

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.

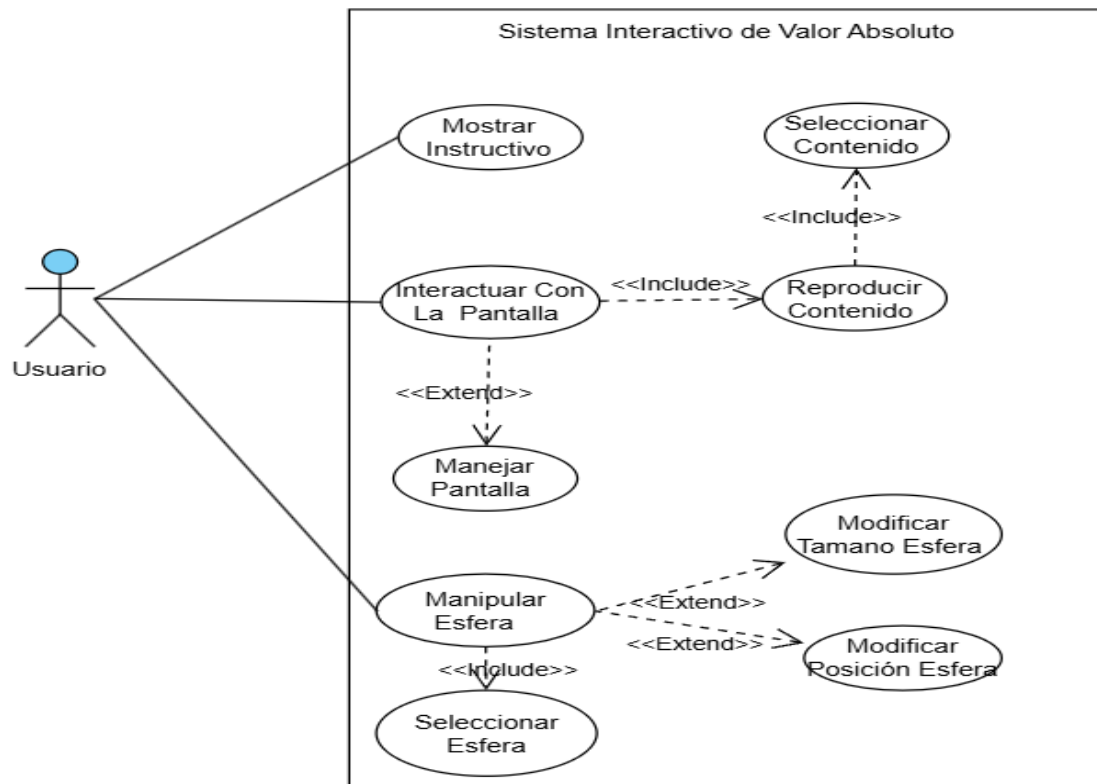
Nota. Ejemplo representativo de los requerimientos no funcionales debido a la extensión total del listado. Fuente: elaboración propia a partir de Carrizo (2022).

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.								

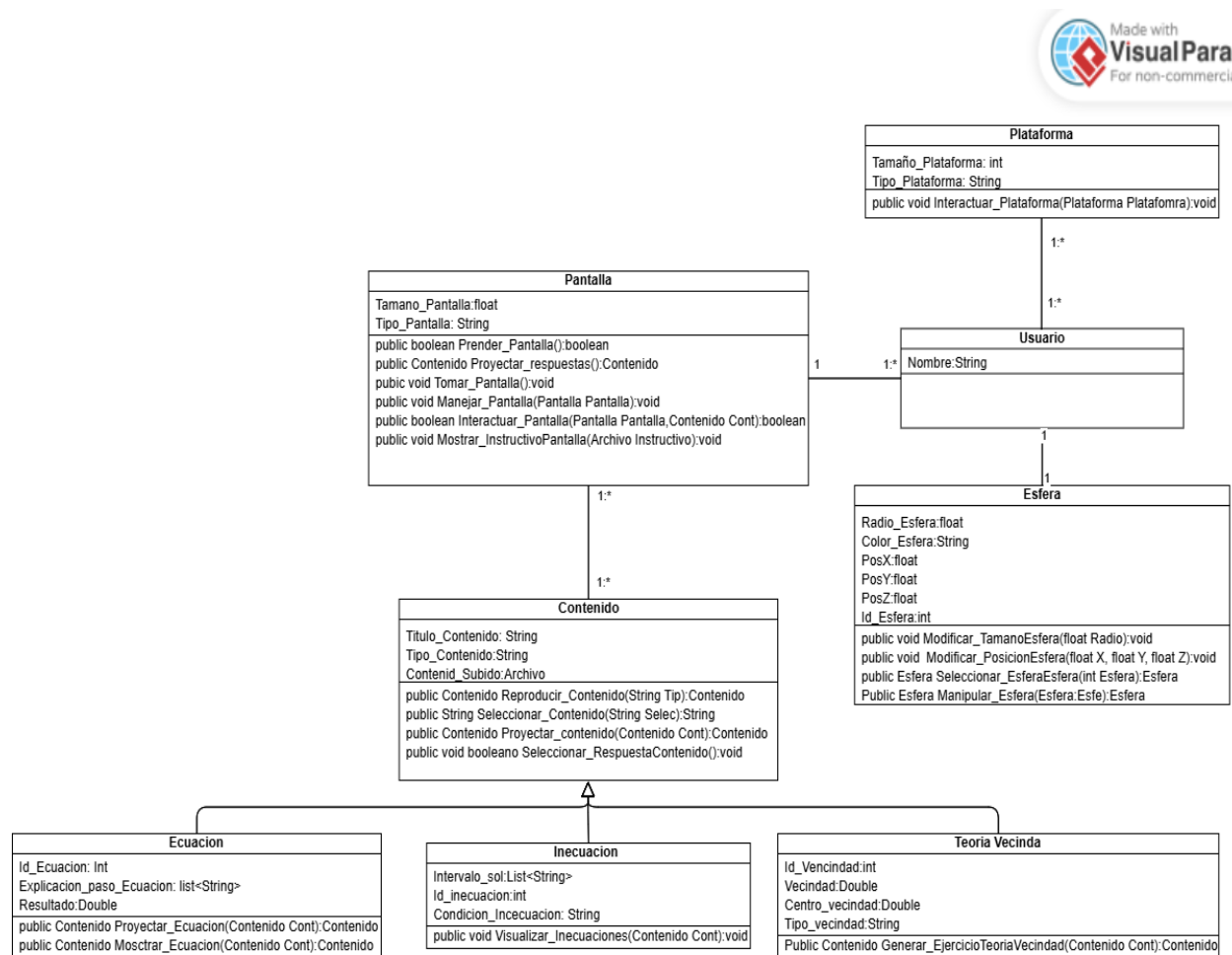
	4	El contenido seleccionado se reproduce y se muestra con gráficos interactivos.
Postcondición	El contenido educativo de reproduce correctamente y el usuario puede ver los conceptos a través de la pantalla.	
Excepciones	Paso	Acción
	1	Si el contenido no se carga correctamente, se muestra un mensaje de 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”

