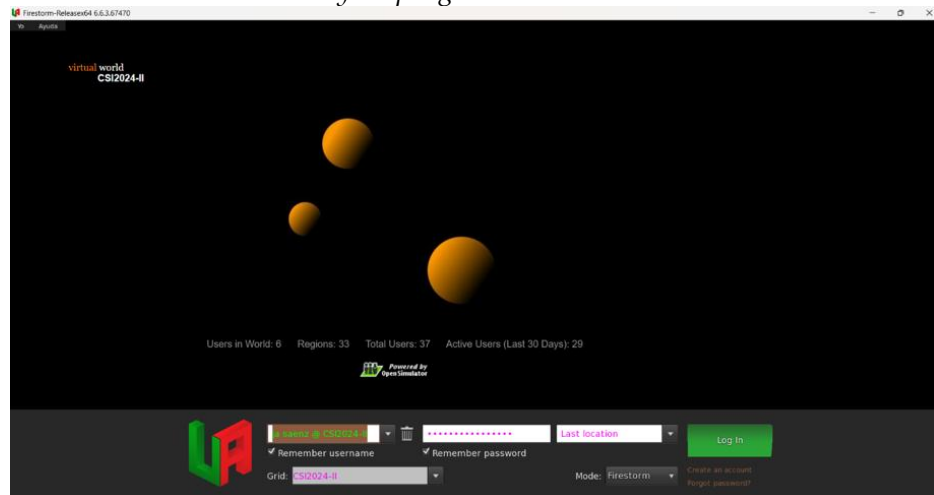


Nota. Objeto 3D interactivo para poder visualizar el valor absoluto de la esfera al ser movida en el eje X. Fuente: elaboración propia.

4.3. Resultados de la Fase de Evaluación.

En la fase evaluativa, como resultado se instaló y se hizo el despliegue del visor FireStorm junto con la configuración de acceso mediante usuarios y contraseñas asignadas. Esta etapa fue esencial para asegurar que todos los usuarios involucrados en el proyecto pudieran interactuar con la plataforma de manera adecuada y con los permisos necesarios (Figura 2.15).

Figura 2.17. Resultado de la instalación y despliegue del visor FireStorm



Nota. Este fue el resultado que se obtuvo en la instalación y despliegue del visor FireStorm. Fuente: elaboración propia.

En términos de diseño en el usuario, Shneiderman (2003) afirma que las tecnologías informáticas deben satisfacer las necesidades humanas, un principio clave en la evaluación de la usabilidad de “EduDomo”. El análisis de usabilidad se evidencio resultados positivos en cuanto a la eficiencia de facilidad de uso del entorno virtual 3D. los usuarios interactuaron con el entorno virtual de manera intuitiva lo que facilito la comprensión de las funciones características del entorno. Las pruebas que se hicieron de usabilidad permitieron además identificar mejoras en la interfaz logrando optimizar aspectos que promovieron una experiencia más fluida y agradable.

Mayer (2009) resalta que el aprendizaje en un entorno virtual de manera visual y multimedia facilita la comprensión de conceptos complejos lo cual apoya la estructura de los escenarios interactivos en el entorno virtual “EduDomo”.

Evaluación Heurística

El funcionamiento del entorno educativo fue evaluado mediante actividades específicas, destinadas a confirmar la estabilidad y confiabilidad del sistema bajo diferentes condiciones de uso, se aplicaron los 10 principios heurísticos de Nielsen (Alban Gladys et al., 2023, p.701.) . Ver tabla 2.8. la valoración fue a escala de 1 a 5 donde se solicitaron a 24 estudiantes de Ingeniería de sistemas con conocimientos avanzados en el desarrollo de ambientes virtuales 3D que se encargaran de evaluar bajo los principios mencionados. Los resultados indicaron que la plataforma operaba según los parámetros previstos, cumpliendo con los requerimientos técnicos y de diseño. Esto aseguró que los usuarios pudieran acceder a una experiencia educativa inmersiva, efectiva y alineada con los objetivos de aprendizaje del proyecto.

Tabla 2.8. *Tabla de principios heurísticos de Nielsen*

1. Visibilidad del estado de sistema.
2. Correspondencia entre el sistema y la realidad.
3. Libertad y control por parte del usuario.

4. Coherencia y estándares.
5. Prevención de errores.
6. Reconocimiento en lugar de recordar.
7. Flexibilidad y eficiencia de uso.
8. Diseño estético y minimalista.
9. Ayuda a reconocer y recuperarte de errores.
10. Ayuda y documentación.

Nota. Listado de los principios mencionados por Nielsen. Fuente: modificado de Alban Gladys et al. (2023, p.701.).

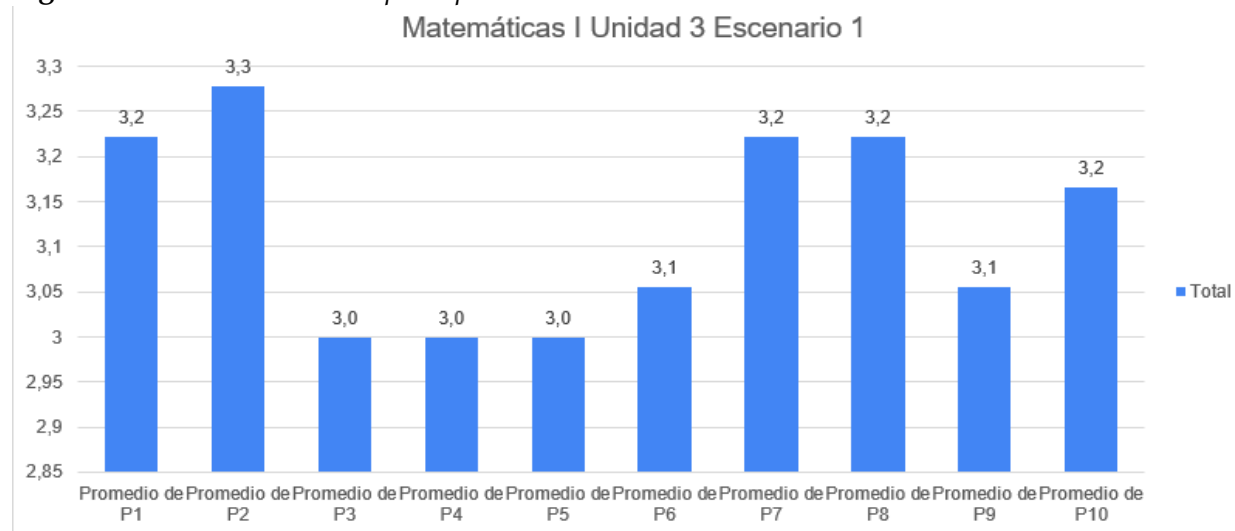
Seguidamente, se visualizan las gráficas resultado de la evaluación del entorno virtual 3D. donde se muestra el promedio de cada escenario y de cada uno de los principios de Nielsen para visualizar de una mejor forma los resultados obtenidos.

Como se puede ver en la figura 2.18 los valores del principio 1 tienen un promedio de 3.2 evidenciando las adversidades del acceso del estado en el escenario 1 esto evidencia una problemática. El principio dos con un promedio de 3.3 sien el mejor promedio de este escenario y percibido por los usuarios como un escenario que tiene elementos del mundo real, aunque le hace falta mejorar algunas texturas para asemejarse más a la realidad. Seguimos con los principios 3, 4 y 5 que obtuvieron la calificación más baja la cual fue de 3.0 donde los usuarios que tiene poco control con dentro del escenario 1 pero sin embargo por temas de seguridad es recomendable restringir algunas acciones dentro del mismo.

Por otro lado, también señalaron que en este escenario tiene pocos estándares y obteniendo una poca consistencia, también se evidencia la poca prevención de errores y donde los usuarios creen que realizan un menor reconocimiento antes que la memoria. El promedio de los principios 7, 8 y 10 fue de 3.2 donde los usuarios evidenciaron un valor bajo para la flexibilidad y eficiencia del escenario 1 siendo un valor poco significativo, en el principio 8 con el diseño estético y minimalista siendo bajo el valor

percibido por los usuarios como un escenario que se le debe mejorar las texturas y avanzar en mejor diseños estéticos y estables, también el principio 10 los usuarios percibieron que al escenario le hace falta más documentación y ayuda sobre cómo usar el escenario 1 por ultimo en el principio 9 con un promedio de 3.1 donde el usuario percibió que el escenario tenía poca percepción para ayudar a reconocer, recuperar y diagnosticar errores siendo una calificación baja.

Figura 2.18. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 1

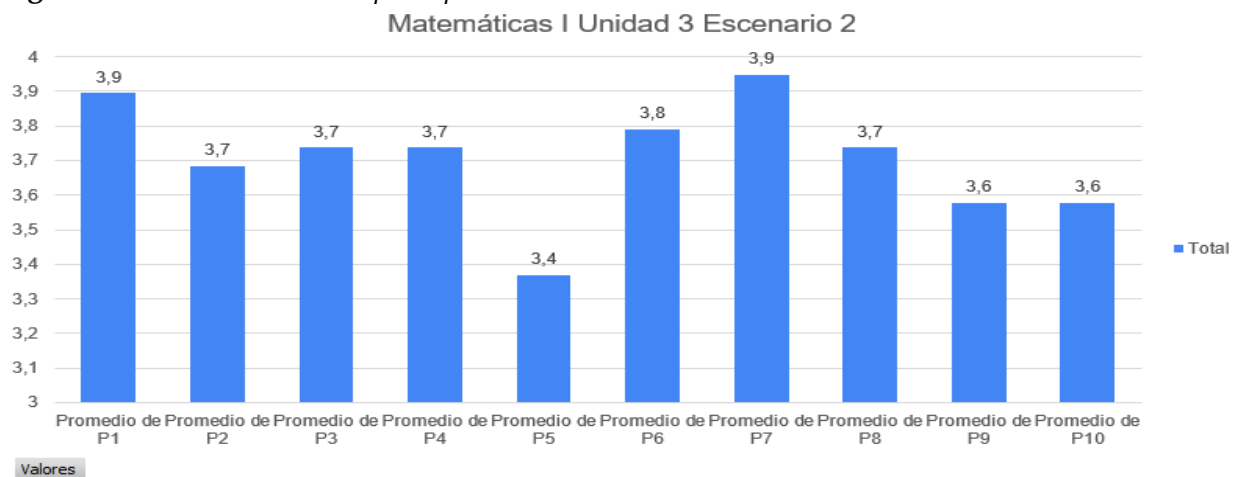


Nota. Resultados de la evaluación al escenario 1 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

En el análisis del escenario 2 en la figura 2.19 se observa un mejor comportamiento al anterior escenario donde se observan unas mejores calificaciones obteniendo un 3.9 en los principios 1 y 7 donde los usuarios decidieron que este escenario es accesible y que tiene más flexibilidad y es mucho más eficiente en el uso de los objetos interactivos del escenario. Por otro lado los principios 2, 3, 4 y 8 obtuvieron también una buena calificación por parte de los usuarios siendo de 3.7 donde la correspondencia entre el escenario y la realidad es alta donde este escenario cuenta con objetos del mundo real, también el usuario mencionó que el escenario tiene buena libertad y control aunque dijeron que tenían algunas restricciones pero son necesarias para el buen funcionamiento del sistema, luego mencionaron que el escenario es consistente y tiene buenos estándares

por último el escenario dieron también buena calificación al diseño minimalista de este escenario pero recalcando que se pueden mejorar algunas texturas para hacerlo más minimalista. Seguidamente el principio cinco, fue la calificación más baja en esta ronda donde los usuarios dijeron que el escenario logra tener un control de prevención de errores. El principio 6 fue también uno de los más altos donde los usuarios creen que realizan un reconocimiento antes que la memoria. Por último, tenemos los principios 9 y 10 con un promedio de 3.6 donde el escenario ayuda a los usuarios a reconocer y recuperar los errores y tiene buena ayuda y documentación de lo que hace el escenario.

