



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

“ESTUDIO EXPLORATORIO DE TECNOLOGÍAS DE
METAVERSO PARA EL APOYO DEL APRENDIZAJE
DE LAS MATEMÁTICAS EN EL PRIMER AÑO
DE PRIMARIA”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES

PRESENTA:

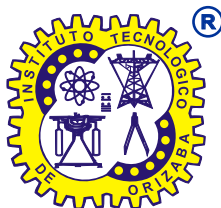
I.S.C. Santa Teresita González Tezoco

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Ulises Juárez Martínez

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Adolfo Centeno Téllez



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

MARZO 2024

Orizaba, Veracruz, **21/marzo/2024**
Dependencia: División de Estudios de
Posgrado e Investigación
Asunto: Autorización de Impresión
OPCION: I

**C. SANTA TERESITA GONZÁLEZ TEZOCA
CANDIDATO A GRADO DE MAESTRO EN:
SISTEMAS COMPUTACIONALES
P R E S E N T E.-**

De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

" Estudio exploratorio de tecnologías de metaverso para el apoyo del aprendizaje de las matemáticas en el primer año de primaria"

comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®



**DRA. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



OG-13-F06





Orizaba, Veracruz, **27/febrero/2024**
Asunto: **Revisión de trabajo escrito**

C. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
ENCARGADA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.

SANTA TERESITA GONZÁLEZ TEZOCCO

La cual lleva el título de:

Estudio exploratorio de tecnologías de metaverso para el apoyo del aprendizaje de las matemáticas en el primer año de primaria

Y concluyen que se acepta.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA – TÉCNICA - CULTURA®

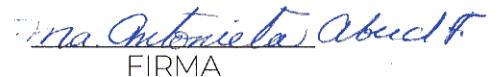
PRESIDENTE: DR. ULISES JUÁREZ MARTÍNEZ


FIRMA

SECRETARIO: DRA. LISBETH RODRÍGUEZ MAZAHUA


FIRMA

VOCAL: M.C. MA. ANTONIETA ABUD FIGUEROA


FIRMA

VOCAL SUP.: DR. ADOLFO CENTENO TÉLLEZ


FIRMA

TA-09-18



CARTA DE ORIGINALIDAD

En la ciudad de Orizaba, Veracruz, el día 21 del mes de marzo del año 2024, el (la) que suscribe Santa Teresita González Tezoco , alumno (a) del programa de Maestría en Sistemas Computacionales con número de control M22010146, manifiesta que es autor (a) del trabajo de tesis titulado “Estudio exploratorio de tecnologías de metaverso para el apoyo del aprendizaje de las matemáticas en el primer año de primaria” y declara que el trabajo es original, ya que su contenido es producto de su directa contribución intelectual. Todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal y, en los casos que así lo requieran, se tienen las debidas autorizaciones de quienes poseen los derechos patrimoniales. Por lo tanto, se hace responsable de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba.



Santa Teresita González Tezoco

Nombre y firma

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Orizaba el día 21 del mes de marzo del año 2024, el (la) que suscribe Santa Teresita González Tezoco alumno (a) del programa de Maestría en Sistemas Computacionales con número de control M22010146, manifiesta que es autor (a) intelectual del trabajo de tesis bajo la dirección del Dr. Ulises Juárez Martínez y ceden los derechos del trabajo intitulado "Estudio exploratorio de tecnologías de metaverso para el apoyo del aprendizaje de las matemáticas en el primer año de primaria" al TecNM/Instituto Tecnológico de Orizaba para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: msc@orizaba.tecnm.mx . Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


Santa Teresita González Tezoco
Nombre y firma

Dedicatoria

A aquellos cuyos ojos se posan sobre estas páginas, espero que este trabajo inspire en ti el mismo fervor por el conocimiento que ha guiado mi camino.

Agradecimientos

A todos aquellos cuyo apoyo y aliento han sido el motor detrás de este logro, mi más profundo agradecimiento.

A los que me recordaron que el aprendizaje es un viaje constante, donde la participación activa y la dedicación son clave para el crecimiento.

A los que me animaron a nunca rendirme, incluso en los momentos más desafiantes. Este logro no habría sido posible sin su aliento constante y su confianza en mi capacidad de alcanzar mis metas.

Gracias por ser parte de esta travesía.

Índice general

Resumen	VIII
Abstract	IX
Introducción	X
1 Antecedentes	1
1.1 Marco teórico	1
1.1.1 Tecnología inmersiva	1
1.1.2 Metaverso	2
Características del metaverso	3
Capas del metaverso	4
La educación y el metaverso	5
1.1.3 Realidad virtual	5
Aplicación de la realidad virtual en la educación	6
1.1.4 Realidad aumentada	6
1.1.5 Realidad mixta	7
1.1.6 Avatar	7
1.1.7 Mundo virtual	7
1.1.8 Second Life	8
1.1.9 Minecraft	8
1.1.10 Roblox	9
Roblox Education	10
1.1.11 Lua	10
1.1.12 Modelo SAMR	10

1.1.13	Modelo TPACK	12
	Componentes del modelo TPACK	12
1.1.14	Guía didáctica	13
1.2	Planteamiento del problema	13
1.3	Objetivo general y específicos	14
1.3.1	Objetivo general	15
1.3.2	Objetivos específicos	15
1.4	Justificación	15
2	Estado de la práctica	17
2.1	Trabajos relacionados	17
2.2	Análisis comparativo	29
2.3	Propuesta de solución	36
2.3.1	Planteamiento de la solución	36
2.3.2	Herramientas tecnológicas utilizadas	37
2.3.3	Factibilidad de implementación de la solución propuesta	37
3	Aplicación de la metodología	38
3.1	Metodología para el desarrollo de la tesis	38
3.1.1	Conocimiento de Contenido (CK) y Conocimiento Pedagógico (PK) en TPACK	39
3.1.2	Conocimiento Tecnológico (TK) en TPACK	40
3.1.3	Integración de SAMR e implementación de <i>MatVers</i>	41
	Diseño del entorno de <i>MatVers</i>	48
	Desarrollo de <i>MatVers</i>	53
	Entorno de inicio de <i>MatVers</i>	53
	Entorno virtual “Mundo jurásico”	58
	Entorno virtual “Mundo medieval”	60
	Entorno virtual “Mundo espacial”	61
	Entorno virtual “Mundo de lava”	61