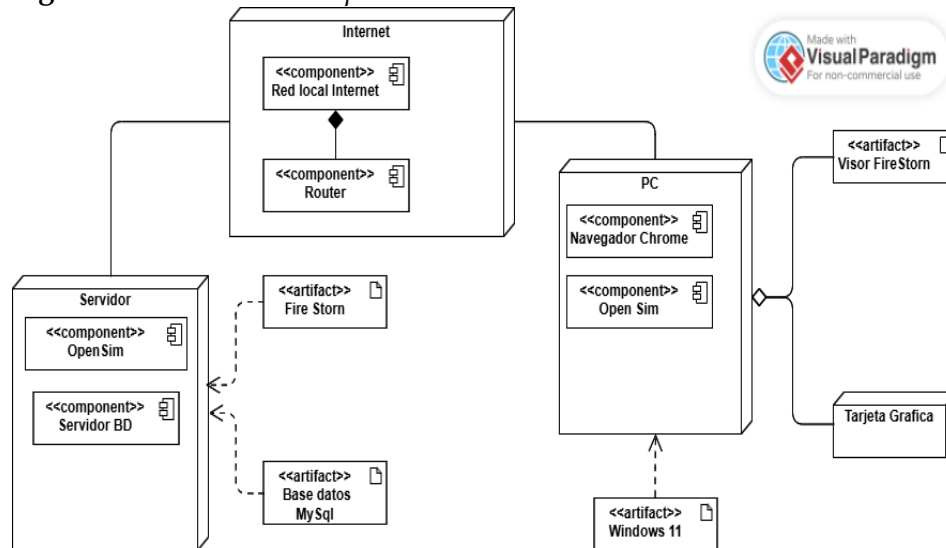


Nota. El diagrama de clases presentado ilustra la estructura del sistema "EduDomo", destacando las principales clases, atributos y métodos, así como las relaciones entre ellas. Fuente: elaboración propia utilizando la herramienta Visual Paradigm Online.

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.

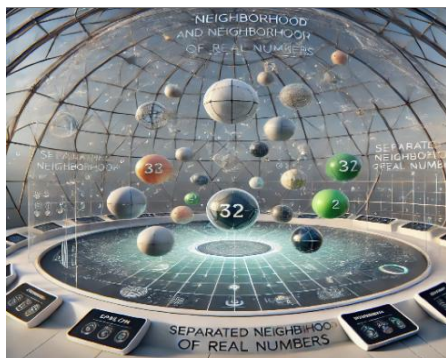
c) Escenario del tema de ecuaciones con valor absoluto.



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.

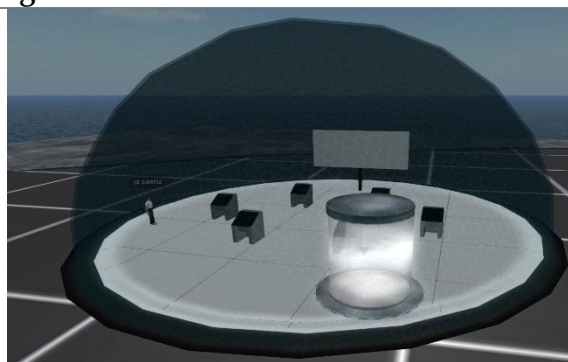


g) Escenario del tema de teoría de vecindades.

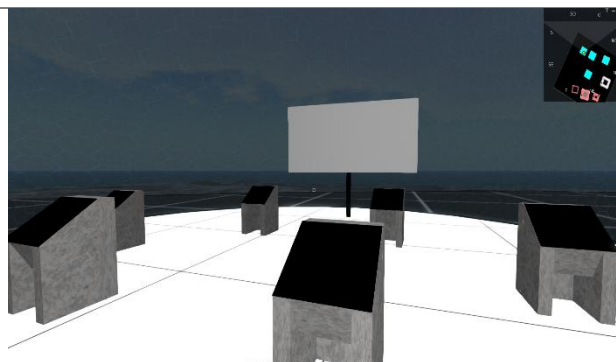
Nota. Elaboración de los bocetos iniciales a partir de la inteligencia artificial de las zonas definidas. Fuente elaboración propia a partir de ChatGPT.