Figura 2.19. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 2

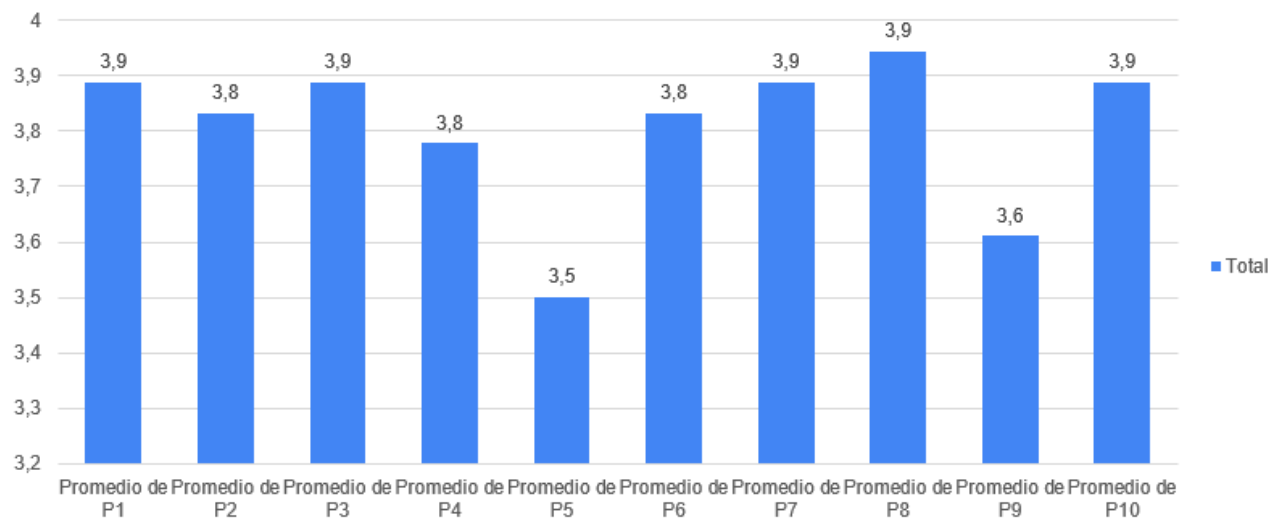


Nota. Resultados de la evaluación al escenario 2 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

Seguidamente en la figura 2.20 vamos a evidenciar los resultados de los 10 principios de Nielsen acá vemos una mejora significativa a los escenarios anteriores teniendo un promedio en los principios por encima de 3.5. Ahora se empieza a explicar la descripción con los promedios más altos, el principio 1,3,7,8,10 se observa que el promedio general es de 3.9 donde se evidencia que los usuarios en este escenario lograron acceder sin dificultades como también se visualizó la correspondencia con la realidad donde el usuario observó que los objetos tenían relación con la realidad, también le dieron el valor significativo a la flexibilidad el escenario, en el principio 8 los usuarios dijeron que el

escenario tiene un buen diseño estético y muy minimalista, por otro lado tenemos los principio 2,4,6 con un promedio igual que es de 3.8 donde los usuarios consideraron en que el escenario está relacionado con el mundo real, cumpliendo con estándares y una buena coherencia decidiendo que en este escenario reconocen antes de recordar, en el principio 9 dicen que el escenario 3 le hace falta un poca ayudar y reconocer los errores por último el principio 5 es el principio con promedio más bajo el cual indica que cuenta con un control prevención de errores.

Figura 2.20. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 3

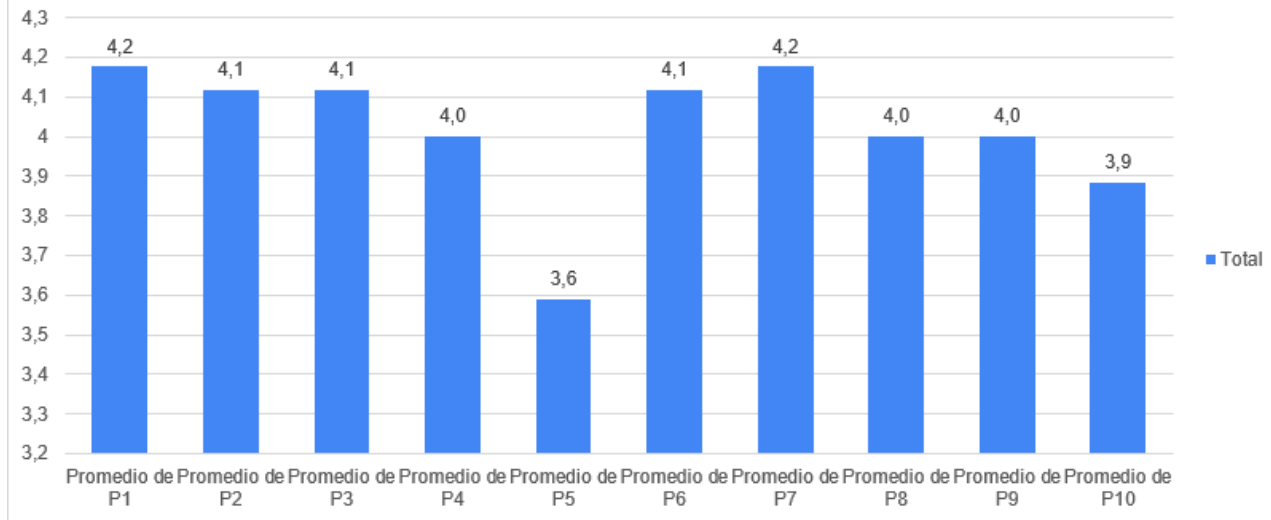


Nota. Resultados de la evaluación al escenario 3 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

En la figura 2.21 podremos ver los resultados de la calificación del escenario 4 que es el mejor escenario calificados obteniendo un promedio en general de 4.0. el promedio de los principios 1 y 7 es de 4.2 donde los usuarios no tuvieron casi nada de dificultad al entrar al escenario y dando un a la flexibilidad y eficiencia de uso un buen puntaje. Por otro lado, los principios 2,3,6 tiene un puntaje de 4.1 indicando los usuarios que el escenario tiene coincidencia con el mundo real, cuenta con un buen porcentaje de control total por parte del usuario e indicaron que reconocen en lugar de recordar. El promedio de los principios 4,8 y 9 es de 4.0 donde los usuarios están de acuerdo en que el escenario 4 cuenta con una buena coherencia y estándares, como también un buen diseño

minimalista logrando captar su atención y también ayudando a reconocer los errores y como recuperarse de ellos. Por últimos tenemos que el principio 10 tiene un promedio de 3.9 indicando que el escenario tiene buena documentación y el principio 5 que es el más bajito es que de 3,6 el cual indica que el escenario cuenta con poca prevención de errores.

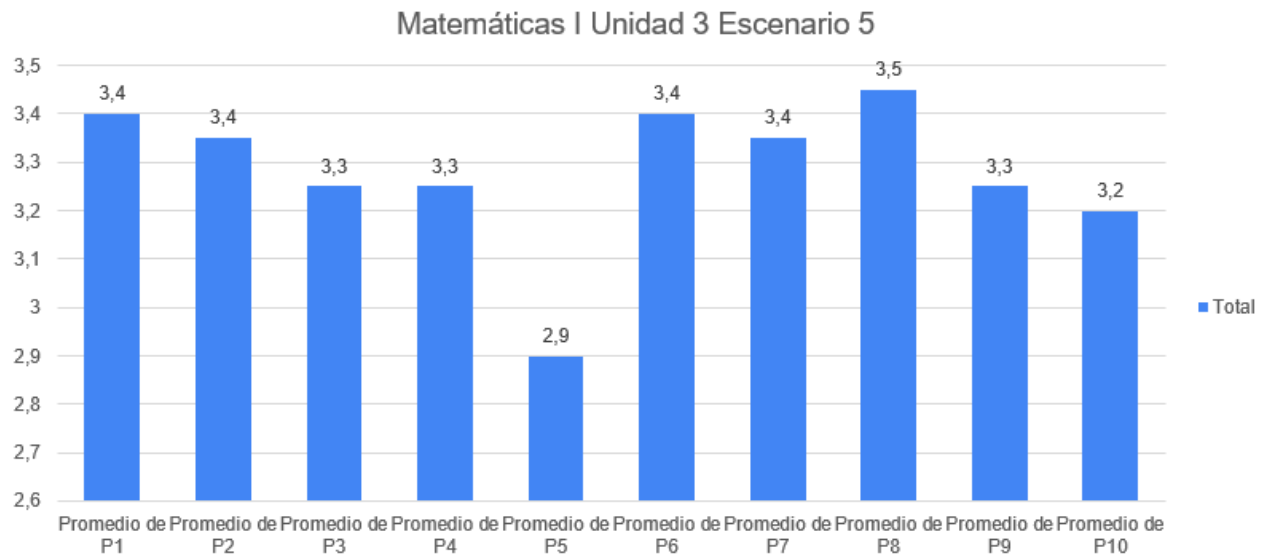
Figura 2.21. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 4



Nota. Resultados de la evaluación al escenario 4 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

En la figura 2.22 se observa el resultado de la evaluación del 5 escenario ya vimos otra vez una evaluación muy baja, pero manteniéndose en buen promedio el cual oscila entre un 3.0 a un 3.5. el promedio de los principios 1, 2, 6,7 es de 3.4 lo cual indica que el escenario 5 tiene un poco de dificultad de acceso, también tiene coincidencia con el mundo real, los usuarios indican que reconocen el lugar antes de recordarlo y que el escenario tiene un valor bajo en la flexibilidad y eficiencia de uso. Por otro lado, el promedio de los principios 3, 4, 9 es de 3.3 el cual los usuarios dicen que tiene poca libertad de uso en este escenario, pero es para prevenir errores, cuentan que también tiene poca coherencia con los estándares y que no ayuda a reconocer los errores. Ahora con el principio 5 es el principio más bajo el cual es de 2.9 lo que indica que el escenario previene muy poco los errores y por último tenemos el principio 10 que es de 3.2 lo que indica que el escenario 5 tiene documentación y la ayuda necesaria.

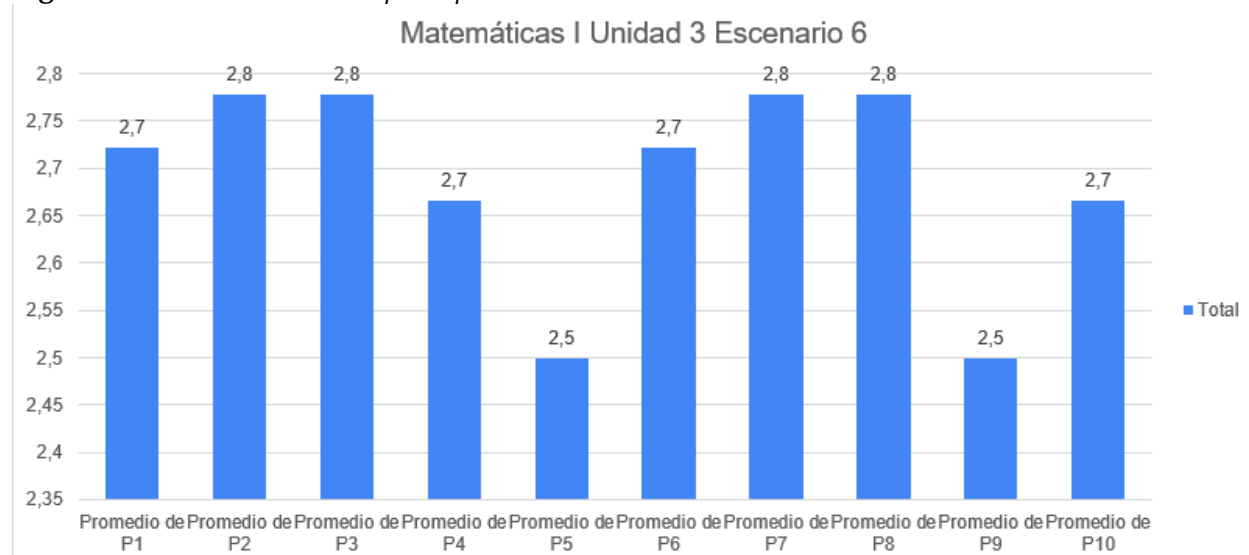
Figura 2.22. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 5



Nota. Resultados de la evaluación al escenario 5 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

En la figura 2.23 encontraremos los resultados de la evaluación del escenario 6 este es el escenario con la calificación más baja debido a que en el momento de su calificación no estaba terminado en su totalidad, el promedio de los principios 1, 4, 6,10 es de 2.7 lo cual indica que el escenario 6 tiene dificultad de acceso, los usuarios indican que no tiene coherencia ni estándares, los usuarios indican que reconocen el lugar antes de recordarlo muy poco y que el escenario no tiene muy buena documentación. Por otro lado, el promedio de los principios 2, 3, 7, y 8 es de 2.8 el cual los usuarios dicen que tiene poca coincidencia con el mundo real, además, no tiene control total ya que no hace casi nada el escenario y muy poca flexibilidad y eficiencia de uso, cuenta con un diseño estético y minimalista, pero se podría mejorar con texturas más minimalistas. Por ultimo los principios de 5 y 9 son el promedio más bajo de este escenario es cual es de 2.5 lo que indica que el escenario no cuenta con una buena prevención de errores y no ayuda a reconocerlo ni recuperarlos.

Figura 2.23. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 6



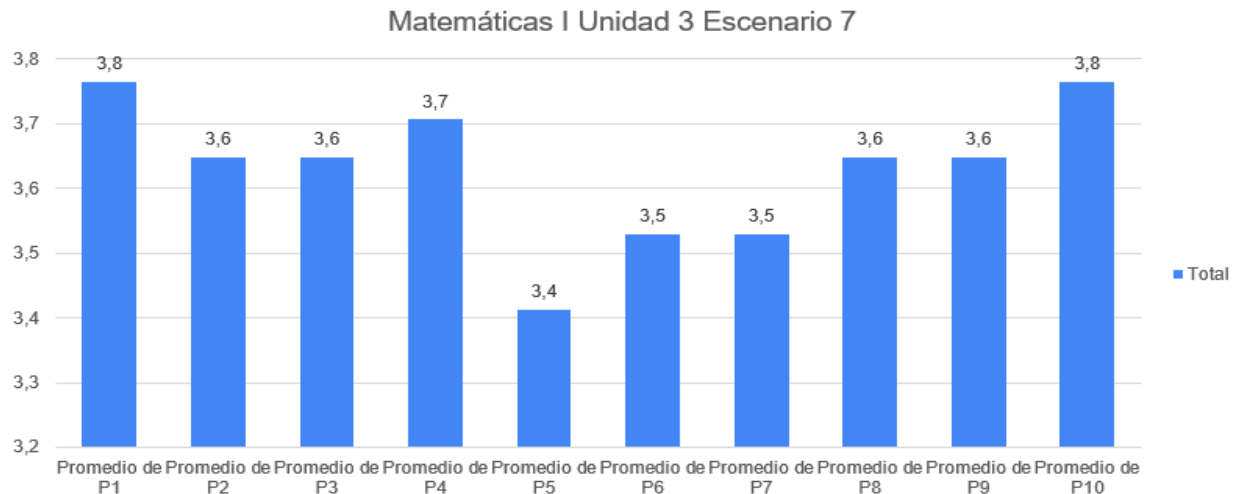
Nota. Resultados de la evaluación al escenario 6 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia

La Figura 2.24 muestra los resultados de la evaluación del escenario 7, y en general se observa que este escenario tuvo un desempeño bastante positivo en comparación con el escenario 6. Los principios 1 y 10, que reflejan la visibilidad del estado del escenario y la disponibilidad de ayuda y documentación, alcanzaron un promedio de 3.8, lo cual indica que los usuarios valoran la claridad y accesibilidad que ofrece el escenario, ayudándoles a comprender mejor su interacción con el entorno. Los principios 2,3,8 y 9 obtuvieron una clasificación de 3.6 lo que sugiere que el escenario presenta una buena correspondencia con el mundo real y mantiene un nivel de consistencia en los estándares de diseño. Además, el estilo estético se percibe como adecuado, aunque algunos usuarios creen que podría hacerse un poco más inmersivo con mejoras visuales adicionales. El promedio más bajo fue de 3.4 donde se puede observar en el principio 5 que está relacionado con la prevención de errores. Esto indica que los usuarios sienten que el sistema podría mejorar en cuanto a evitar posibles fallos o anticipar los errores antes de que ocurran.