Entorno virtual “Parque aéreo”	65
4 Resultados	67
4.1 Caso de estudio	67
4.1.1 Objetivo del caso de estudio	67
4.1.2 Contexto y selección de participantes	67
4.1.3 Antecedentes tecnológicos	68
4.1.4 Diseño del caso de estudio	69
4.1.5 Ejecución del caso de estudio	70
Evaluación inicial	70
Registro de sesiones del caso de estudio	75
4.1.6 Evaluación final	81
4.1.7 Integración de las gafas de realidad virtual Oculus quest 2 con MatVers	85
4.1.8 Análisis y discusión de resultados	86
5 Conclusión y recomendaciones	89
5.1 Conclusiones	89
5.2 Trabajo a futuro	90
Referencias	92

Índice de figuras

1.1	Capas del metaverso según <i>Jon Radoff</i>	4
1.2	Niveles del modelo SAMR.	11
1.3	Modelo TPACK.	13
3.1	<i>Mockup</i> de la actividad uno en <i>Roblox</i>	42
3.2	<i>Mockup</i> de la actividad dos en <i>Roblox</i>	44
3.3	<i>Mockup</i> de la actividad tres en <i>Roblox</i>	45
3.4	<i>Mockup</i> de la actividad cuatro en <i>Roblox</i>	47
3.5	<i>Mockup</i> de la actividad cinco en <i>Roblox</i>	48
3.6	<i>Mockup</i> del entorno inicial de <i>MatVers</i>	49
3.7	<i>Mockup</i> de la ventana “Menú”.	49
3.8	<i>Mockup</i> de la ventana “Otros mundos”.	50
3.9	<i>Mockup</i> de la ventana “Configuración”.	50
3.10	<i>Mockup</i> de la ventana “Ayuda”.	51
3.11	<i>Mockup</i> de la ventana “Acerca de este juego”.	51
3.12	<i>Mockup</i> de la ventana “¿Cómo interactuar con <i>MatVers</i> ?”	52
3.13	<i>Mockup</i> de la ventana “¿Cómo interactuar con...?”	52
3.14	<i>Mockup</i> de la pantalla “Cargando”.	53
3.15	Entorno inicial de <i>MatVers</i>	54
3.16	Ventana “Menú” en <i>MatVers</i>	54
3.17	Ventana “Otros mundos” en <i>MatVers</i>	55
3.18	Ventana de “Configuración” en <i>MatVers</i>	55
3.19	Ventana de “Ayuda” en <i>MatVers</i>	56

3.20	Ventana “Acerca de este juego” en <i>MatVers</i>	56
3.21	Ventana “¿Cómo interactuar con MatVers?”.	57
3.22	Ventana “¿Cómo interactuar con...?” en <i>MatVers</i>	57
3.23	Pantalla “Cargando” en <i>MatVers</i>	58
3.24	Entorno virtual “Mundo jurásico”.	59
3.25	Entorno virtual “Mundo medieval”.	60
3.26	Entorno virtual “Mundo espacial”.	61
3.27	Entorno virtual “Mundo de lava”.	62
3.28	Entorno virtual “Parque aéreo”.	65
4.1	Evaluación inicial del sujeto de prueba uno.	70
4.2	Evaluación inicial del sujeto de prueba dos.	71
4.3	Evaluación inicial del sujeto de prueba tres.	71
4.4	Evaluación inicial del sujeto de prueba cuatro.	72
4.5	Evaluación inicial del sujeto de prueba cinco.	72
4.6	Evaluación inicial del sujeto de prueba seis.	73
4.7	Evaluación inicial del sujeto de prueba siete.	73
4.8	Sesión realizada durante el caso de estudio.	75
4.9	Evaluación final del sujeto de prueba uno.	82
4.10	Evaluación final del sujeto de prueba tres.	82
4.11	Evaluación final del sujeto de prueba cuatro.	83
4.12	Evaluación final del sujeto de prueba cinco.	83
4.13	Evaluación final del sujeto de prueba seis.	84
4.14	Interacción con <i>MatVers</i> y <i>Oculus quest 2</i>	86

Índice de tablas

2.1	Análisis comparativo de artículos relacionados.	30
3.1	Análisis de las guías didácticas para el aprendizaje de matemáticas.	39
3.2	Actividad uno en <i>Roblox</i>	41
3.3	Actividad dos en <i>Roblox</i>	43
3.4	Actividad tres en <i>Roblox</i>	44
3.5	Actividad cuatro en <i>Roblox</i>	46
3.6	Actividad cinco en <i>Roblox</i>	47
4.1	Características de equipos de escritorio.	68
4.2	Características del dispositivo móvil.	69
4.3	Resultados de la evaluación inicial.	74
4.4	Registro de sesión uno.	76
4.5	Registro de sesión dos.	76
4.6	Registro de sesión número tres.	77
4.7	Registro de sesión cuatro.	77
4.8	Registro de sesión cinco.	78
4.9	Registro de sesión seis.	79
4.10	Registro de sesión siete.	80
4.11	Resultados de la evaluación inicial.	84

Lista de Códigos

3.1	Código para navegar al entorno virtual “Mundo jurásico”.	58
3.2	Función para habilitar objetos recolectables en el entorno virtual “Mundo jurásico”.	59
3.3	Código para generar operaciones matemáticas de suma en MatVers.	62
3.4	Código para iniciar un cronómetro en el entorno virtual “Parque aéreo”. . .	65

Resumen

La educación primaria enfrenta actualmente un desafío crítico, evidenciado por el informe de 2019 del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, que revela que el 59 % de los estudiantes de sexto grado de primaria presentan un nivel insuficiente en matemáticas. Estos resultados indican dificultades persistentes desde los primeros años escolares, generando una situación preocupante en el aprendizaje matemático.