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*



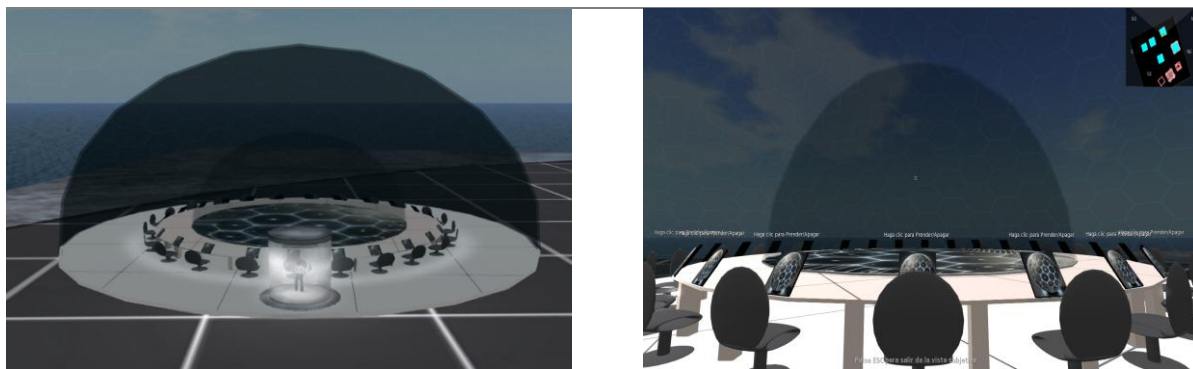
a) Vista general del escenario.

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.

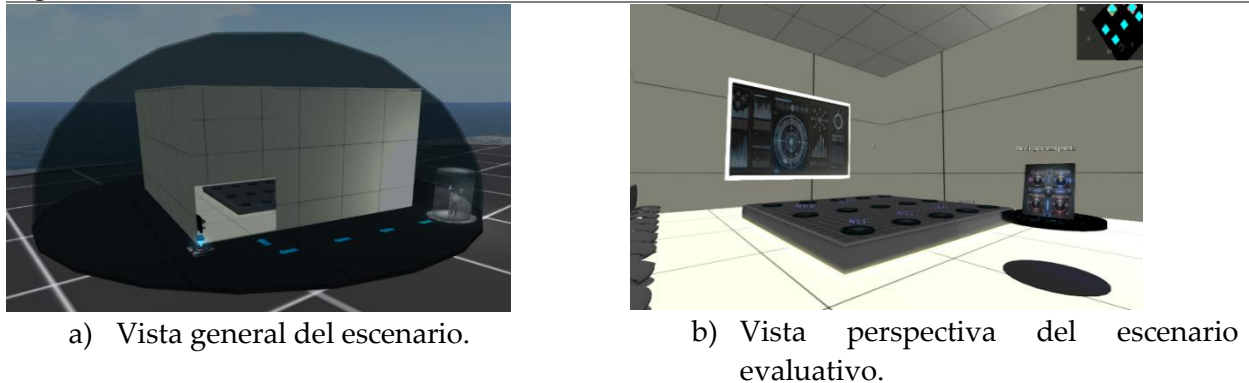
b) Vista usuario primera persona.

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).

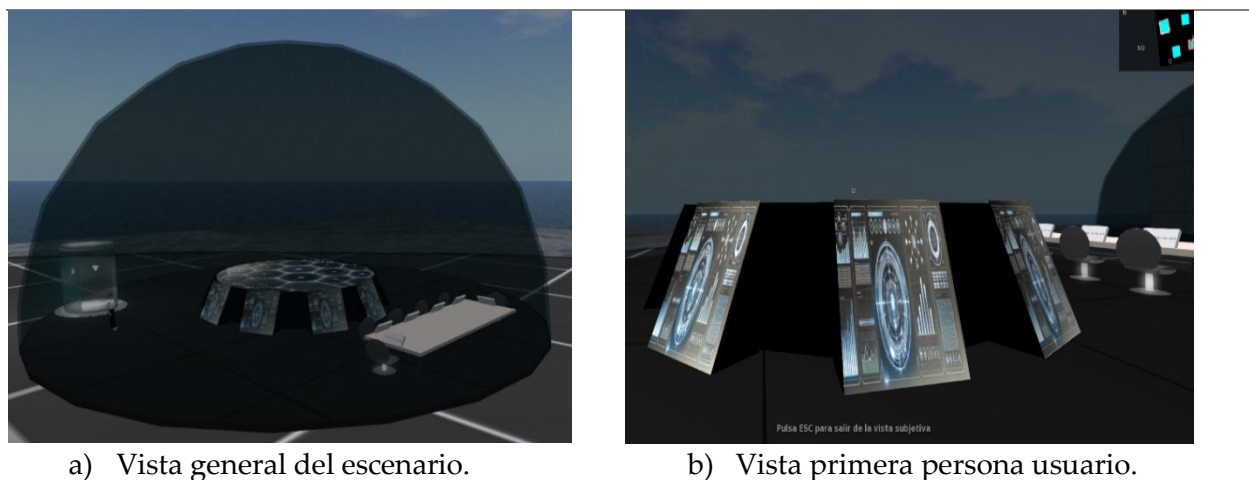
Figura 2.9. *Escenario evaluativo tema de ecuaciones*



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.