Por otro lado, los principios 6 y 7 tienen un promedio de 3.5, lo cual señala una flexibilidad y eficiencia en el uso aceptables, aunque algunos usuarios consideran que el

entorno podría optimizarse para que la navegación y la interacción sean aún más rápidas y sencillas.

Figura 2.24. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 7



Nota. Resultados de la evaluación al escenario 7 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

En la fase de análisis se pudo evidenciar una comprensión detallada de las necesidades de los estudiantes y los requerimientos específicos del entorno virtual 3D, esto ayudo a garantizar que los objetivos de aprender y de las expectativas de los usuarios finales se alinearon con las funcionalidades de la plataforma, también ayudo a facilitar un diseño adecuado y centrado en el usuario.

La recopilación de los requisitos en las entrevistas identifica las características del entorno interactivo con un enfoque esencial para garantizar que cumpla con los objetivos educativos del programa y se pueda adaptar a los requisitos de aprendizaje de Matemáticas 1.

En la fase de diseño e implementación con un enfoque de diseño modular y uso de diagramas de clases y casos de uso se garantiza la coherencia y funcionalidad de cada elemento de la entrono virtual 3D, lo cual permite diseñar escenarios virtuales de manera estructurada y eficiente brindando a los usuarios una experiencia educativa fluida.

Con la ayuda de la creación de los bocetos iniciales a partir de inteligencia artificial facilito mucho la organización del entorno virtual ayudando así a que el espacio “EduDomo” fuera visiblemente atractivo y funcional. Estos elementos contribuyeron a una mayoría motivación y entendimiento al presentar los temas de maneja accesible y directa.

La evaluación de la plataforma 3D demostró que el entorno educativo es fácil de usar y cumple con las expectativas de los usuarios. Las pruebas de usabilidad resaltaron la eficiencia de la plataforma, permitiendo a los estudiantes interactuar de forma intuitiva y acceder a contenido educativo de manera accesible y directa. Para concluir con la evaluación heurística de los escenarios del entorno 3D “EduDomo” muestra cuales tienen un diseño completo y accesible como lo es el escenario 4 el cual es el que recibe las mejores calificaciones en usabilidad y experiencia del usuario, mientras que los escenarios con menor calificaciones como el escenario 6 el cual presenta algunos problemas de usabilidad, accesibilidad y prevención de errores. Esto logra resaltar la importancia de una buena estructura como también de una buena documentación para lograr mejorar la experiencia de usuario y un buen entorno educativo efectivo.

6. Referencias Bibliográficas

- Alban, G., Ivana, H., Javier, D., & Alban, C. G. (2023.). La usabilidad en portales gubernamentales del Ecuador: Perspectivas de satisfacción de usuario por parte de los adultos mayores.
- Bustos, L. S., Sarria, R. D. E., Rojas, E. E. M., & Lopera, J. E. P. (2024). Del aula tradicional hacia los metaversos: una revisión de literatura. *Academia Y Virtualidad*, 17(1), 71-86.
- Carrizo, D. (2022). Estudio empírico de la percepción sobre técnicas de educación de requisitos software. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 30(4), 626-634.
- Dingsøyr, T., & Dybå, T. (2012). Team effectiveness in software development: Human and cooperative aspects in team effectiveness models and priorities. *Information and Software Technology*, 54(8), 778-790. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2011.12.004>
- Fowler, M., & Highsmith, J. (2001). The Agile Manifesto. *Software Development Magazine*, 9(8), 28-35. Disponible en <https://agilemanifesto.org/>.
- Hadad, G. D., Doorn, J. H., & Elizalde, M. C. (2024, May). Estudio de la Percepción de Ingenieros de Requisitos al Entrevistar y Modelar. In *Congresso Ibero-Americano em Engenharia de Software (CIBSE)* (pp. 16-30). SBC.
- Kelleher, J., & Pausch, R. (2007). Lessons learned from designing a programming system to support middle school girls creating animated stories. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 687-696. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240742>
- Lozano, L. S., Laudith, C., Camargo, C., Candamil, A., Asesora, M., Carolina, S., & Villamarín, B. (2024). Una herramienta interactiva para el aprendizaje de la educación ritmo musical.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Morales-Carrillo, J., Cedeño-Valarezo, L., Bravo, J. S. C., & Calderón, J. G. O. (2022). Metodologías de desarrollo de software y su ámbito de aplicación: Una revisión sistemática. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E47), 29-45.
- Ovalle, M. T. O. (2026). Tendencias actuales en metodologías de desarrollo de software: una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 10(2), 2233-2250.
- Penadés, Patricio Letelier y M^a Carmen. 2009. Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2009.
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering* (9th ed.). Pearson
- Tellez, Gabriel. 2012. *XP Practices: A Successful Tool for Increasing and Transferring Practical Knowledge in Short-Life Software Development Projects*. 2012.
- Velasco, M. M. B., Calderón, S. A. B., Togra, M. D. C. C., & Gavilanes, X. P. B. (2024). Entornos virtuales de aprendizaje: Innovación y desafíos en la educación contemporánea. *Revista Imaginario Social*, 7(4).

CAPÍTULO 3

Construcción de un escenario virtual 3D de Series Infinitas en el 'UdlaVerso'



ENTORNO
3D



APRENDIZAJE
INMERSIVO



VISUALIZACIÓN
MATEMÁTICA



EXPLORACIÓN
VIRTUAL

Capítulo 3.

Construcción de un Escenario Virtual 3D de Series Infinitas en el “UdlaVerso”.

Cristhian Felipe De las Salas Falla⁷,
Heriberto Fernando Vargas Losada⁸
Lubeimar Eduardo Gallego Ruiz⁹

⁷ Estudiante del programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo: c.delassalas@udla.edu.co.

⁸ Docente tiempo Completo del programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo: heri.vargas@udla.edu.co

⁹ Docente tiempo Completo del programa de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, correo: l.gallego@udla.edu.co

1. Resumen

La enseñanza de cálculo integral es compleja, suele exhibir dificultades para los estudiantes, regularmente en la concepción de temas teóricos los cuales demandan visualización y practica constante. La insuficiencia de metodologías transformadoras que dan paso a la interactividad e inmersión ha promovido la explotación de tecnologías de alta calidad en cuanto a la realidad virtual (VR) y los entornos 3D. Este trabajo está encaminado a facilitar el aprendizaje de estos temas mediante maniobras inmersas que hacen los conceptos difíciles más accesibles. La principal metodología utilizada fue la XP, la cual tiene un enfoque ágil, permitiendo adaptar de manera rápida y efectiva los requerimientos específicos del proyecto. Durante la primera fase se lograron identificar las necesidades educativas.

La fase de diseño incorporó principios fundamentales de POO, los cuales contribuyeron a la creación de escenarios organizados y estructurados. Finalmente, en la última etapa se enlazaron los componentes en un entorno funcional los cuales permitieron una experiencia eficaz y duradera, lo cual aseguro la experiencia de alta calidad. Ahora bien, el Udlaverso demostró ser un instrumento efectivo para la adquisición de conocimiento, la combinación de varios elementos ayudo a una mejor comprensión. Los proyectos como trabajos futuros deberían enfocarse en trabajar con tecnologías innovadoras, las cuales facilitan y brindan un enfoque futurista, proporcionando experiencias llamativas, donde se asegura un impacto elegante sobre los métodos tradicionales.

2. Introducción

Según Arteaga-Alcívar, et al (2022) la tecnología ha dado un paso importante, donde en casi todos los campos académicos está siendo utilizada, la cual brinda una técnica significativa para apoyar la adquisición y aprendizaje del conocimiento, donde la educación tradicional no es suficiente para abarcar cada uno de lo requerido en los campos de estudio, esto con el objetivo de tomar medidas para que los estudiantes

desarrollen habilidades y se preparen para las carreras del siglo. La calidad en la educación en las áreas internacionales determina el bajo índice en el que se localizan los estudiantes en el área de las matemáticas, partiendo del conocimiento con el que cuentan y los más recientes logros característicos se evidencia un caso de éxito mayor con apoyo de la realidad aumentada (Escobar, 2024). Partiendo de lo anterior es importante mencionar que cada una de las tecnologías innovadoras contribuyen al crecimiento personal y académico de los estudiantes.

La urgencia de elaborar este módulo empieza de la necesidad que enfrentan los estudiantes al pretender visualizar y emplear conceptos en un contexto real. El proyecto busca hacer mucho más accesible la enseñanza de cálculo integral, ayudando a la comprensión de temas como las series convergentes y divergentes, la iniciativa parte de un enfoque práctico y llamativo los cuales se apoyan en entornos 3D, donde podrían contribuir enormemente a asimilar conceptos complejos.

Los resultados que se obtuvieron indican que el uso de los entornos virtuales contribuye claramente en la comprensión de conceptos abstractos de las matemáticas avanzadas. Según Esteve Mon, et al (2014) los mundos virtuales 3D, son entidades en línea las cuales aparentan espacios del mundo real tridimensionales, esto permite a través de los avatares la interacción de los usuarios entre sí y el espacio, donde se puede manejar, organizar, y reemplazar objetos del mundo. El proyecto brinda una plataforma práctica, lo que lleva a pensar en una comprensión más profunda y duradera de los temas abordados.

El módulo en el Udlaverso se representa como una alternativa educativa reveladora para la enseñanza de cálculo integral. Al complementar los conceptos teóricos con tecnologías futuristas, el proyecto permite mejorar la comprensión de teoría básica, prometiendo un estilo educativo efectivo y contribuyente que se adapta a los nuevos cambios y necesidades que se presentan a través del tiempo. Este desarrollo planta un

precedente en la construcción de entornos virtuales, mostrando todo el potencial de las nuevas tecnologías para la educación superior.

3. Materiales y Métodos

La metodología utilizada fue la XP, la cual está enfocada en proseguir con algunas prácticas que se usaron tradicionalmente y las cuales son llevadas a un máximo, de ahí proviene su nombre. Con el fin de encontrar las mejores alternativas de desarrollo de software y con soportes bien fundamentados en la ingeniería de software, dicha técnica nos resalta diversos valores de los métodos ágiles, los cuales se fundamenta en la constante interacción entre el líder del proyecto y el cliente, donde la intervención clara entre todos los copartícipes es importante, de igual manera la espontaneidad en la busca de soluciones efectuadas y la audacia para saber sobrellevar los cambios que se presenten (Nuñez, 2011).

Ahora bien, observando la sensación de los distintos universos virtuales y la continua aplicación en las TIC en el ámbito educativo, se volvió necesario indagar y valorar cuales eran las características que contribuían a la adquisición de conocimiento a través de estos innovadores recursos. Se vio la necesidad de aplicar estas nuevas formas divertidas y maniobras pedagógicas en los procesos de enseñanza para que esos usuarios digitales sean atraídos y hagan parte de la transformación (Huertas & Ortiz, 2015).

La agregación de los mecanismos y técnicas informáticas, en el proceso de aprendizaje y enseñanza en la educación superior es una insuficiencia que se ve en la actualidad, lo cual apunta a que es un proceso independiente que mantiene una comprensión acentuada de la realidad y del autoconocimiento para la correcta retención del conocimiento (Rodríguez & Barragán, 2017).

Es importante recalcar que la obtención del conocimiento del área de las matemáticas a través de los años ha sido un poco compleja, más aún cuando no es de manera interactiva y se vuelve a través de los años enojosa. En el estudio y la enseñanza de las series infinitas, existe la creencia de que una serie es convergente cuando su término

general forma una sucesión monótona decreciente. Sin embargo, sabemos que esto no siempre es cierto, ya que solo se cumple en algunas series infinitas que presentan dicha característica. En estos casos, el término general de la serie es monótono decreciente, lo que lleva a suponer erróneamente que se puede determinar la suma total de la serie infinita basándose en la intuición o experiencia común, en lugar de emplear fundamentos matemáticos precisos (Ortega Arcega et al., 2023).