En respuesta a esta problemática, este proyecto de tesis propone la integración de la aplicación “*MatVers*: el metaverso de las matemáticas” integrada en la plataforma *Roblox*. Dentro de este entorno, se implementó un método de aprendizaje centrado en el conteo de números y sumas de uno y dos dígitos, utilizando un enfoque basado en modelos de integración de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en particular, los modelos SAMR (de las siglas en inglés *Substitution, Augmentation, Modification and Redefinition*) y TPACK (del inglés *Technological Pedagogical Content Knowledge*). La combinación de estos modelos permitió diseñar un entorno de aprendizaje interactivo e innovador, ya que, no solo se incorporó la tecnología de manera efectiva, sino que también se tomó en cuenta la complejidad del conocimiento pedagógico y del contenido, logrando así una experiencia educativa más enriquecedora.

Este proyecto busca abordar la necesidad de herramientas tecnológicas que se adapten a los entornos educativos, innovando y mejorando el proceso de aprendizaje a través de novedosos entornos virtuales. La implementación de *MatVers* se posiciona como una estrategia para revitalizar el interés y la eficacia en la enseñanza de las matemáticas, proporcionando una solución integrada y atractiva para mejorar los resultados educativos en la educación básica.

Abstract

The elementary school of education is currently facing a critical challenge, as evidenced by the 2019 report from the National Institute for the Evaluation of Education, revealing that 59 % of sixth-grade students have insufficient proficiency in mathematics. These findings indicate persistent difficulties from the early years of schooling, creating a concerning situation in mathematical learning.

In response to this issue, this thesis project proposes the integration of the application “MatVers: el metaverso de las matemáticas” integrated in the Roblox platform. Within this environment, a learning method focused on counting numbers and one- and two-digit sums was implemented, using an approach based on Information and Communication Technology (ICT) integration models, in particular, the SAMR (Substitution, augmentation, Modification and Redefinition) and TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) models. The combination of these models allowed the design of an interactive and innovative learning environment, since not only was technology effectively incorporated, but also the complexity of pedagogical knowledge and content was taken into account, thus achieving a more enriching educational experience.

This project seeks to address the need for technological tools that adapt to educational environments, innovating and improving the learning process through novel virtual environments. The implementation of MatVers is positioned as a strategy to revitalize interest and effectiveness in the teaching of mathematics, providing an integrated and attractive solution to improve educational outcomes in basic education.

Introducción

Hoy en día, el uso de la tecnología, como la realidad aumentada (RA) o la realidad virtual(RV), por mencionar algunas, se refleja en actividades cotidianas como la comunicación, el trabajo o la educación. En esta última, el impacto de la tecnología inmersiva ha resultado en la evolución y mejora de los tradicionales métodos de enseñanza, implementando actividades que antes eran imposibles de hacer en un salón de clases. De acuerdo con trabajos de investigación realizados anteriormente, el uso de la RA o RV con fines educativos permite que los alumnos se interesen en comprender la resolución de problemas matemáticos, influyendo positivamente en el resultado final de su aprendizaje. Sin embargo, según reportes estadísticos llevados a cabo por instituciones evaluadoras de la educación en México y Latinoamérica, el aprendizaje de las matemáticas aún es uno de los problemas que más se presenta en niños que cursan los primeros niveles de educación básica.

Con base en lo anterior, en el presente proyecto de tesis se propuso integrar una aplicación en la plataforma de metaverso *Roblox*, diseñada para niños de primer grado de primaria en México, con el objetivo de apoyar el aprendizaje del conteo de números y sumas de uno y dos dígitos. Esto proporcionaría una experiencia interactiva y enriquecedora para los estudiantes. Además de explorar las tecnologías de metaverso existentes aplicadas en el contexto educativo.

Para proporcionar una visión más completa de esta investigación, el presente documento está estructurado en cinco capítulos que se describen a continuación.

El capítulo uno se centra en presentar los conceptos clave para la comprensión del proyecto, detallar el planteamiento del problema; establecer el objetivo general y los objetivos específicos, y finalmente, presentar la justificación del proyecto.

En el capítulo dos se detallan y analizan los estudios previos y trabajos relacionados con el uso de la tecnología en el contexto educativo. Asimismo, se expone la propuesta de solución y se describen las herramientas a utilizar para lograr los objetivos de la tesis.

En el capítulo tres se expone el desarrollo de la metodología de la tesis y se exploran las características y capacidades de la plataforma de metaverso *Roblox* en el contexto educativo.

El capítulo cuatro se enfoca en presentar los resultados obtenidos tomando como base un caso de estudio como prueba de concepto.

En última instancia, en el capítulo 5 se detallan las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo 1

Antecedentes

El presente capítulo se organiza en tres secciones secuenciales. En primer lugar, se procede a la exposición de los conceptos fundamentales relacionados directamente con el contexto de la presente investigación. Seguidamente, se enuncian de manera precisa y concisa el objetivo general y los objetivos específicos. Por último, se aborda detalladamente la justificación que respalda y fundamenta la relevancia del presente proyecto.

1.1. Marco teórico

En el siguiente apartado, se detallan los conceptos de mayor relevancia vinculados al tema de estudio, con el propósito de fomentar una comprensión más profunda del desarrollo de la presente investigación.

1.1.1. Tecnología inmersiva

La tecnología inmersiva “es aquella que amplía la realidad o crea una nueva, aprovechando el espacio de 360°; por lo que los usuarios pueden observar el contenido en cualquier dirección. Algunos tipos de tecnología inmersiva amplían la realidad, superponiendo imágenes digitales al entorno del usuario. Otras crean una nueva realidad, aislando por completo al usuario del resto del mundo y sumergiéndolo en un entorno digital” [1].

En el ámbito actual la realidad virtual (RV), la realidad aumentada (RA) y la realidad mixta (RM) destacan como algunas de las principales tecnologías inmersivas. Estas

innovadoras tecnologías exhiben la notable capacidad de recrear entornos sensoriales e interactivos que potencian la experiencia humana en diversos ámbitos, desde la educación y la medicina hasta la industria del entretenimiento o la ingeniería.

1.1.2. Metaverso

El término metaverso, desde el punto de vista lingüístico, es un término compuesto de la combinación de dos palabras (del griego) meta “más amplio” o “que trasciende” y la palabra universo por lo cual “metaverso” significa “algo que trasciende el universo”. Fue utilizado por primera vez por *Neal Stephenson* en su novela *Snow Crash* de 1992 donde refiere este concepto a un mundo de ciencia ficción [2].