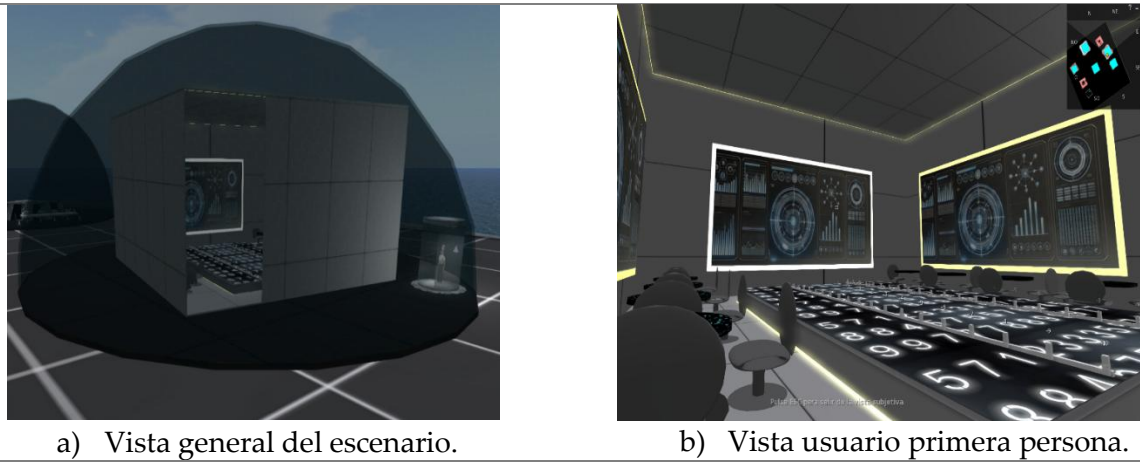
Figura 2.10. *Escenario de inicios con valor absoluto*



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.

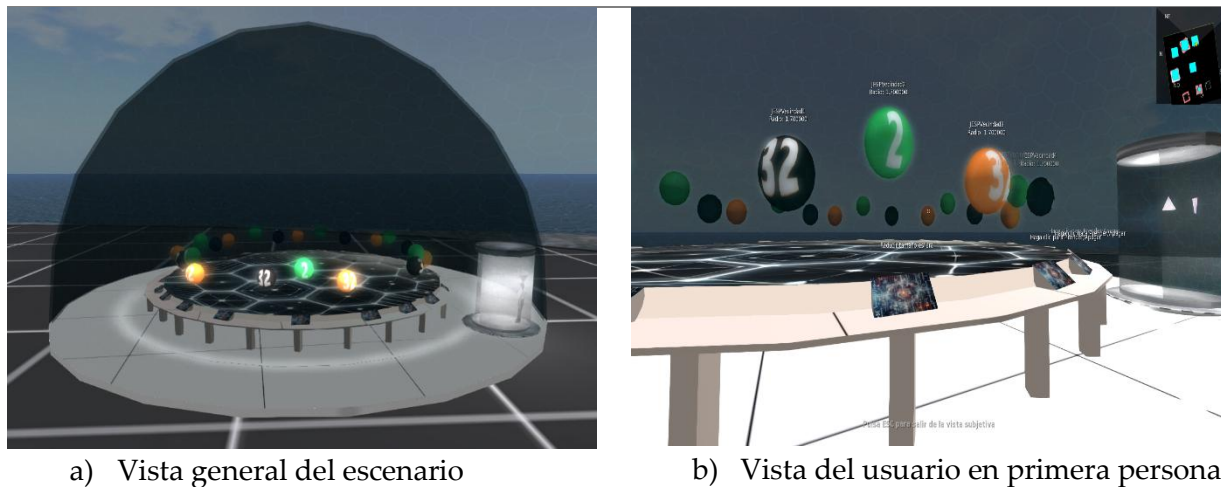
Figura 2.11. Escenario evaluativo del tema de inequaciones



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.

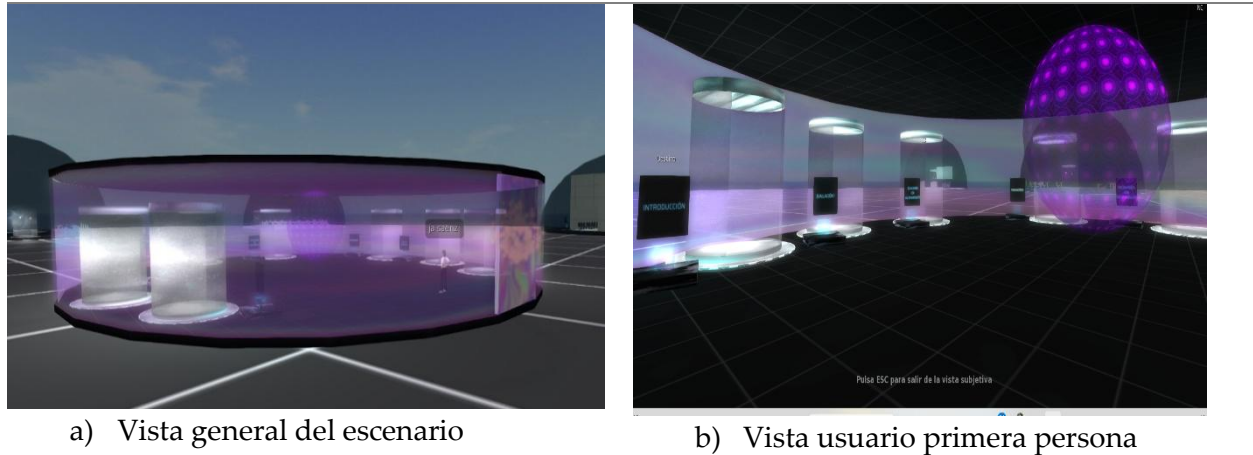
Figura 2.12. Escenario de teoría de vecindad tema 4