3.1. Fase de Planificación

Una vez establecida la unidad temática, nos sumergimos en un análisis profundo del contenido para dominar el tema a fondo. Con el fin de mantener la atención y optimizar el tiempo, decidimos formular un conjunto de preguntas concisas y directas. Para cada una de las investigaciones es inevitable cumplir con la fase de recolección de información, siendo así un avance primordial para lograr el éxito en cuanto a la obtención de los datos, el correcto uso de la recolección y saber escoger el instrumento acorde es una actividad que todo investigador debe de entender y dominar (Hernandez Mendoza & Duana Avila, 2020). Un ingeniero de software, en su rol de asesor, nos guio en la elección de la herramienta más adecuada para recopilar la información, la entrevista resultó ser una conversación fluida y eficiente, gracias al amplio conocimiento del entrevistado sobre el tema. La transcripción fue sencilla, pues las preguntas precisas nos permitieron extraer conclusiones claras y pertinentes para el proyecto.

Tras analizar detenidamente las respuestas, nos dedicamos a elaborar los requisitos funcionales. El equipo de desarrollo se centró en identificar los aspectos más relevantes y en presentarlos de manera clara y concisa, buscando siempre la simplicidad sin comprometer la eficacia. Nuestro objetivo principal era asegurar que los usuarios del Udlaverso pudieran comprender fácilmente los contenidos. Luego del análisis donde se estructuraba la cantidad y la calidad en las preguntas para la obtención de la información, la tabla 3.1 presenta cuales fueron dichos elementos que servirían como guía para el desarrollo en el Udlaverso. Esta clase de preguntas busca obtener una visión clara y

precisa de cuáles serían los elementos funcionales, de igual manera para asegurar que cada fase este organizada con las obligaciones del usuario, manteniendo la usabilidad como principal eje.

Tabla 3.1. Tabla de Preguntas.

Preguntas
Cómo cree que el uso del UdlaVerso puede contribuir tanto al aprendizaje del docente como del estudiante
Qué tipo de actividades dinámicas o interactivas le llamaría la atención ver en un escenario virtual para fortalecer el aprendizaje
Cuáles son las expectativas que tiene sobre el impacto que el UdlaVerso podría tener en el aprendizaje a largo plazo de sus estudiantes
Qué características del UdlaVerso le parecen más importantes para mantener a los estudiantes motivados y comprometidos
Cómo cree que la interacción en un escenario virtual puede ayudar a los usuarios a comprender mejor los conceptos de convergencia en series infinitas

Nota. Listado de preguntas claves formuladas para identificar y definir los requisitos del sistema, fundamentales para comprender las necesidades del usuario y asegurar que se cubrieran todos los aspectos funcionales, se aclara que fueron en total 15 preguntas. Fuente: elaboración propia.

3.2. Fase de Diseño

Según Calvillo Arbizu (2018) la POO representa una innovación primordial en la manera de crear el desarrollo de software, el cual nos permite observar y estructurar el código de una manera más próxima a como lo recibimos del mundo real, el cual modela las unidades del programa como objetos con sus específicas características y procedimientos. Durante la elaboración de la fase de diseño se contempló el concepto de paradigma orientado a objetos, lo que permitió distribuir organizadamente el sistema con base a las entidades que representan objetos del mundo real con este enfoque, fue posible identificar las funcionalidades del sistema, lo cual aseguró un diseño modular y escalable. Cada objeto fue diseñado y definido con sus atributos y métodos donde se incorporaba cada una de sus particularidades y funcionalidades.

Se identificaron los casos de uso junto con los actores adecuados para la elaboración de los escenarios. En su mayoría, se incluyó al actor usuario, quien interactúa en cada uno de los espacios. Los casos de uso concretaron las interacciones fundamentales entre los actores y el sistema, permitiendo evidenciar los contenidos temáticos, interactivos y las evaluaciones de los usuarios.

En la definición y especificación de los casos de uso, se detallaron los pasos o movimientos necesarios para su correcta ejecución. Se establecieron los flujos primordiales y alternativos de cada interacción, junto con las condiciones y precondiciones, asegurando una correcta interacción del usuario con el sistema. Además, se diseñaron y ejecutaron los diagramas de clase requeridos, los cuales representaban la estructura lógica. Se lograron identificar las principales clases, junto con sus métodos y atributos, y cómo estarían relacionadas entre ellas. Esto permitió asegurar que cada interacción fuera coherente con los casos de uso establecidos.

El diagrama de despliegue es una representación que está estructurada donde se evidencia cual es la arquitectura del sistema desde el punto de vista del despliegue de cada uno de los artefactos del software, estos incorporan cuales son los componentes determinados en el mundo real del cual se esperan los resultados a un proceso de desarrollo (Ramírez Jiménez et al., 2024).

Se creó un diagrama que ilustraba la constitución de los componentes del visor FireStorm, donde serían diseñados los escenarios correspondientes para el proyecto. Una vez diseñados y estructurados los elementos y componentes necesarios para la elaboración del sistema, se llevó a cabo una etapa de validación, durante esta fase se recibieron comentarios y mejoras sobre la usabilidad del sistema, la claridad con la que se manejarían los escenarios educativos y las funcionalidades de las interacciones del usuario dentro del entorno virtual. Estas validaciones sirvieron como métricas para ajustar el diseño, alineándolo mejor con las expectativas y necesidades de los usuarios finales, mejorando así la efectividad del sistema en el proceso educativo.

3.3. Fase de Construcción

El primer paso para la construcción fue la elaboración de bosquejos iniciales, los cuales fueron presentados en primera instancia en hojas de papel y a mano. Estos bocetos eran sumamente generales y no permitían establecer ni conocer cómo estarían interactuando los objetos principales. Teniendo esto en cuenta y con el fin de mejorar las condiciones técnicas y estructurales del proyecto, el ingeniero de software que estaba guiando el proceso tomó la decisión de utilizar una de las herramientas más poderosas en la actualidad que es la inteligencia artificial. La inteligencia artificial se define como la capacidad de los computadores para realizar acciones que regularmente necesitan de la inteligencia humana (Ramírez Alvarado, 2025). Contando con la IA como apoyo, se procedió a crear los Prompts concretos y específicos en los que se detallaban los requisitos de las imágenes para su eficaz visualización los diseños obtenidos fueron una ayuda importante y un paso fundamental para la elaboración de los bocetos.

Para poder utilizar el Udlaverso, que es el entorno virtual, fue necesario llevar a cabo la instalación de un archivo ejecutable llamado "UA3D-Viewer.exe". Una vez instalado, se configuraron las rutas necesarias para acceder, y se suministraron las credenciales asignadas por los administradores del servidor, quienes forman parte fundamental del proyecto al brindar soporte diario.

Después de recibir las indicaciones y comentarios de apoyo, se procedió a montar y construir el primer escenario. En este caso, el primer paso fue la creación de una base sólida sobre la cual se situó el edificio en general, luego de crear esta base, se construyó la estructura del primer piso, donde se encuentra la entrada principal junto con las paredes que forman parte de ella, posteriormente, tras haber creado el armazón, surgió la necesidad de diseñar los objetos principales para ese primer piso. El objeto primordial fue la Tierra, y a partir de este elemento se desarrollaron y ejecutaron las demás obras.

Técnica de evaluación heurística: De acuerdo con (Chanchi et al. p343, 2019) las técnicas de evaluación se fundamentan en diez principios elementales, el primero de ellos es la Visibilidad del estado del sistema; seguidamente el denominado Lenguaje de los usuarios. A continuación, se recalcan el Control y libertad de usuario; así como la Consistencia y los estándares; Ayuda a los usuarios para el reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores es otro de los principios fundamentales de Nielsen; Así mismo la Prevención de errores; Reconocimiento antes que cancelación; Flexibilidad y eficacia de uso; finalmente el Diseño estético y minimalista en conjunto con la; Ayuda y documentación.

Grupo de estudio: Se formó un equipo de estudiantes de la carrera de ingeniería de sistemas con alto volumen de experiencia en el desarrollo de entornos 3D, los cuales se encargaron de valorar cada uno de los escenarios de la aplicación “Construcción de un escenario virtual de Series Infinitas en el “Udlaverso”, aplicando los principios de usabilidad propuestos por Nielsen, previamente descritos.

Herramientas: Se diseñó un formulario en Google Forms que incluía cada uno de los escenarios de la aplicación, la cual permitía evaluar los principios de Nielsen por medio de una escala de valoración de 1 a 5, donde el 1 representaba un desempeño insuficiente y 5 un trabajo sobresaliente. Los escenarios fueron analizados de manera individual como colectiva, donde se considera el total de las evaluaciones realizadas por el grupo de estudio.

4. Resultados

El objetivo principal de este apartado es documentar los resultados conseguidos en cada una de las fases de planificación, diseño y construcción del entorno virtual 3D en el Udlaverso. Dicho ambiente está encaminado a otorgar facilidad en la enseñanza y aprendizaje de conceptos complejos de cálculo integral, que pertenecen a la asignatura Matemáticas II de ingeniería de sistemas, por medio de prácticas interactivas y visualmente inmersas.

4.1. Resultados de la Fase de Planificación

La entrevista exteriorizo que los expertos reconocen que el Udlaverso es una herramienta prometedora para fortalecer y perfeccionar el aprendizaje de conceptos complejos en matemáticas avanzadas. Se enfatizo como los usuarios pueden observar en tiempo real la conducta de los elementos de las series infinitas, entendiendo el conjunto de términos de una manera tangible. Se guarda la esperanza que esta inmersión en temas de cálculo integral complicados mediante objetos visuales e interactivos fomente el aprendizaje tanto en docentes como en estudiantes, convirtiendo la preocupación en experiencias visuales y comprensibles.

Tabla 3.2. Tabla de Respuestas.

Respuestas
UdlaVerso tiene el potencial de enriquecer el aprendizaje al permitir una inmersión total en conceptos matemáticos que, normalmente, son difíciles de visualizar. Por ejemplo, la forma en que los estudiantes pueden observar cómo los términos de una serie se suman mientras interactúan con el entorno puede cambiar completamente su percepción de conceptos teóricos. Al explorar, por ejemplo, la aparición de ciertos elementos, tanto estudiantes como docentes pueden desarrollar una comprensión más profunda de los conceptos.
Actividades donde los estudiantes puedan explorar y manipular directamente los elementos serían ideales. Por ejemplo, interactuar con un entorno donde elementos aparecen progresivamente, ilustrando el crecimiento de una serie, podría hacer que conceptos abstractos como la convergencia y divergencia se entiendan de forma más intuitiva y dinámica.
Espero que el UdlaVerso permita a los estudiantes visualizar y aplicar conceptos matemáticos de manera profunda y duradera. Escenarios como el de las estrellas en la órbita de la Tierra pueden ayudar a entender mejores conceptos como series divergentes y mejorar la retención a largo plazo.
La interactividad y la visualización atractiva son clave. Características como un bosque donde aparecen o brotan árboles donde se representen términos positivos pueden mantener a los estudiantes motivados al ofrecer una experiencia de aprendizaje inmersiva y participativa.
Interesante, lo que planteo es un escenario donde aparezcan satélites en la órbita de la Tierra, esto podría ser un ejemplo claro para representar una serie convergente, los satélites se irían sumando de manera controlada hasta alcanzar un número finito, donde no crecería indefinidamente.
...

Nota. Listado de respuestas donde se identificó cuáles serían los requerimientos del sistema y donde se entendían las necesidades del usuario, al igual que las preguntas fueron en total 15 respuestas. Fuente: elaboración propia.

En general, los resultados alcanzados a partir de la entrevista recalcan la posibilidad y el impacto innegable de un escenario virtual en la experiencia de conceptos matemáticos complejos. Además, se comprobaron los desafíos académicos y técnicos que guían el diseño de acciones adaptativas, valoraciones urgentes y recursos visuales de refuerzo, los cuales engrandecen el paso de la enseñanza y aprendizaje.

4.2. Resultado de la Fase de Diseño

La fase de diseño se enfocó en definir y organizar todas las funcionalidades del sistema teniendo en cuenta la POO, se tuvieron en cuenta todas y cada una de las respuestas que previamente se recogieron para construir los requerimientos, de igual manera esta etapa contribuyo para detallar las condiciones técnicas y de interacción que hacen parte del entorno virtual, lo cual asegura que cada unidad exprese de manera correcta las necesidades descritas en la fase anterior.

Elaboración de los Requisitos Funcionales: Las declaraciones que resultaron a partir de la entrevista sirvieron como pilar fundamental para plasmar los requerimientos funcionales del escenario virtual en el Udlaverso. Cada una de las respuestas apporto un punto de vista único sobre las exigencias y perspectivas, ratificando la identificación de elementos clave que el entorno virtual debe cumplir donde se legitime el aprendizaje efectivo y dinámico.