Meta, antes *Facebook* y actualmente una de las compañías tecnológicas más importantes del mundo [3], define al metaverso como “la nueva evolución de las conexiones sociales y el sucesor de Internet en el celular, que ayudará a conectar personas que estén en diferentes lugares como si estuviesen presencialmente en el mismo sitio, ofreciendo nuevos métodos para conectarse y compartir experiencias, que pueden ir desde trabajar, jugar, aprender o comprar”. Asimismo, señala que a este conjunto de espacios digitales se podrá acceder desde diferentes dispositivos, como el teléfono o la computadora, así como desde dispositivos de realidad virtual, para tener una total inmersión [4].

Por su parte, Frank X. Shaw, Director de Comunicaciones de *Microsoft* [5], detalla al metaverso como “un mundo digital persistente que está conectado con muchos aspectos del mundo físico, incluidas personas, lugares y cosas, lo que permite compartir experiencias entre el mundo físico y el mundo digital”. Asimismo, expone que “a medida que las empresas aceleran su transformación digital, el metaverso tendrá la capacidad de ayudar a las personas a reunirse en un entorno digital, hacer que las reuniones sean más cómodas con el uso de avatares y facilitar la colaboración creativa desde todo el mundo”.

Características del metaverso

Las definiciones previamente expuestas engloban de manera concisa no solo la esencia del concepto de metaverso, sino también sus características fundamentales, como su naturaleza virtual y la capacidad de interactuar en tiempo real con otros usuarios. Sin embargo, es de vital importancia destacar aquellos atributos que resultan cruciales para delinear con precisión al metaverso y que lo distinguen de la realidad virtual o la realidad aumentada. Estas características se centran en la interconectividad, la persistencia y la concurrencia, cuyo papel resulta fundamental en la definición y comprensión integral del metaverso.

1. La persistencia (permanencia) se refiere a la capacidad del metaverso de ser accesible en todo momento y de mantener la información y el estado de los objetos o elementos que lo conforman incluso después de que los usuarios se hayan desconectado.
2. La interconectividad tiene lugar a través de contenidos sociales u objetos virtuales, donde múltiples usuarios interactúan entre sí y se refiere a la capacidad de los mundos virtuales para estar interconectados y comunicarse entre sí, lo que permite a los usuarios interactuar y moverse sin problemas entre diferentes entornos virtuales. Esto es importante para el metaverso, ya que permite una experiencia más integrada y diversa para los usuarios, y puede mejorar la interoperabilidad y la accesibilidad del mundo virtual [6].
3. La concurrencia es uno de los principales fundamentos del metaverso. Significa que varias cosas ocurren al mismo tiempo, es decir, permite que varios usuarios estén activos en el mismo momento, lo que permite la colaboración y la interacción en tiempo real en el mundo virtual lo que puede conducir a una experiencia más inmersiva y social [7].

Capas del metaverso

Con el propósito de simplificar y estructurar de manera conceptual el metaverso, Jon Radoff, autor y empresario [8], emprendió el análisis de este fenómeno desde una perspectiva centrada en la generación de valor. En su investigación, identificó siete capas fundamentales (ver 1.1) que representan distintas etapas en la cadena de valor del metaverso. Estas capas ofrecen una comprensión más profunda sobre cómo aprovechar las oportunidades, innovaciones tecnológicas y resolver problemas inherentes a este entorno digital. Cabe mencionar que, dado su carácter interdependiente, ninguna capa ostenta una relevancia superior a las demás.

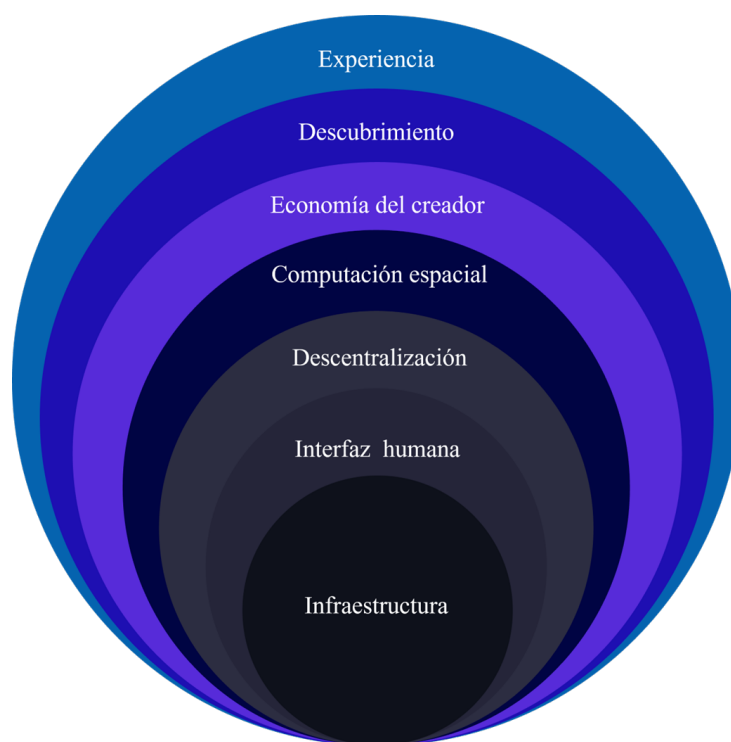


Figura 1.1: Capas del metaverso según *Jon Radoff*.

Adaptado de [8].

De acuerdo con Radoff, las siete capas del metaverso abarcan desde la infraestructura esencial para la construcción y la interacción en el entorno virtual hasta la creación de experiencias que emulan la realidad tangible. Este enfoque facilita una comprensión más

precisa de los elementos que deben constituir una parte integral del metaverso durante su proceso evolutivo.

La educación y el metaverso

En la educación, el metaverso no es un concepto nuevo, ya que investigadores y profesores analizan, desde 2007, su potencial para mejorar la experiencia del aprendizaje centrándose en los factores que influyen en la adopción del metaverso por parte de estudiantes o profesores [9]. Sin embargo, en los últimos años, el metaverso tomó gran relevancia en el campo de la educación debido a su capacidad de extender el aprendizaje físico a través de tecnologías virtuales y aumentadas para construir un espacio social educativo donde los estudiantes pueden interactuar y socializar con sus compañeros mientras aprenden. Además de adaptar una amplia gama de lecciones y enfoques educativos debido a la naturaleza flexible y configurable de los espacios virtuales [10]. *Second Life*, *Minecraft*, *Decentraland* o *Roblox* son algunas de las plataformas del metaverso que se utilizan como herramientas de apoyo en el aprendizaje debido a que ofrecen oportunidades únicas para la enseñanza en línea, al permitir la creación de experiencias inmersivas y colaborativas en entornos virtuales.