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
    }
}
```

```

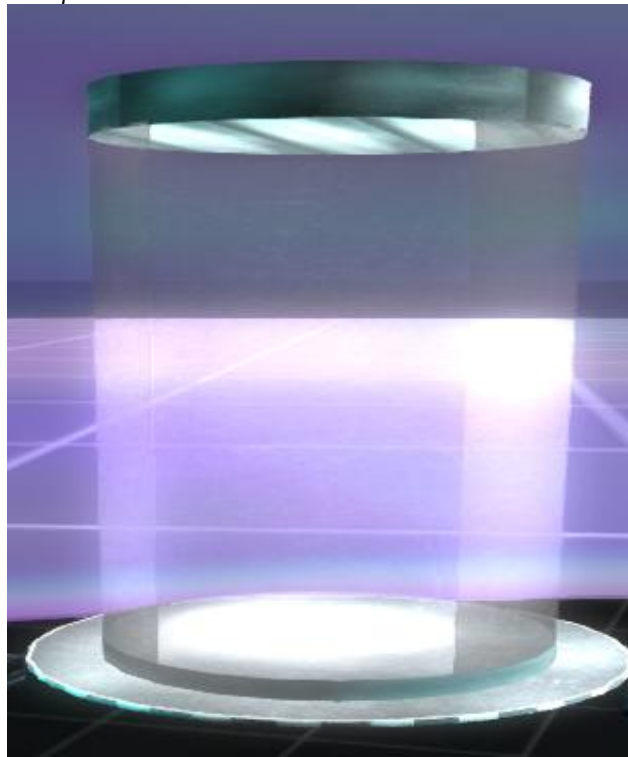
collision_start(integer num_detected)
{
    key avatarKey = llDetectedKey(0);
    if (llDetectedType(0) & AGENT)
    {
        llRequestPermissions(avatarKey, PERMISSION_TELEPORT);
    }
}

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 queramos 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, "");
    }
}

```

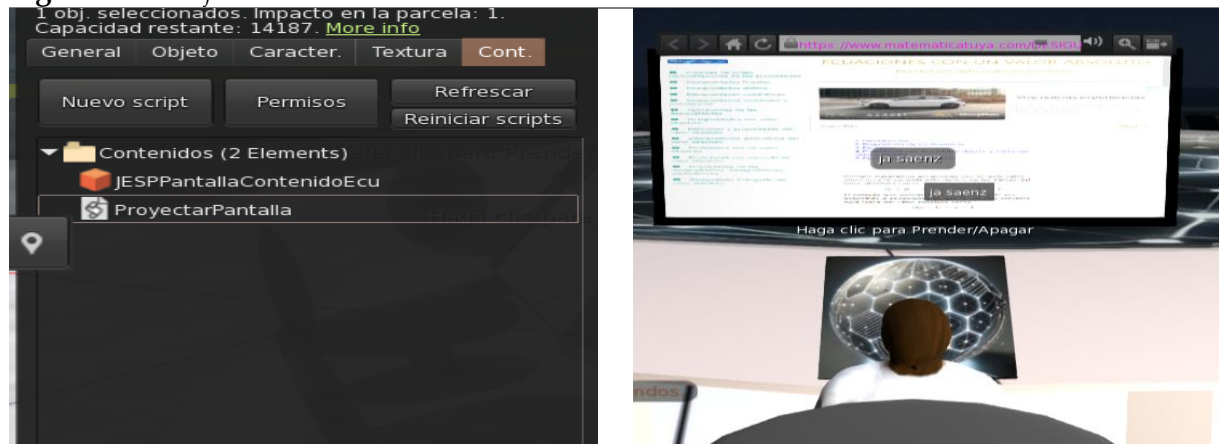
```