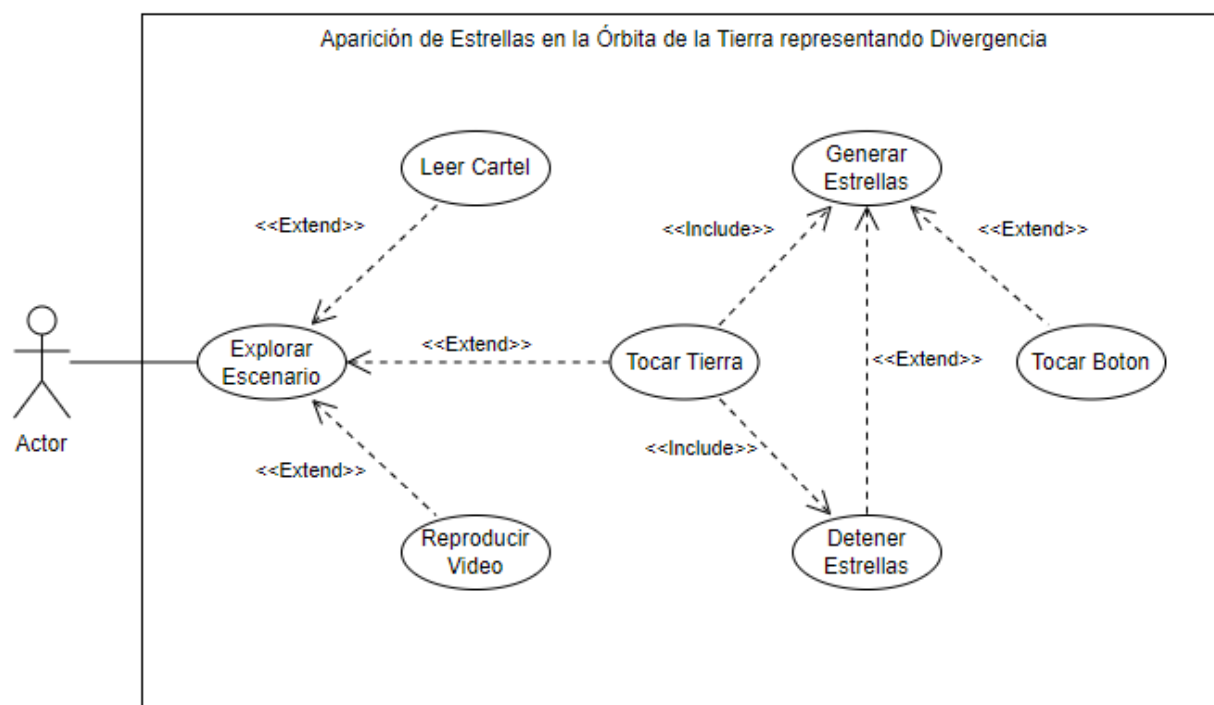
Tabla 3.3. *Tabla de Requerimientos Funcionales.*

Código	Nombre	Descripción	Origen
RF-001	Aparición continua e infinita de estrellas en la Órbita de la Tierra.	Simulación de un proceso mediante el cual nuevas estrellas aparecerán continuamente en la órbita de la Tierra. Los usuarios observaran como el número de estrellas seguirá aumentando hacia un límite infinito, simbolizando una serie Divergente.	R 1 y 11
RF-002	Aparición de Satélites en la Órbita de la Tierra para representar una Serie Convergente.	Los satélites aparecerán progresivamente en la órbita de la Tierra haciendo referencia a la cobertura global de internet, una vez alcanzado el número suficiente de satélites este proceso se ralentizará y se detendrá simbolizando una serie	R 14

			convergente. Los usuarios entenderán como una serie converge a un límite finito.	
RF-003	Aparición de Árboles en un bosque para representar Términos Positivos.	de	Se implementa en el escenario de un bosque donde el usuario podría interactuar con diferentes áreas de ese bosque para que la aparición de un objeto represente una serie de términos positivos.	R 3 y 12
...	...	...	...	...

Nota. Listado de requerimientos funcionales los cuales sirvieron como base para la elaboración de los escenarios virtuales 3D, salieron 9 requerimientos funcionales en total. Fuente: elaboración propia.

Figura 3.1. Diagrama de Casos de Uso: aparición de Estrellas en la Órbita de la Tierra.



Nota. Elaboración de los diagramas de casos de uso, ejemplo visual para el primer requerimiento funcional del sistema, en total se crearon 9 diagramas de casos de uso. Fuente: elaboración propia.

Los requisitos que se presentaron en la Tabla 3.3 son el soporte para la realización de los diagramas de casos de uso los cuales representan las interacciones del usuario implicado con el sistema. Estos diagramas detallan las acciones primordiales que cada usuario puede realizar, en la figura 3.1 se exhibe un ejemplo de casos de uso que retrata las operaciones clave del usuario y el sistema. Ahora bien, según García-Peñalvo et al. (2017) los casos de uso son prácticos a la hora de detallar los requerimientos funcionales

del sistema, los cuales están presentes en cada una de las acciones del ciclo de la vida de los procesos.

En total, se crearon nueve diagramas de casos de uso para completar la totalidad de los escenarios, cada uno representa las distintas interacciones que el usuario puede realizar dentro del sistema. Cada uno de ellos proyecta una labor específica, los cuales garantizan que todos los posibles actos y flujos de interacción estén correctamente detallados.

En cuanto a la especificación de cada uno de los casos de uso, son los medios en los cuales se describen específicamente las funcionalidades o acciones que cada uno de los usuarios podrían realizar dentro de cada uno de los escenarios construidos, cada uno de los casos de uso diseñados cuanto cuenta con su correspondiente detalle.

Tabla 3.4. *Especificación del Requerimiento Funcional uno del sistema.*

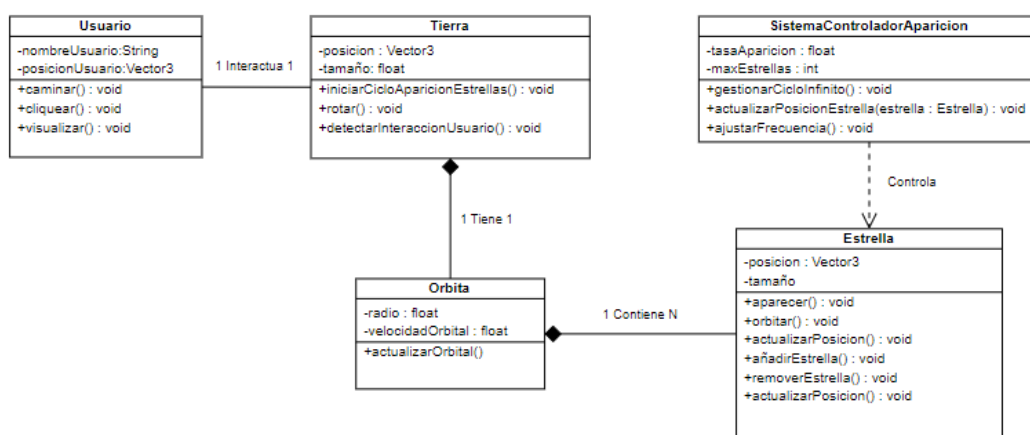
CU-<004>	Tocar Tierra
Versión	1.0
Autores	Cristhian Felipe De las Salas, Heriberto Fernando Vargas Losada y Lubeimar Eduardo Gallego Ruiz
Fuentes	RF-001
Actores:	Usuario.
Objetivos Asociados	Activar la generación de estrellas en la órbita.
Casos de uso Asociados	CU-<001> Explorar Escenario. CU-<005> Generar Estrellas. CU-<006> Detener Estrellas.
Descripción	El usuario interactúa con el objeto Tierra, lo que activa la generación de estrellas en la órbita.
Precondición	La Tierra está visible en el escenario.
Atributos	Posición de la Tierra. Estado de generación de estrellas.
Secuencia normal	Paso Acción
	1 El usuario se acerca a la Tierra.
	2 Toca la superficie.
	3 Se activa el proceso de generación de estrellas en la órbita.
Postcondición:	Las estrellas aparecen en la órbita de manera continua.
Excepciones	Paso Acción

	1	El objeto no responde.
Rendimiento	Paso	Tiempo máximo
	1	El proceso de generación debe iniciarse en menos de 30 segundo.
Importancia	Alta.	
Urgencia	Alta.	
Estado	Estable.	
Estabilidad	Estable.	
Comentarios	La generación de estrellas debe ser visualmente clara y fluida.	

Nota. Elaboración de la especificación de los casos de uso, ejemplo visual para el primero, Aparición de estrellas en la órbita de la Tierra, como para cada uno de los escenarios se especificó cada uno de ellos, en total se obtuvieron veinticuatro especificaciones de los casos de uso. Fuente: elaboración propia.

Según Bonaparte (2012) los diagramas de clase simbolizan cada una de las clases que hacen parte en el sistema, donde se destaca la importancia de sus relaciones y como es el proceso por el cual lo hacen. La figura 3.2 muestra como están representadas visualmente las clases que se implementaron en el primer escenario del sistema, esta representación gráfica nos evidencia como se estructuro y se elaboró cada uno de los atributos, métodos y relaciones el cual permite observar cada una de las interacciones dentro del Udlaverso.

Figura 3.1. Diagrama de Clases, escenario uno.

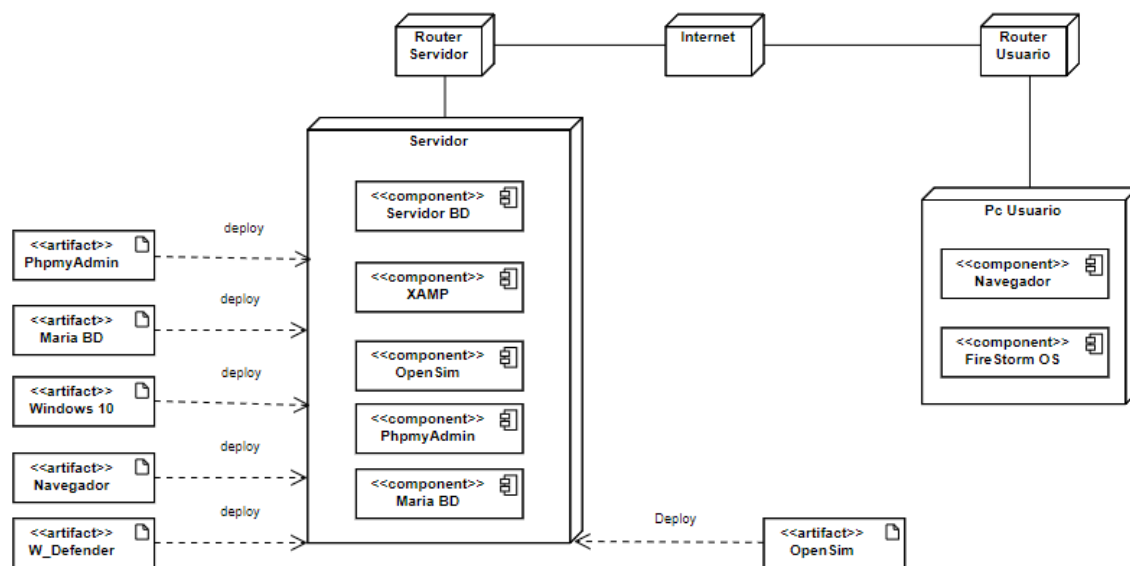


Nota. Elaboración del diagrama de clases para el escenario uno, Aparición de estrellas en la órbita de la Tierra, se tienen en total nueve diagramas de clases, seis para cada uno de los demás escenarios y los otros dos hacen parte del cuestionario y de los carteles informativos junto con los videos didácticos. Fuente: elaboración propia.

Según Debrauwer & Van der Heyde (2016) el diagrama de despliegue es un modelo estructural que representa la arquitectura del sistema proporcionando una idea de cómo se organizan los artefactos del software en los medios de la implementación, estos son componentes palpables del mundo real, que son creados mediante procesos de desarrollo. Esto permite entender cómo se lleva a cabo el proyecto en cuanto a elementos de software y hardware los cuales garantizan un rendimiento fluido dentro del entorno del sistema de OpenSim.

Según Millán Rojas et al. (2025) OpenSim trabaja como plataforma web en entornos 3D que básicamente cumple con tres representaciones primordiales, su limpieza en el Código abierto, la habilidad de soportar a distintos usuarios de forma pareja, y de igual manera la semejanza con distintas plataformas. Mediante el visor los usuarios pueden hacer parte del espacio virtual y generar distintas zonas digitales.

Figura 3.2. Diagrama de Despliegue.



Nota. Elaboración del diagrama de despliegue el cual representa los componentes del software y hardware del sistema. Fuente: elaboración propia.

Fase de Construcción: La fase de construcción presenta la edificación palpable del sistema, donde los elementos interactivos y visuales que se diseñaron en las fases anteriores se llevaron a producción. La etapa la constituyen la creación de modelos

abstractos y básicos hasta la programación y ejecución de Scripts que permiten la correcta y fluida visualización de cada uno de los escenarios. Cada uno de los componentes creados son contruidos con la finalidad de suplir las necesidades de los requerimientos planteados, los cuales aseguran la coherencia técnica y el cumplimiento de los objetivos educativos en el Udlaverso.

Tabla 3.5. *Nombre de los escenarios en el Udlaverso.*

No	Nombre	Prioridad	Riesgo
1	Series Divergentes	Alta	Bajo
2	Series Convergentes	Alta	Bajo
3	Serie de Términos Positivos	Alta	Bajo
4	Serie de Términos Negativos	Alta	Bajo
5	Series de Potencias	Alta	Bajo
6	Teorema de Taylor	Alta	Bajo
7	Teorema de Taylor con Residuo	Alta	Bajo

Nota. Elaboración de cada uno de los escenarios junto con sus nombres. Fuente: elaboración propia.

Como primer paso en la etapa de construcción, se diseñó un bosquejo a mano de cómo iba a estar constituido el edificio en general, este boceto sirvió como un indicador preliminar, donde se capturo la esencia estructural y visual del entorno virtual. Posteriormente se hizo uso de la inteligencia artificial para la creación de los elementos que iban a ir dentro de la edificación, la cual logro optimizar la calidad visual.

Tabla 3.6. *Bocetos realizados por la inteligencia artificial.*

Edificio a mano.	Edificio hecho por IA.	Escenario uno.	Escenario dos.
			

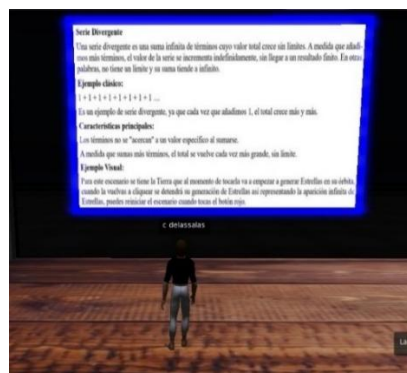


Nota. Elaboración de cada uno de los bocetos apoyados por la IA. Fuente: Elaboración propia, con asistencia de ChatGPT (OpenAI, 2024).