1.1.3. Realidad virtual

La realidad virtual es una tecnología totalmente inmersiva, lo que hace que los sentidos creen que se está en un entorno o mundo diferente al real. Mediante un dispositivo de visualización colocado en la cabeza o casco, el usuario experimenta un mundo de imágenes y sonidos generados por computadora en el que manipula objetos y se desplaza mediante controladores táctiles mientras está conectado a una consola o computadora [11].

En [12] el concepto de realidad virtual se describe como aquella en la que el usuario se sumerge, mediante un visor, en otra realidad o espacio diferente al que se encuentra. Deja de ver el lugar en el que se encuentra ubicado, para, a modo de “teletransportación”, estar

en otra realidad e interactuar con los elementos virtuales que la componen, simulando una experiencia sensorial completa.

Aplicación de la realidad virtual en la educación

Con el rápido avance de las tecnologías de inmersión en el ámbito del entretenimiento, la aplicación de la realidad virtual se extendió al contexto educativo con el propósito de potenciar, a través de la tecnología, el proceso de aprendizaje de los estudiantes y fomentar nuevas modalidades de educación y colaboración que trasciendan el entorno convencional del aula. La implementación de la realidad virtual en el proceso de enseñanza y aprendizaje se lleva a cabo con una variedad de objetivos. A continuación, se presentan algunos de ellos:

1. Enseñar a los estudiantes, en primera persona, una actividad o procedimiento para entender con mayor claridad el resultado final, por ejemplo, un experimento de física.
2. Experimentar, en primera persona, un acontecimiento o hecho histórico.
3. Visitar de manera virtual cualquier parte del mundo, ya sea real o ficticio, sin la necesidad de desplazarse físicamente.
4. Vivenciar, mediante narraciones, experiencias inmersivas que provoquen emociones, con el fin de implicar y motivar aún más a los alumnos.
5. Permitir que el estudiante cree su propio contenido y ponga en práctica diversas habilidades y conocimientos.

1.1.4. Realidad aumentada

La realidad aumentada se caracteriza por superponer información digital a elementos del mundo real, es decir, mantiene el mundo real en el centro, pero lo mejora añadiendo detalles digitales y superponiendo nuevos niveles de percepción [11].

En el artículo “*Rutas inmersivas de realidad virtual como alternativa tecnológica en el proceso educativo*” [12], los autores señalan que en la realidad aumentada, se incluye información “enriquecida” (ya sean elementos 3D, sonidos, imágenes, videos o datos GPS) a la realidad “real”. Esta información se suele añadir a través de determinadas “marcas” específicas y visualizarla con el hardware o dispositivos que las soportan.

1.1.5. Realidad mixta

La Realidad Mixta (RM) combina elementos del mundo real con elementos digitales. Permite al usuario ver el mundo real que lo rodea mientras interactúa con un entorno virtual utilizando sus propias manos a través de tecnologías de detección e imágenes [11].

Juca et al. [12] señalan que la realidad mixta no consiste solo en añadir elementos virtuales a la realidad “real”, como ocurre con la realidad aumentada, sino que combina las “diferentes realidades”, creando nuevos escenarios, en los que objetos reales y virtuales coinciden en un mismo plano e interactúan entre sí en tiempo real.

1.1.6. Avatar

Un avatar se define como “una representación en pantalla de usuarios de Internet y jugadores” [13] y como “una representación digital de uno mismo en un mundo virtual” [14].

1.1.7. Mundo virtual

Un mundo virtual, conocido en inglés como *Virtual World* (VW), se define como un entorno inmersivo accesible a través de Internet que representa gráficamente un espacio físico tridimensional, permitiendo niveles significativos de interacción para compartir experiencias e información.

Mediante una interfaz gráfica, los usuarios ingresan a un mundo virtual en forma de “avatar”, mediante el cual exploran, socializan y participan en actividades grupales o individuales en tiempo real.

Según la definición propuesta por Girvan [15], el concepto de mundo virtual se caracteriza como un entorno de simulación, destacando su distinción del mundo material o físico a través de los diversos tipos de experiencias accesibles para el usuario. Esta distinción se logra gracias a la combinación de diversas características técnicas, siendo el avatar un elemento fundamental en este proceso.

1.1.8. Second Life

Second Life (SL) es un entorno tridimensional virtual desarrollado en 2003 por *Linden Lab*, una compañía privada estadounidense [16] que cuenta con miles de experiencias y comunidades virtuales, que pueden ir desde clubes de música, comunidades de rol, cines virtuales, entre otras.

Caracterizado por dar a sus usuarios la capacidad de crear digitalmente su propio entorno ideal, Second Life creó una economía virtual impulsada por *Tilia* (una empresa de servicios monetarios registrada y autorizada en Estados Unidos como transmisor de dinero) donde los usuarios pueden crear, intercambiar y vender sus creaciones a cambio de dinero virtual conocido como dólares Linden (L\$) [17].

Desde hace más de 17 años, empresas e instituciones educativas utilizan SL para realizar reuniones, conferencias y colaboraciones a distancia, ya que, a diferencia de las soluciones tradicionales de videoconferencia, Second Life permite a los asistentes expresarse con avatares únicos en un espacio 3D compartido y colaborativo que también admite audio y chat de texto en tiempo real reduciendo el tiempo y los costos de desplazamiento, aumentando la creatividad y la innovación y mejorando la colaboración y la comunicación [18].

1.1.9. Minecraft

Minecraft es un metaverso centralizado en tres dimensiones (3D) que cuenta con más de 150 millones de usuarios activos al mes. De acuerdo con el reporte *Transforming Education with Minecraft? Results of an exploratory study conducted with 118 elementary-school student* realizado en 2017, *Minecraft* es el segundo videojuego más popular, con más de

100 millones de copias vendidas en todo el mundo [19] disponible para *Xbox*, *Playstation* 4, *Nintendo Switch*, *iOS*, *Android* y *Windows*.