}
}

```

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
}

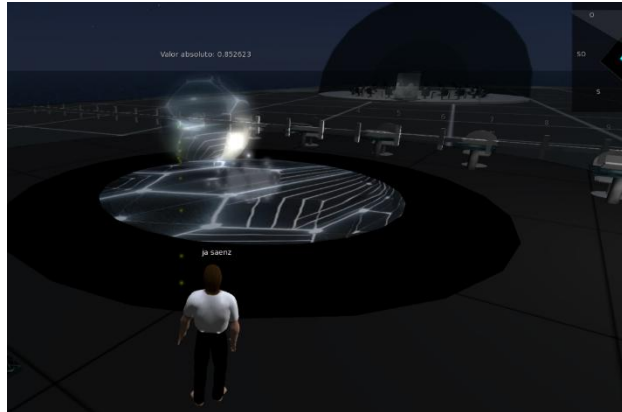
touch_end(integer total_number)
{
    // Cuando el usuario suelta la esfera, regresarla a la posición original exacta
    llSetPos(origin); // Devolver la esfera a la posición original

    // 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

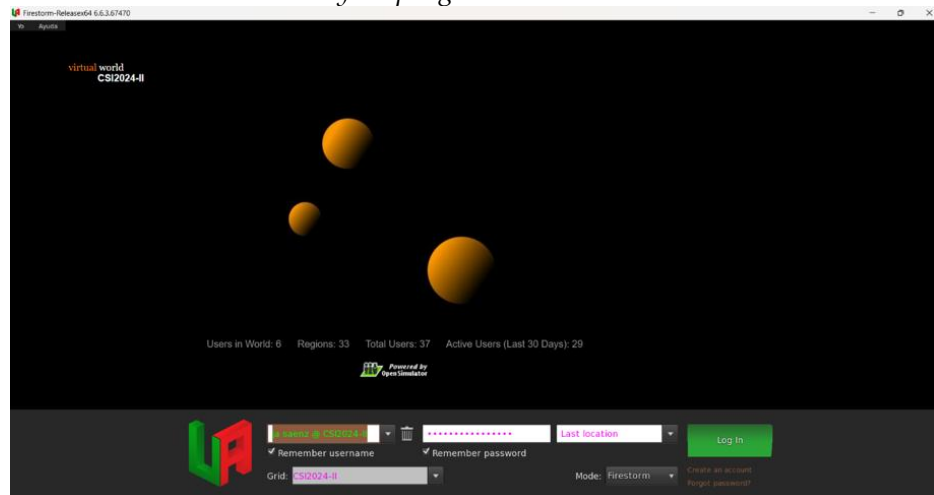


Nota. Objeto 3D interactivo para poder visualizar el valor absoluto de la esfera al ser movida en el eje X. Fuente: elaboración propia.

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.).

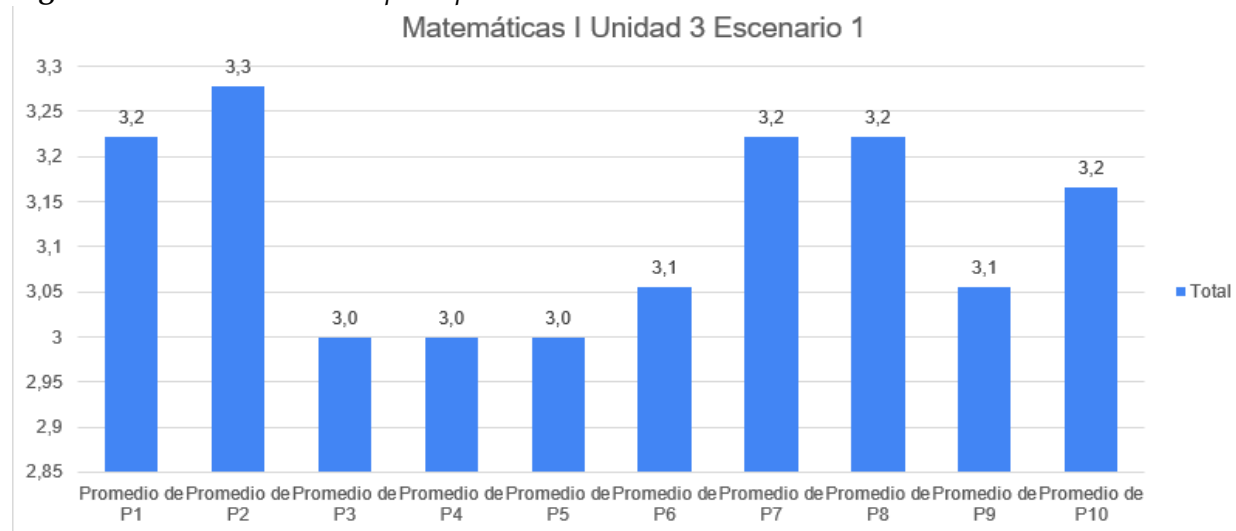