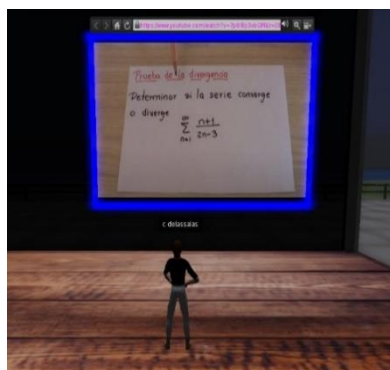
Luego de haber tenido el apoyo de la Inteligencia artificial para cada uno de los planos que se requerían se procedió a construir el edificio general, para así seguidamente construir el primer escenario que es el de las series divergentes, en la figura 3.5 se evidencia cual es la vista del usuario cuando está arriba de dicho escenario.

Figura 3.3. *Escenario divergente*

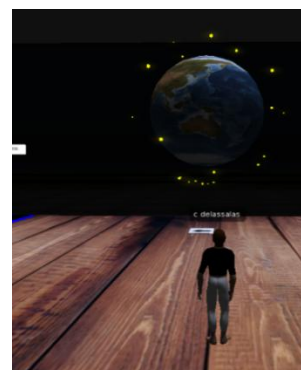
Cartel informativo.



Video explicativo.



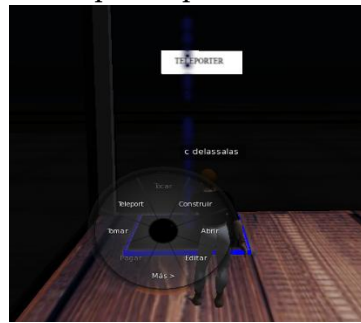
Objeto principal.



Cuestionario series divergentes.



Teleporter piso uno.

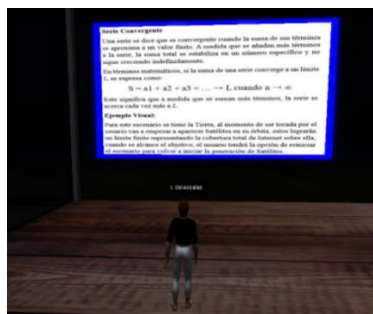


Nota. Visualización del usuario cuando entra al primer escenario de las series divergentes y explora todos los elementos que hacen parte de él. Fuente: elaboración propia.

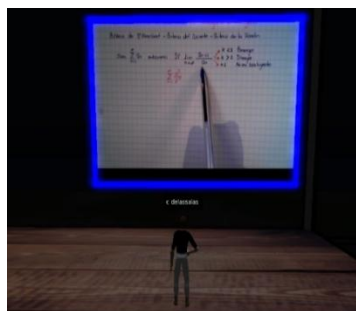
En cuanto a las series convergentes el espacio de trabajo simula la aparición controlada de satélites en la órbita de la Tierra, haciendo referencia a la cobertura total de internet en el mundo, estos satélites representan los términos y a medida que aumenta la suma se estabiliza. El comportamiento de esta serie permite al usuario observar que, a pesar de su crecimiento inicial, este alcanza un límite finito.

Figura 3.4. Escenario convergente

Cartel informativo.



Video explicativo.



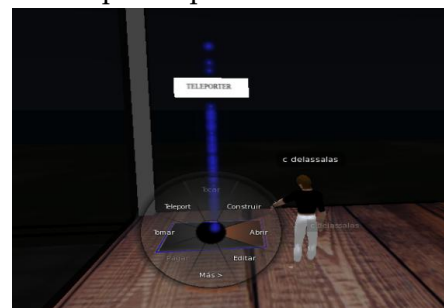
Objeto principal.



Cuestionario convergente.



Teleporter piso dos.



Nota. Panorama general del piso dos cuando el usuario arriba y hace uso de los componentes que hacen parte de él. Fuente: elaboración propia.

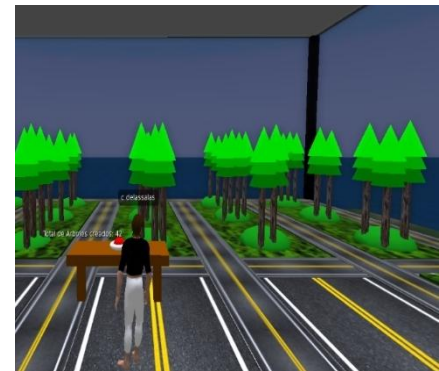
El escenario de los términos positivos está representado por zonas pequeñas con las cuales el usuario podrá interactuar, con cada una de las interacciones del usuario un nuevo árbol aparecerá los cuales representan términos de la serie, este enfoque contribuye a la comprensión de cómo se comporta una serie al acumular términos positivos.

Figura 3.5. Escenario términos positivos.

Cartel informativo.

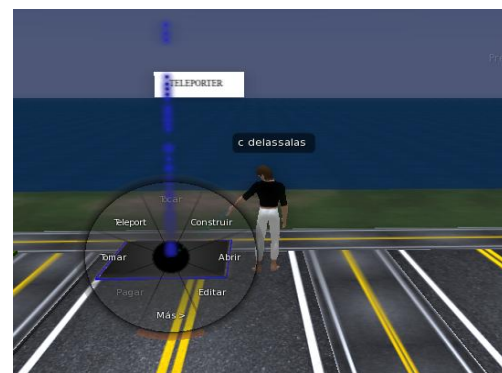
Antes de las interacciones.

Después de las interacciones.



Cuestionario términos positivos.

Teleporter piso tres.



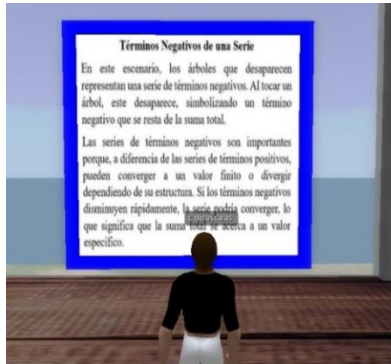
Nota. Visualización del usuario cuando se teleporta al tercer escenario de las series de términos positivos y explora todos los elementos que hacen parte de él. Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.8 de las series de términos negativos el usuario podrá tocar los árboles que ahí están plantados y estos al ser tocados desaparecerán, los cuales estarían representando la resta de términos negativos de una serie, el entorno brinda una

experiencia visual atractiva y practica donde se estaría reforzando la concepción de que los términos negativos afectan la suma de una serie.

Figura 3.6. Escenario términos negativos

Cartel informativo
cuatro.



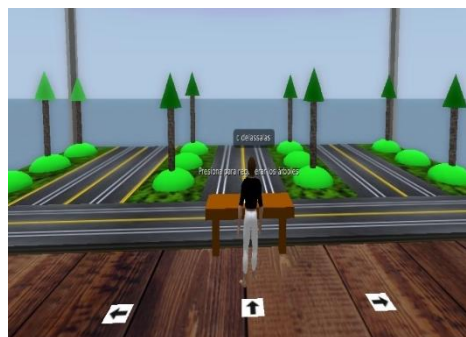
Interacción con los objetos.



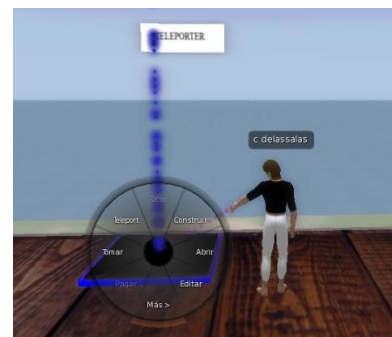
Cuestionario piso



Después de la interacción.



Teleporter piso cuatro.

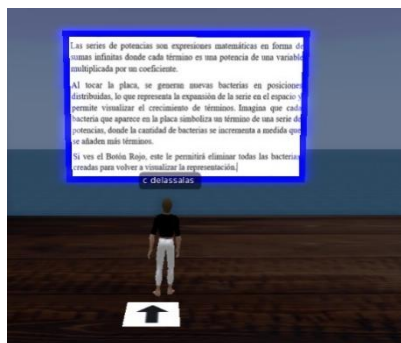


Nota. Visualización del usuario cuando se teleporta al cuarto escenario de las series de términos negativos y explora todos los elementos que hacen parte de él. Fuente: elaboración propia.

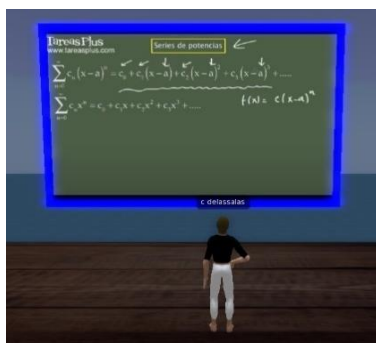
La figura 3.9 de las series de potencia el elemento principal es una placa de Petri, los usuarios pueden tocar esta placa en repetidas ocasiones para duplicar las bacterias que en ella reposan, a medida que este proceso se ejecuta se muestran como los términos (bacterias) crecen exponencialmente.

Figura 3.7. Escenario Series de potencia

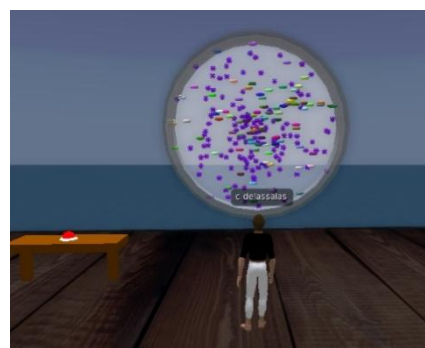
Cartel informativo



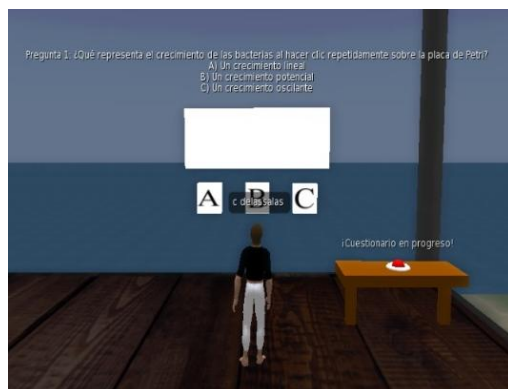
Video explicativo.



Objeto principal.



Cuestionario series de potencia.



Teleporter piso cinco.

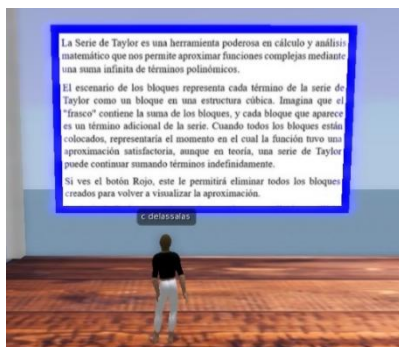


Nota. Visualización del usuario cuando se teleporta al quinto escenario de las series de potencia y explora todos los elementos que hacen parte de él. Fuente: elaboración propia.

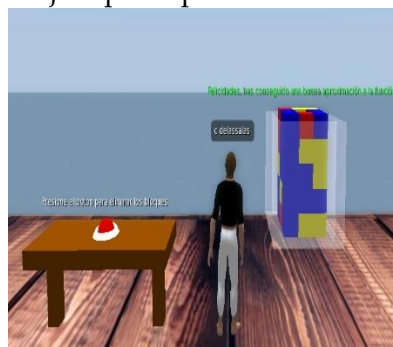
En el teorema de Taylor se hace uso de un frasco de cristal en el que los usuarios al tocarlo podrán visualizar como este se irá llenando con bloques de colores, cada uno de los bloques aproxima una función y observaran como la función (frasco) se aproxima mejor con la adición de más términos (bloques).

Figura 3.8. Escenario Teorema de Taylor.

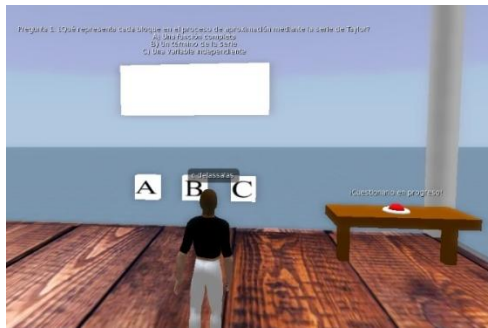
Cartel informativo.



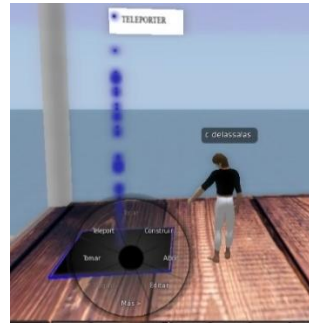
Objeto principal.



Cuestionario Teorema de Taylor.



Teleporter piso seis.



Nota. Visualización del usuario cuando se teleporta al sexto escenario del Teorema de Taylor y explora todos los elementos que hacen parte de él. Fuente: elaboración propia.

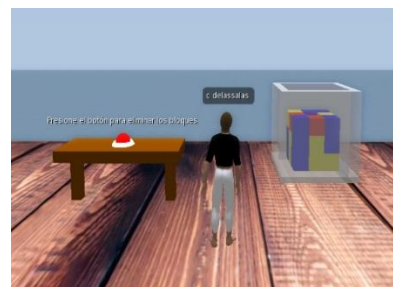
Por último, en el escenario del Teorema de Taylor con Residuo tiene casi el mismo enfoque que la figura 3.10 el usuario al interactuar con el frasco de cristal se le irán agregando bloques de colores con la única diferencia es que estos términos no serán los suficientes para llenar el frasco lo que representaría que hay un error, diferencia o residuo en la función real.