Orientado al contexto educativo, *Minecraft: Education Edition* es una plataforma de aprendizaje basada el popular juego de *Minecraft* que promueve la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas en un entorno digital inmersivo, que tiene la posibilidad de utilizarse en combinación con un plan de estudios y en cualquier nivel escolar [20].

Minecraft: Education Edition (1) ofrece la posibilidad de que los estudiantes colaboren en proyectos con el modo multijugador, (2) posee contenido de aprendizaje y guías de plan de estudio para diferentes asignaturas, como historia y matemáticas comprendiendo más de 600 lecciones predefinidas alineadas con criterios para atraer el interés de los alumnos en todas las áreas de estudio y (3) contribuye en el desarrollo de habilidades como la resolución creativa de problemas, la comunicación y el pensamiento sistemático.

1.1.10. Roblox

Roblox es una plataforma que alberga más de 19 millones de juegos y experiencias multijugador. Desde su creación en 2006, su popularidad aumentó considerablemente llegando a ser una de las principales plataformas de entretenimiento en línea para niños y adolescentes. De acuerdo con el reporte *Dubit Guide to Roblox for Brands* más de 200 millones de niños juegan *Roblox* cada mes logrando que los juegos mejores calificados tengan más de 1,000 millones de reproducciones además de contar con un aproximado de 35,000 desarrolladores que ganan dinero en esta plataforma [21].

Debido a que su audiencia principal está conformada en su mayoría por menores de edad, *Roblox* trabaja con padres, educadores y expertos en seguridad digital para promover un entorno acogedor para todos incluyendo funciones como filtros de chat, servidores privados y una amplia moderación de contenidos. Como padres o docentes es posible aplicar el control parental con ayuda de un PIN, y además, es posible monitorear la actividad y el historial de chats, mensajes privados, compras y creaciones, así como revisar las experiencias reproducidas en cierto periodo de tiempo.

Asimismo, prioriza la seguridad y la privacidad al dar cumplimiento a normas como la Ley de Protección de la Privacidad Infantil en Internet (en inglés: *Children's Online Privacy Protection Rule - COPPA*) de Estados Unidos, la cual impone determinados requisitos a los operadores de sitios web o servicios en línea dirigidos a niños menores de 13 años, y a los operadores de otros sitios web o servicios en línea que tengan conocimiento real de que están recopilando información personal en línea de un niño menor de 13 años [22].

Roblox Education

Orientado al contexto educativo, *Roblox Education* es la evolución de *Roblox* mediante la cual se crean experiencias de aprendizaje inmersivas que inspiran la creatividad, colaboración, el pensamiento crítico e impulsan la motivación de los alumnos mediante la creación de entornos de aprendizaje dinámicos que dan vida a los contenidos educativos como fenómenos científicos, eventos históricos o conceptos matemáticos [23].

1.1.11. Lua

Lua es “un lenguaje de programación extensible diseñado para una programación procedimental general con utilidades para la descripción de datos. También ofrece un buen soporte para la programación orientada a objetos, programación funcional y programación orientada a datos” [24].

1.1.12. Modelo SAMR

Desarrollado en 2010 por el Dr. Rubén Puentedura, el Modelo SAMR (de las siglas en inglés *Substitution, Augmentation, Modification, and Redefinition*) es una herramienta que se utiliza para diseñar, desarrollar e integrar Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación con el fin de alcanzar altos niveles de aprendizaje [25].

Este modelo establece cuatro niveles (ver 1.2) que ayudan a los docentes a visualizar cómo usar la tecnología en la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

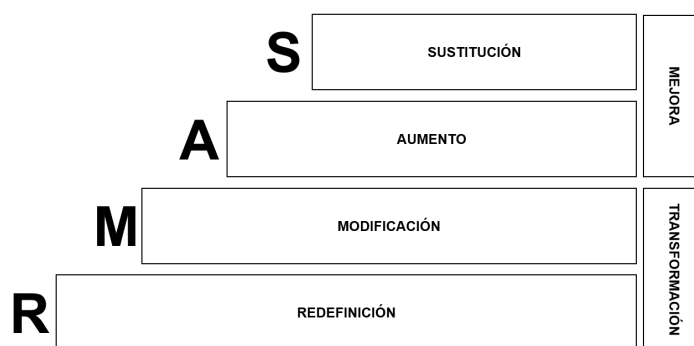


Figura 1.2: Niveles del modelo SAMR.

Adaptado de [25].

1. Sustitución: En este nivel, las TIC fungen como herramienta sustituta directa, sin cambio funcional, es decir, los docentes integran las TIC en sus métodos de enseñanza-aprendizaje de manera que los estudiantes realizan las mismas tareas que antes cumplían sin utilizar tecnología. En este nivel no se efectúa ningún cambio en la enseñanza de las actividades, sin embargo, aunque no existe cambio en el proceso de enseñanza/aprendizaje, el uso de las TIC representa una disposición más favorable de los estudiantes hacia el aprendizaje de un tema.
2. Aumento: Durante este nivel las TIC actúan, al igual que en el primer nivel, como herramientas sustitutas directas, pero con mejora funcional, lo que significa que, aunque tampoco se presentan cambios en la didáctica de las actividades, el uso de las TIC pasa a manos de los estudiantes de una manera mucho más activa, quienes las utilizan para realizar tareas y actividades propuestas en el salón de clases.
3. Modificación: A lo largo de este nivel, el uso de las TIC aporta un cambio funcional significativo, ya que el docente reformula las actividades de aprendizaje que lleva a cabo regularmente en el aula basado en el uso intencionado, enfocado y efectivo que se les quiera dar a las TIC, lo cual permite adaptar las actividades a los medios tecnológicos disponibles en la institución educativa.

4. Redefinición: En este último nivel, las TIC permiten crear nuevas actividades y ambientes que mejoran la calidad educativa y que antes eran imposibles de realizar. Aquí, la colaboración entre estudiantes es indispensable y las TIC facilitan la comunicación entre ellos [26].

1.1.13. Modelo TPACK

El modelo *TPACK* se enfoca en analizar los diversos conocimientos que los profesores deben poseer para incorporar las TIC de manera efectiva en su labor docente, con el objetivo de facilitar un aprendizaje significativo en los estudiantes. Al mismo tiempo, aborda la naturaleza compleja, multifacética y situada del conocimiento que debe tener el profesor. El modelo TPACK expande la noción de Shulman sobre el conocimiento pedagógico del contenido (*PCK*, por sus siglas en inglés) [27].