Seguidamente, se visualizan las gráficas resultado de la evaluación del entorno virtual 3D. donde se muestra el promedio de cada escenario y de cada uno de los principios de Nielsen para visualizar de una mejor forma los resultados obtenidos.

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

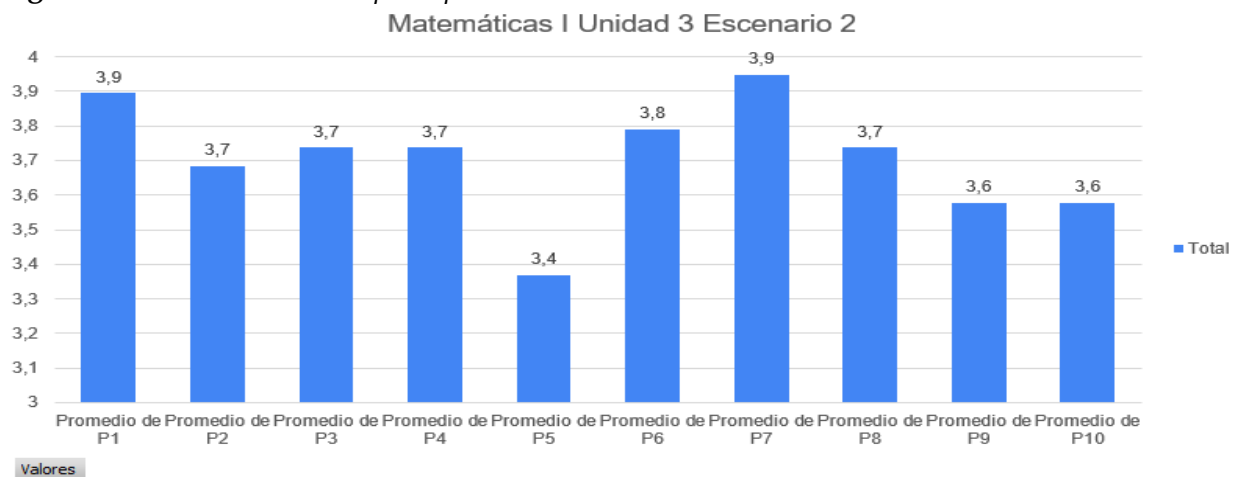


Nota. Resultados de la evaluación al escenario 1 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

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

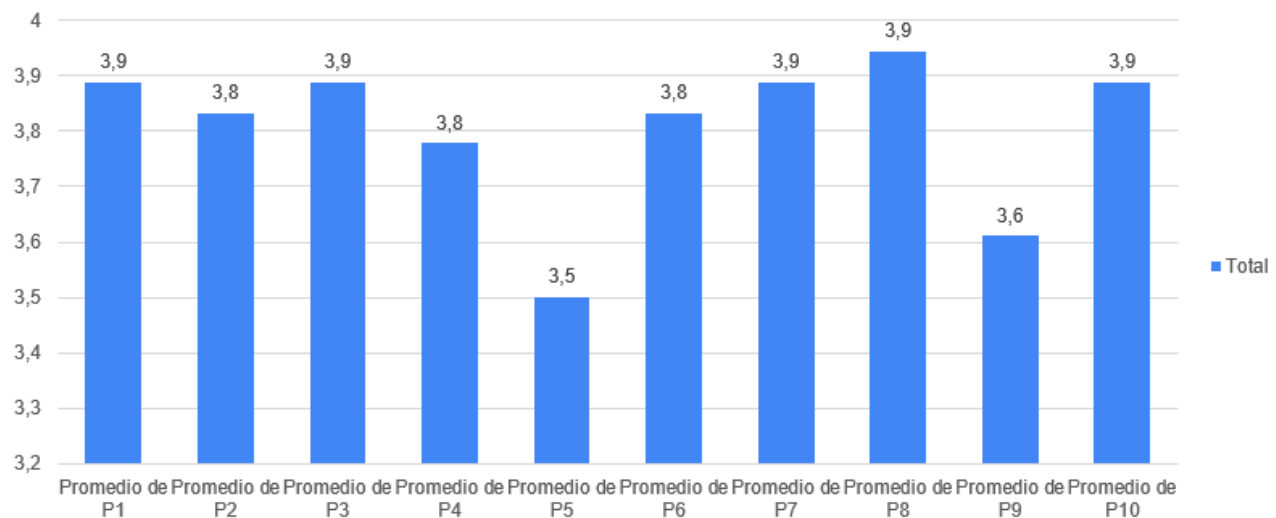


Nota. Resultados de la evaluación al escenario 2 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

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

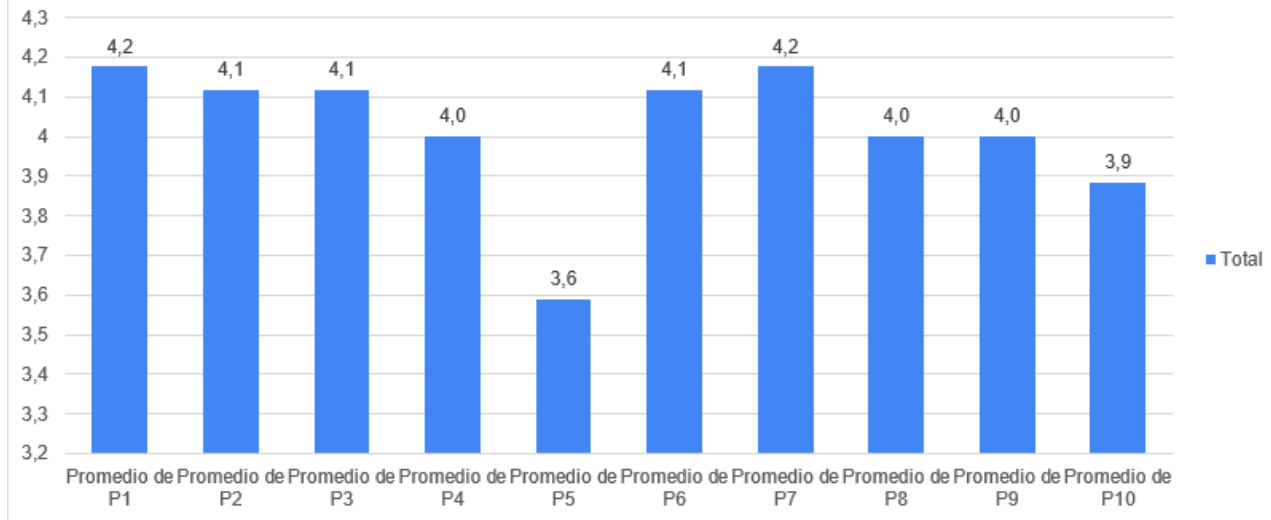