Figura 3.9. Escenario Teorema de Taylor con Residuo

Cartel informativo.



Objeto principal.



Cuestionario piso siete.



Teleporter piso siete.



Nota. Visualización del usuario cuando se teleporta al séptimo escenario del Teorema de Taylor con Residuo y explora todos los elementos que hacen parte de él. Fuente: elaboración propia.

En la figura 3.12 se logra evidenciar un script el cual permite la aparición continua e infinita de estrellas en el escenario de las series divergentes, este código está implementado en lenguaje SLS, donde de igual manera se diseñó para que específicamente los usuarios pudieran observar un concepto matemático de una serie que no converge, la adaptación de este script es fundamental para crear la experiencia inmersa en el aprendizaje de series infinitas.

Figura 3.10. *Script de la aparición de estrellas*

```
integer star_count = 0;
vector earth_position;
float orbit_radius = 2.0;
integer stars_active = FALSE;
default {
    state_entry() {
        earth_position = llGetPos();
        llSetTimerEvent(0.0);
        llOwnerSay("Escenario cargado: Haga clic en la Tierra para iniciar la creación de estrellas.");
    }

    touch_start(integer total_number) {
        if (stars_active == FALSE) {
            llSetTimerEvent(3.0);
            stars_active = TRUE;
            llOwnerSay("Creación de estrellas activada.");
        } else {
            // Detener la creación de estrellas
            llSetTimerEvent(0.0);
            stars_active = FALSE;
            llOwnerSay("Creación de estrellas detenida.");
        }
    }

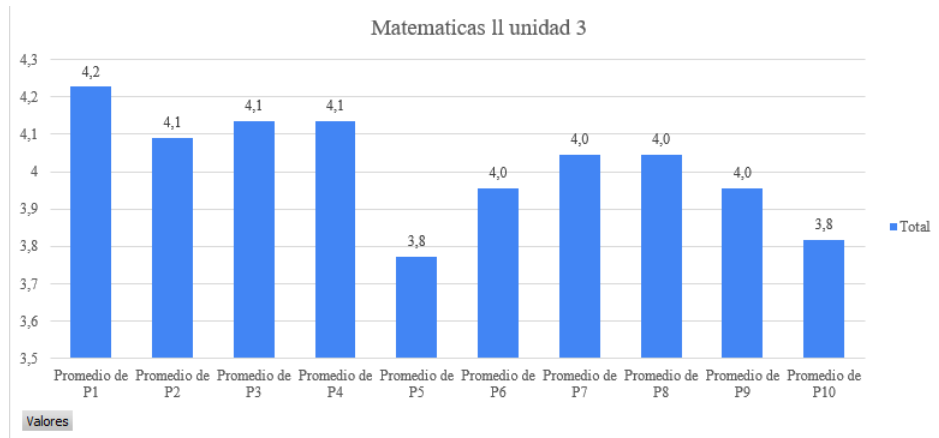
    timer() {
        float theta = llFrand(TWO_PI); // Ángulo azimutal
        float phi = llFrand(PI); // Ángulo polar
        vector random_offset = <orbit_radius * llCos(theta) * llSin(phi),
                                orbit_radius * llSin(theta) * llSin(phi),
                                orbit_radius * llCos(phi)>;
        vector star_position = earth_position + random_offset;
        llRezObject("Estrella", star_position, ZERO_VECTOR, llGetRot(), star_count);
        star_count++;
    }
}
```

Nota. Script que me permite visualizar la aparición continua e infinita de estrellas en la órbita de la Tierra, cabe recalcar que se tiene que ajustar para que el servidor no se sature ni pierda consistencia. Fuente: elaboración propia.

4.3. Evaluación Heurística

A partir de los formularios de Google Form, se resolvió la evaluación que corresponde a cada uno de los escenarios creados para la enseñanza de Series Infinitas dentro del Udlaverso.

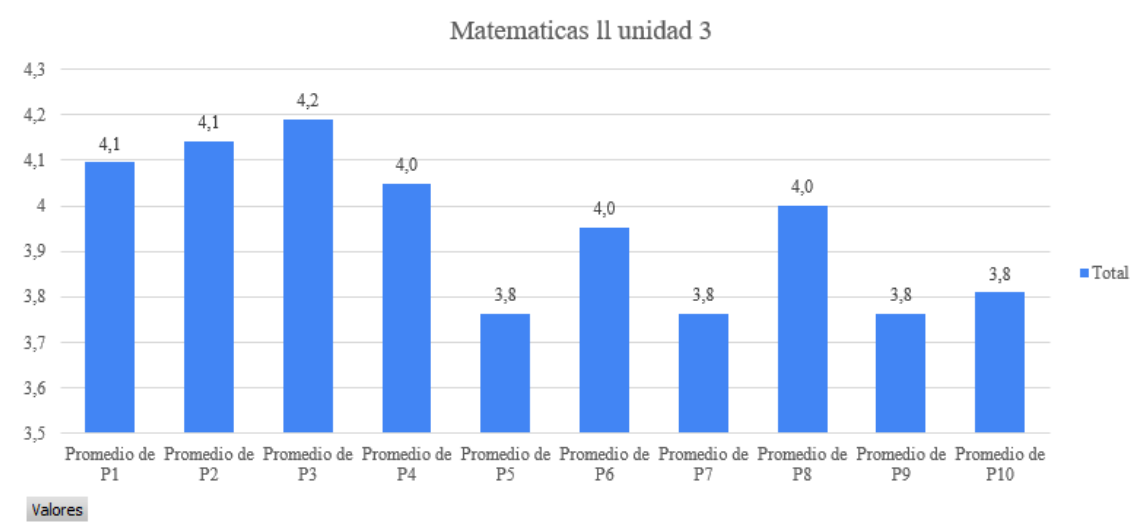
Figura 3.11 Resultado de la evaluación del escenario uno



Nota. Visualización de los puntajes asignados a cada uno de los principios de Nielsen tras la evaluación del escenario uno. Fuente: elaboración propia.

Para el escenario número uno en el Udlaverso se demostró una usabilidad satisfactoria, con calificaciones que rondan entre 3.8 y 4.2 lo que evidencia que el diseño y sus funcionalidades cumplen con los requerimientos principales de Nielsen. Sin embargo, es recomendado perfeccionar la prevención de errores para optimizar aún más el sistema, garantizando la experiencia del usuario y contribuyendo al aprendizaje dentro del entorno 3D.

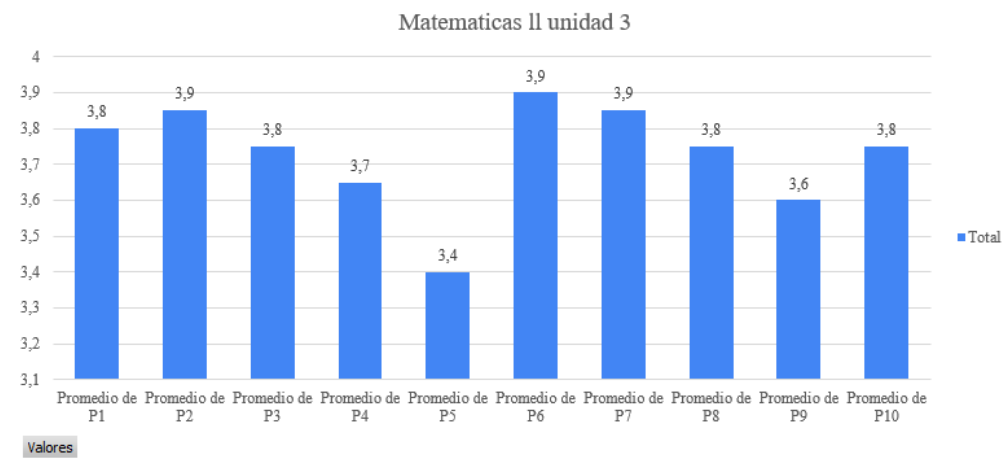
Figura 3.12. Resultado de la evaluación del escenario dos.



Nota. Visualización de los puntajes asignados a cada uno de los principios de Nielsen tras la evaluación del escenario dos. Fuente: elaboración propia.

En el segundo escenario que está basado en las series convergentes, se puede analizar que el entorno presenta una usabilidad adaptable, con un alto valor positivo en cuestiones de calidad, claridad, control y diseño, ratificando que la interfaz es intuitiva y que contiene una coherencia visual y que funciona a la perfección. Por el contrario de igual manera hay necesidad de optimizar aún más la prevención de errores junto con la flexibilidad del sistema, en general, aunque sigue manteniendo una buena usabilidad, los resultados arrojan que sería de gran ayuda fortalecer los mecanismos de ayuda para fortalecer la flexibilidad en la navegación y la experiencia del usuario.

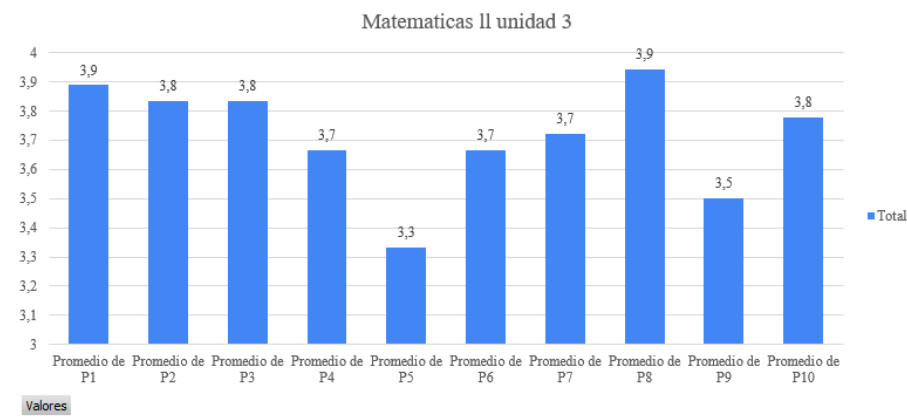
Figura 3.13. Resultado de la evaluación del escenario tres



Nota. Visualización de los puntajes asignados a cada uno de los principios de Nielsen tras la evaluación del escenario tres. Fuente: elaboración propia.

En comparación con los resultados de los análisis anteriores, donde la interfaz y usabilidad percibieron valoraciones más positivas, en este escenario parece ser que hubo una apreciación de mucha más complejidad o quizás la falta de accesibilidad en ciertos aspectos del diseño. Para perfeccionar la experiencia sería aconsejable examinar la presentación de la información, para mejorar los mecanismos de retroalimentación visual y endurecer la documentación dentro del entorno virtual, esto podría servir para que haya una mayor interacción que sea fluida y muy satisfactoria para cada uno de los usuarios.

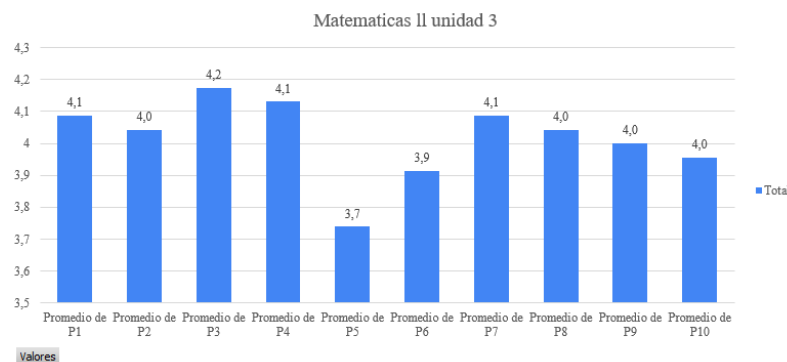
Figura 3.14. Resultado de la evaluación del escenario cuatro



Nota. Visualización de los puntajes asignados a cada uno de los principios de Nielsen tras la evaluación del escenario cuatro. Fuente: elaboración propia.

En el cuarto escenario del Udlaverso, los resultados obtenidos a través de la encuesta nos evidencian y nos traduce que la experiencia de los usuarios no ha sido tan satisfactoria, lo que indica que hay áreas donde se debe mejorar la interfaz y usabilidad del sistema. De igual solo dos preguntas han alcanzado una valoración de 3.9 que, aunque algunas perspectivas son tolerables aún no llegan a cumplir completamente con cada una de las experiencias de los usuarios. En comparación con los escenarios anteriores, presenta una valoración menos adecuada lo que representaría una mejora significativa. Plantear y ejecutar mejoras en estos aspectos aprobará engrandecer la experiencia y la percepción general del escenario.