Componentes del modelo TPACK

Lo significativo que propone este modelo es que el docente debe estar capacitado para incluir las TIC en el contexto formativo, no solo la comprensión de las tres formas primarias de conocimiento: tecnológico (TK), pedagógico (PK) y el conocimiento de contenido (CK) de manera aislada, sino que se debe tomar en cuenta la intersección de cada uno de ellos, es decir, el conocimiento pedagógico del contenido (PCK), el conocimiento tecnológico del contenido (TCK), el conocimiento tecnológico pedagógico (TPK) y el conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) como se muestra en la figura 1.3.

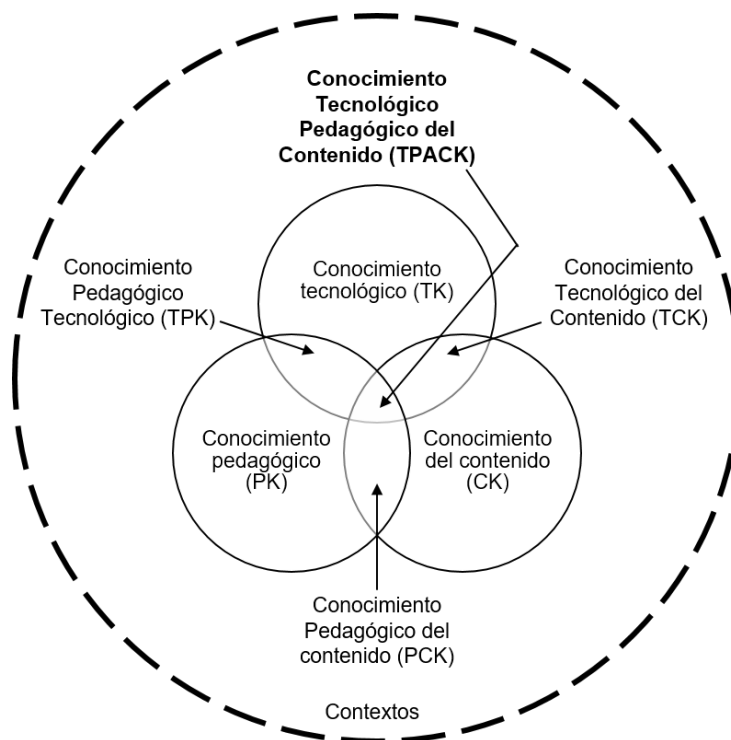


Figura 1.3: Modelo TPACK.

Adaptado de [27].

1.1.14. Guía didáctica

Una guía didáctica es “un recurso didáctico, material o virtual, que utiliza un docente con un fin general o específico y que permite planificar, orientar, organizar, dirigir o facilitar la enseñanza - aprendizaje como proceso único” [28].

1.2. Planteamiento del problema

De acuerdo con el informe realizado en 2019 por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) y con base en la información proporcionada por el Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA) en México, “en matemáticas de sexto grado de primaria, 59 % de los alumnos se encuentran ubicados en el nivel I (dominio insuficiente); 18 % en el nivel II (dominio básico); 15 % en el nivel III (dominio satisfactorio)

y sólo 8 % se ubica en el nivel IV (dominio sobresaliente)” [29]. El obtener un porcentaje elevado en el dominio insuficiente muestra un panorama educativo preocupante en esta materia concluyendo que desde el inicio del nivel primaria los alumnos presentan problemas en el aprendizaje matemático. Lo anterior se ve reflejado en el cuarto Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE) realizado en 2019 por el Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE) en donde se señala que el 35 % de los estudiantes de tercer grado de primaria participantes en la prueba de matemáticas no cumplieron con el nivel de desempeño mínimo esperado [30].

Para impulsar y promover el aprendizaje de matemáticas en los primeros niveles educativos es necesario que los docentes implementen métodos que sean estimulantes y de interés para los alumnos y busquen que no solo comprendan las matemáticas, sino que también las disfruten. Por ejemplo, plataformas como *Minecraft Education Edition* o *Second Life* disponen de herramientas que permiten crear experiencias y nuevas formas de interacción entre alumnos y profesores en mundos virtuales, con el fin de fortalecer el proceso de aprendizaje utilizando herramientas tecnológicas como la RV, la RA o tecnologías del metaverso que captan y redirigen la atención de los niños para hacer más dinámica esta etapa académica.

Debido a lo expuesto previamente, en la literatura se encuentran diversos reportes de investigación enfocados en el uso de tecnologías inmersivas y del metaverso como estrategias para potenciar y evaluar el proceso de aprendizaje de las matemáticas en los niños mediante la generación de nuevas experiencias y sensaciones de aprendizaje.

1.3. Objetivo general y específicos

En las próximas secciones, se exponen el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación.

1.3.1. Objetivo general

Integrar una aplicación en el metaverso que apoye el aprendizaje de las matemáticas en el primer año de primaria basada en guías didácticas y guías de desarrollo para el metaverso.

1.3.2. Objetivos específicos

- Revisar y analizar las tecnologías disponibles del metaverso para el contexto educativo en primer año de primaria.
- Revisar e identificar la guía de desarrollo más apropiada para el metaverso.
- Revisar e identificar las guías didácticas más convenientes para el aprendizaje de matemáticas enfocadas al primer año de primaria de acuerdo con la factibilidad de aplicación de la tecnología del metaverso apropiada.
- Integrar una aplicación para el reforzamiento en el aprendizaje de las matemáticas en el primer año de primaria mediante un marco de trabajo o plataforma de metaverso seleccionada basado en las guías didácticas seleccionadas.
- Desarrollar un caso de estudio que muestre las ventajas de aplicar tecnologías de metaverso para el aprendizaje de las matemáticas en el primer año de primaria.

1.4. Justificación

Los resultados de las pruebas de matemáticas revelan una preocupante situación en la educación en México, ya que la mayoría de los alumnos de primaria no logran alcanzar el nivel de aprendizaje esperado. Esto evidencia un problema, ya que la gran mayoría de los estudiantes, desde su ingreso al primer año de primaria e incluso en grados superiores, continúan presentando un bajo rendimiento académico y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, especialmente en áreas como el conteo de números y sumas de dos dígitos.