Nota. Resultados de la evaluación al escenario 3 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia.

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.

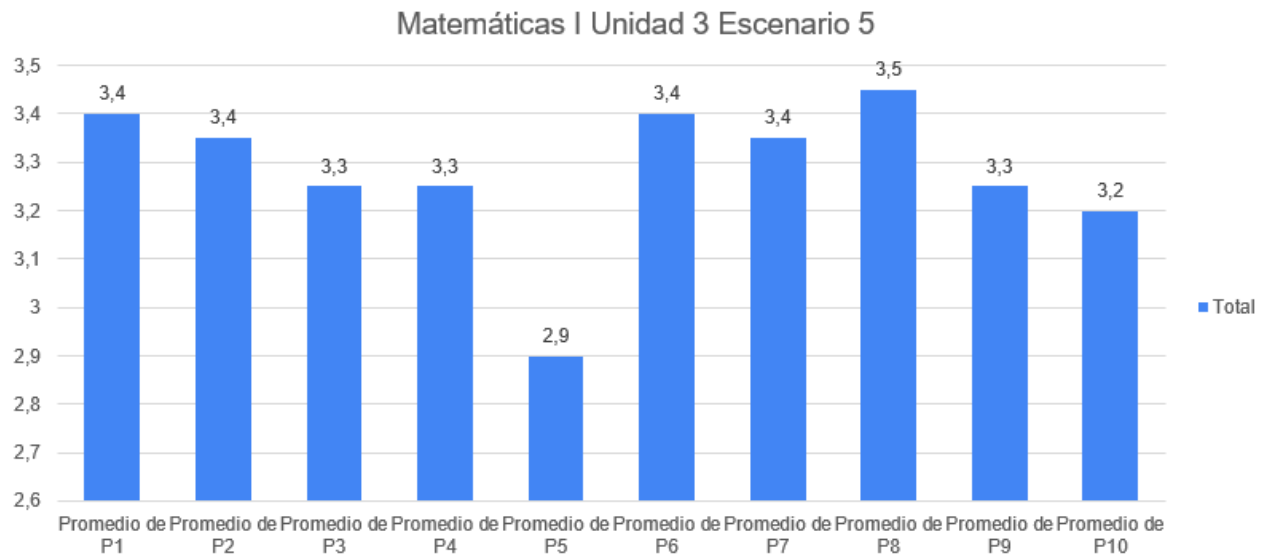
Figura 2.21. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 4



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.

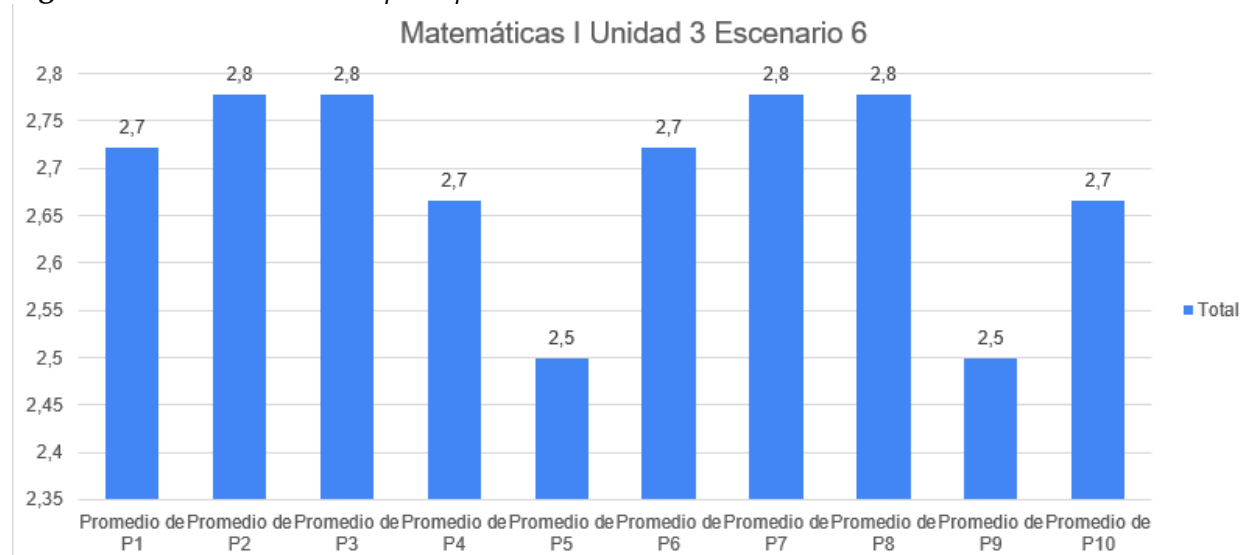
Figura 2.22. Evaluación de los principios de Nielsen en el escenario 5



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



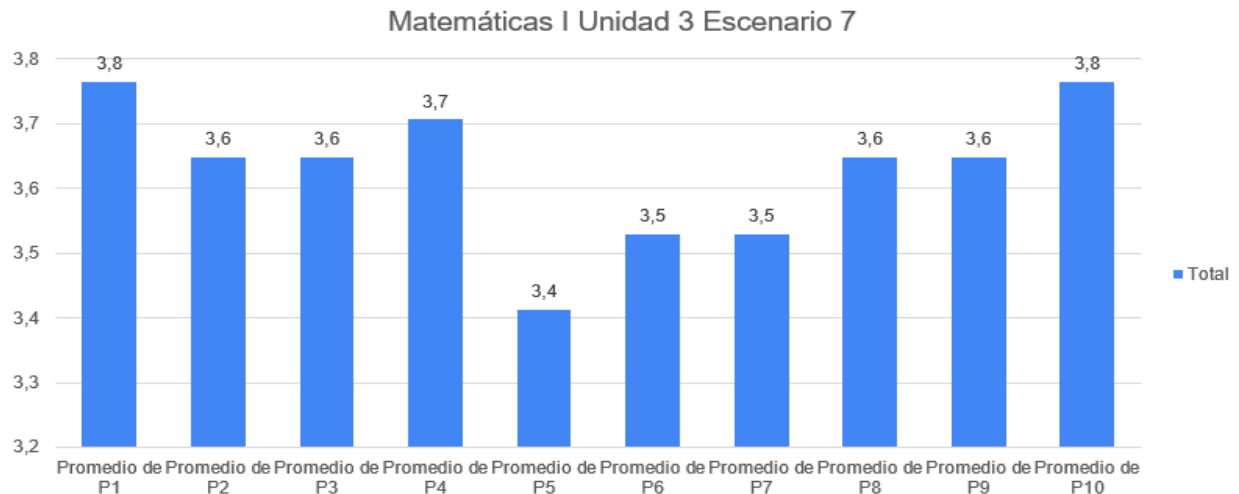
Nota. Resultados de la evaluación al escenario 6 con los 10 principios de Nielsen. Fuente: elaboración propia

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).