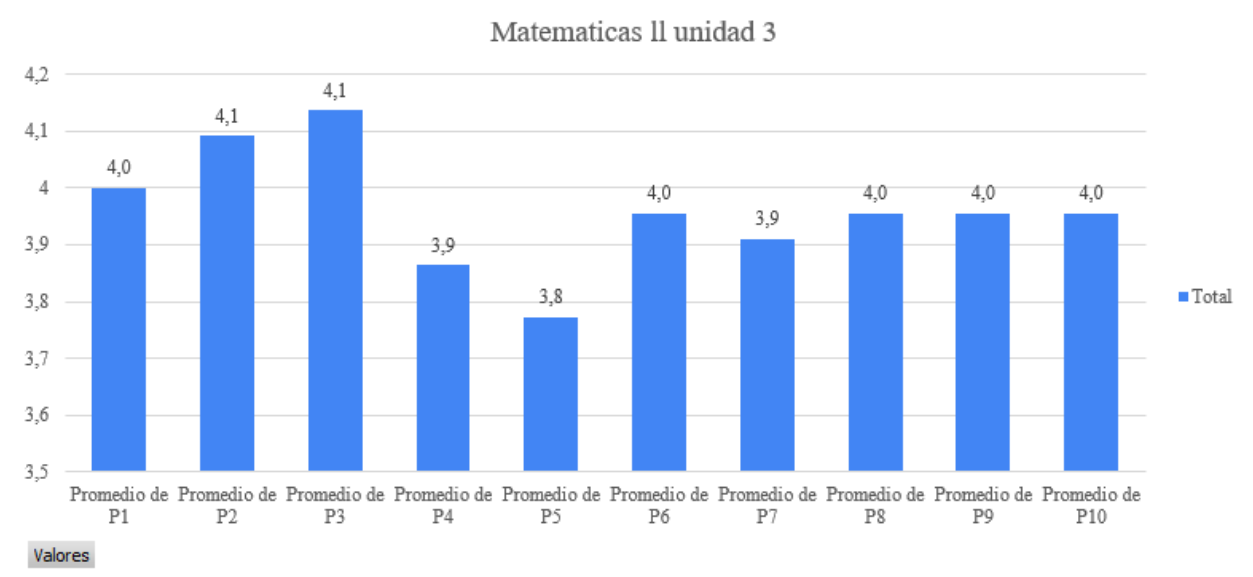
Figura 3.15. Resultado de la evaluación del escenario cinco



Nota. Visualización de los puntajes asignados a cada uno de los principios de Nielsen tras la evaluación del escenario cinco. Fuente: elaboración propia.

El quinto escenario del Udlaverso ha presentado un avance positivo en la mayoría de los aspectos evaluados lo que nos quiere decir que los que hicieron parte del escenario encontraron una interfaz llamativa, estructurada y funcional. En general este escenario manifiesta un progreso importante respecto a los anteriores, donde la evaluación es mucho más positiva y permanente. De igual manera sería recomendable analizar y solucionar el criterio numero 5 para así realizar los ajustes pertinentes en función de la retroalimentación de cada uno de los usuarios, lo que permitirá que el sistema siga avanzando significativamente donde se ofrezca una mayor experiencia de aprendizaje el cual sea eficiente e inmersiva.

Figura 3.16. Resultado de la evaluación del escenario seis



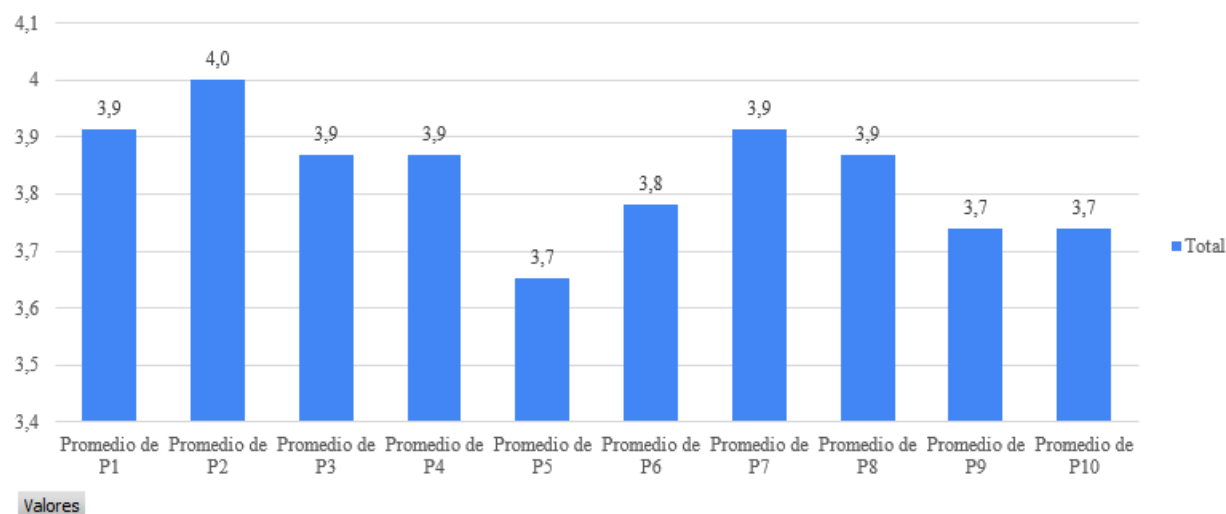
Nota. Visualización de los puntajes asignados a cada uno de los principios de Nielsen tras la evaluación del escenario seis. Fuente: elaboración propia.

Para este escenario representa una valoración mayormente positiva, que en términos generales la experiencia del usuario fue muy satisfactoria, lo que lleva a pensar que el tanto el diseño como la interacción de todos los usuarios fue placentera, lo que apunta a pensar que dentro del entorno virtual se ha alcanzado un nivel óptimo de usabilidad y funcionalidad lo que permite a los usuarios un desenvolvimiento eficiente y claro dentro del Udlaverso. En conclusión, este escenario mantiene un ejercicio destacado pero que se

debe estar atento y procurar solucionar pequeños detalles para mejorar la consistencia en el diseño y robustecer la accesibilidad a las funciones de ayuda o recepción de errores, los ajustes en estas condiciones contribuyen a una experiencia aún más fluida e intuitiva.

Figura 3.17. Resultado de la evaluación del escenario siete

Matemáticas II unidad 3



Nota. Visualización de los puntajes asignados a cada uno de los principios de Nielsen tras la evaluación del escenario siete. Fuente: elaboración propia.

El análisis que se presenta para este último escenario nos evidencia que el escenario en gran medida acata con los principios de Nielsen, de igual manera para mantener y continuar con el proceso de forma efectiva, es recomendable reforzar algunos mecanismos de asistencia en tanto a la recuperación de errores, para así asegurar que cada uno de los usuarios tenga mayor autonomía, claridad y efectividad a la hora de resolver inconsistencias dentro del entorno virtual del Udlaverso.

En términos generales los resultados nos evidencian un alto índice de efectividad en muchos aspectos, aunque hay espacios de mejoras que empañan la experiencia del usuario. Según los análisis y resultados obtenidos el sistema parece cumplir a cabalidad con cada uno de los aspectos que nos plantea los principios de Nielsen, pero siempre existe la oportunidad de perfeccionar cada una de las interfaces como las funciones que apoyan a los usuarios.

5. Conclusiones

La creación del entorno virtual 3D en el Udlaverso resultó ser un progreso relevante en la enseñanza y aprendizaje de temas complejos de cálculo integral. A través de cada una de las fases se logró establecer un sitio de practica interactiva que suministra facilidad en la visualización y comprensión de temas abstractos mediante estilos inmersos y prácticos. En la fase de planificación se evidencio todo el potencial del Udlaverso, donde se ofrecía un aprendizaje mucho más efectivo y eficaz de conceptos difíciles de entender, fue posible de igual manera al considerar las perspectivas tanto de docentes como estudiantes. Mediante la planificación también se identificó las necesidades del proyecto, las cuales aseguraron que cada unidad temática estuviera alineada con los objetivos educativos. El primer análisis fue concreto para asegurar las bases del diseño, el cual debía ser flexible y que se pudiera adaptar a diferentes niveles de comprensión, por ende, en esta etapa no solamente se definió el alcance, sino que también se planteó que la experiencia del usuario en cuanto al aprendizaje y fuera atrayente y eficiente.

El diseño se enfocó en plantear estas concepciones de manera tangible, la combinación con los principios de POO contribuyo a la organización funcional del sistema mientras que los requerimientos descritos sirvieron como soporte para organizar las funcionalidades y acciones de cada uno de los escenarios, donde cada unidad simbolizara con exactitud las necesidades educativas. En el diseño también hicieron parte la creación de escenarios técnicamente sólidos, donde los usuarios pudieran interactuar y aprender de manera practica los conceptos, se utilizaron recursos visuales y gráficos que se adaptaron al contenido de manera correcta y precisa, buscando siempre que la experiencia fuera intuitiva y que el sistema proporcionara respuestas rápidas a cada una de las interacciones. Esta fase cumplió un papel decisivo en dicha construcción para que tuviera coherencia y fuese accesible a las necesidades de los usuarios, quienes deben entender y aplicar conceptos en el desarrollo profesional.

Finalmente, en la última fase se integraron los componentes que se diseñaron en escenarios interactivos y prácticos, donde se emplearon métodos de modelado y programación para conseguir una experiencia visual interesante. La visualización e interactividad que se logró en el Udlaverso incorporan un avance tecnológico trascendental hacia una metodología de enseñanza y aprendizaje innovadora, la cual contribuye a una comprensión más intensa y duradera de los temas que se encontraron. La visibilidad e interactividad en el Udlaverso se destaca el valor de las tecnologías TIC y 3D en la educación, las cuales contribuyen a una comprensión más extensa, profunda y duradera de los temas abordados.

El entorno virtual otorga el permiso para que cada uno de los usuarios enlace la experiencia teórica con la práctica, facilitando la adquisición del conocimiento el cual se traduce en un aprendizaje aplicable y significativo. La metodología utilizada en el proyecto sienta un antecedente en el uso de las nuevas tecnologías, mostrando como pueden transformar la educación tradicional en una experiencia enriquecedora y dinámica.

6. Referencias Bibliográficas

- Arteaga-Alcívar, Y., Guaña-Moya, J., Begnini-Domínguez, L., Cabrera-Córdova, M. F., Sánchez-Cali, F., & Moya-Carrera, Y. (2022). Integración de la tecnología con la educación. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E54), 182-193.
- Bonaparte, U. (2012). *Proyectos UML Diagramas de clases y aplicaciones Java en NetBeans 6.9. 1*. Buenos Aires, Argentina. Universidad Tecnológica Nacional.
- Calvillo Arbizu, J. (2018). Animar al aprendizaje autónomo a través de gamificación en programación orientada a objetos. *Jornadas de Formación E Innovación Docente Del Profesorado*, (1), 80–95. <https://doi.org/10.12795/jdu.2018.i01.04>
- Chanchi, G. E. G., Campo, W. Y. M., & Sierra, L. M. M. (2019). Estudio del atributo satisfacción en pruebas de usabilidad, mediante técnicas de análisis de sentimientos. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E23), 340-352.
- Debrauwer, L., & Van der Heyde, F. (2016). *UML 2.5: iniciación, ejemplos y ejercicios corregidos*. Ediciones Eni.
- Escobar, J. A. C. (2024). Realidad aumentada: estrategia didáctica para el desarrollo de competencias matemáticas. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 4(9), 29-43.
- Esteve Mon, F. M., Adell Segura, J., & Gisbert Cervera, M. (2014). Diseño de un entorno 3D para el desarrollo de la competencia digital docente en estudiantes universitarios: usabilidad, adecuación y percepción de utilidad / Design of 3D environment to develop pre-service teachers' digital competence. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC*, 13(2), 35–47. <https://doi.org/10.17398/1695-288x.13.2.35>
- García-Peñalvo, F. J., García-Holgado, A., & Vázquez-Ingelmo, A. (2017). Aspectos prácticos de los casos de uso. *Recursos docentes de la asignatura Ingeniería de Software I*. Grado en Ingeniería Informática. Curso, 2018.
- Hernandez Mendoza, S., & Duana Avila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 9(17), 51–53. <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>
- Huertas, & Ortiz. (2015). Ambientes virtuales 3D como estrategia didáctica en la enseñanza. Obtenido de <http://revistas.fuac.edu.co/index.php/clepsidra/article/view/754>
- OpenAI. (2024). ChatGPT. Obtenido de <https://chat.openai.com/>
- Ortega Arcega, M. I., Estrada Esquivel, A. L., Ulloa Ibarra, J. T., & Casillas Alcalá, M. T. (2023). La enseñanza- aprendizaje de convergencia y divergencia de series infinitas. *Matemáticas, Ingeniería Y Ciencias Ambientales*, 5(10), 48–54. <https://doi.org/10.58299/mica.v5i10.65>
- Millán Rojas, E. E. (Eds.). (2025). *Uso de la realidad Virtual 3D para articular la enseñanza de la Física en Ingeniería de Sistemas*. <https://doi.org/10.64325/eamh2270>
- Nuñez. (2011). *Sistema de Interacción Natural con Entornos Virtuales*. Obtenido de https://repositorio.uci.cu/jspui/handle/ident/TD_04755_11
- Ramírez Alvarado, M. d. M. (2025). *Inteligencia Artificial y desinformación*. <https://doi.org/10.12795/9788447227082>
- Ramírez Jiménez, M. d. R., Pulido Hernández, K., Rivera Orozco, C. E., Gómez Torres, N. A., Serrano Zúñiga, L., & Orozco Torres, L. M. (2024). UML: Una manera de representar, interpretar, analizar y desarrollar el pensamiento computacional. *RIDE Revista*

Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo, 15(29).
<https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2196>

Rodríguez Andino, M. d. I. C., & Barragán Sánchez, H. M. (2017). Entornos virtuales de aprendizaje como apoyo a la enseñanza presencial para potenciar el proceso educativo. Killkana Social, 1(2), 7–14. https://doi.org/10.26871/killkana_social.v1i2.29

Esta obra se publicó en primera edición en el 2026. Enmarcada bajo el plan de mejoramiento del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de la Amazonia, Colombia.

DOI: 10.64325/j9133682
ISBN: 978-9907-837-03-2



Esta obra se edita bajo una Licencia Creative Commons BY.4.0