Derivado de esto y dado el desarrollo de la tecnología dirigida a la educación cada vez más investigadores se enfocan en realizar indagaciones sobre el impacto del uso de tecnologías inmersivas como la realidad virtual o aumentada como estrategias para mejorar el aprendizaje en comparación con métodos de enseñanza tradicionales.

La importancia del desarrollo del presente proyecto radica en que se centra en proporcionar una aplicación para el reforzamiento del aprendizaje de las matemáticas mediante un marco de trabajo o plataforma de metaverso dirigido a niños de nivel primaria, además de enfocarse en contribuir al estado del arte sobre la implementación de tecnologías del metaverso para el desarrollo de aplicaciones que apoyen el aprendizaje de las matemáticas en el nivel primaria con la finalidad de que los investigadores cuenten con un estudio que ayude a establecer los precedentes de sus propuestas.

Capítulo 2

Estado de la práctica

En la actualidad, diversos investigadores están llevando a cabo el desarrollo e implementación de tecnologías inmersivas en el contexto educativo con el propósito de proporcionar herramientas que potencien el proceso de aprendizaje, en contraposición a los enfoques pedagógicos convencionales.

En el siguiente apartado, se presenta un resumen general de las investigaciones más pertinentes que guardan una relación directa o indirecta, en su totalidad o en parte, con el tema propuesto.

2.1. Trabajos relacionados

Van Der Stappen et al. [31] abordaron en su investigación el problema que presentaban los juegos educativos basados en computadora en los entornos de las aulas, como las diferentes ubicaciones físicas del salón de clases y de las computadoras, que dificultaban la integración de los videojuegos con los materiales educativos, así como el efecto positivo que generaba la interacción social en el contexto educativo. Para resolver lo anterior se desarrolló un juego de aprendizaje colaborativo basado en realidad aumentada para el aula de matemáticas de primaria, llamado *MathBuilder*. Los resultados preliminares del estudio llevado a cabo demostraron que *MathBuilder* contó con el potencial para mejorar la motivación de aprendizaje de los estudiantes en el aula de matemáticas y les ayudó a comunicarse entre sí en relación con los contenidos matemáticos.

En [32] la problemática abordada fue que debido a la dificultad de las matemáticas y a la mayor demanda de esfuerzo que requiere los estudiantes no estaban interesados en sus tareas escolares. Para obtener un alto grado de motivación, actitudes positivas e interés hacia las matemáticas por parte de los alumnos y lograr un alto rendimiento se diseñó un juego de realidad aumentada, llamado *See Me Roar* basado en la Teoría de la Autodeterminación (TAD). Para investigar el efecto del juego en la motivación de aprendizaje de los niños en comparación con el efecto de un ejercicio en papel más tradicional, se realizaron dos estudios de usuarios, uno en China y otro en una escuela internacional de los Países Bajos. Los resultados obtenidos demostraron que, en comparación con un ejercicio tradicional en papel, el juego de realidad aumentada mejoró significativamente una serie de correlaciones motivacionales como el interés, el disfrute, el deseo de hacer el ejercicio matemático en el tiempo libre, la recomendación a los demás y, en general, hacer las matemáticas más divertidas. Tanto los niños chinos como los internacionales optaron por elegir el juego sobre el ejercicio en papel.

En su investigación, Karsenti et al. [19] abordaron, en primer lugar, los temores que padres y educadores tenían acerca del videojuego *Minecraft*, habitualmente basados en la opinión generalizada de que los videojuegos eran perjudiciales para los niños, que provocaban conflictos domésticos, que inspiraban violencia, etc., y en segundo término la falta de conciencia acerca del enorme potencial que tenía el uso apoyado, intencionado y educativo de *Minecraft* para el aprendizaje. Mediante un estudio exploratorio se identificaron los usos, beneficios y desafíos de la integración de *Minecraft* en las aulas con fines de enseñanza y aprendizaje en donde se tuvo la participación de 118 estudiantes de tercero a sexto grado de una escuela de lengua francesa en el área del Gran Montreal (Canadá) durante el ciclo escolar 2016 - 2017. Los resultados obtenidos demostraron que el uso apoyado, educativo y con propósito de *Minecraft* benefició significativamente el aprendizaje de los estudiantes, ya que estimulaba y mantenía el compromiso de los alumnos con las actividades llevadas a cabo dentro del juego permitiéndoles desarrollar una serie de habilidades de aprendizaje, como la motivación, la programación informática, las habilidades informáticas básicas y la colaboración.

En [33], Suh y Ahn destacaron que la pandemia de COVID-19 impulsó la adopción de varias tecnologías educativas como la Realidad Aumentada (RA), la Realidad Virtual (RV) y el metaverso. los autores definieron el concepto de metaverso como un entorno digital inmersivo que permite a los usuarios interactuar con avatares virtuales en ámbitos que abarcan desde lo político y económico hasta lo social y cultural, generando así un tema de discusión cada vez más recurrente. Un ejemplo claro de su progreso es la plataforma de juegos en línea *Roblox*, que cuenta con una base de 199 millones de usuarios mensuales, de los cuales el 54,86 % son menores de 13 años. En el contexto educativo, se comprobó que los docentes recurren regularmente a recursos tecnológicos para mejorar la experiencia de aprendizaje en el aula. En consecuencia, según los autores, el uso del metaverso en la educación está adquiriendo cada vez más relevancia. Por ejemplo, se constató que el aprendizaje significativo a través de Mundos Virtuales (VW) tiene el potencial de brindar numerosas oportunidades educativas. Además, investigaciones sobre el impacto de la tecnología de realidad aumentada en la educación primaria durante el brote de COVID-19 revelaron que ésta mejora las capacidades cognitivas de los estudiantes en términos de retención de conocimientos y creatividad. A pesar de que estos estudios se centran en tecnologías como la realidad virtual y la realidad aumentada, es crucial dirigir la atención hacia el ámbito educativo del metaverso. En este contexto, los autores llevaron a cabo un análisis de las experiencias y actitudes del metaverso en la educación centrada en el alumno, con el objetivo de determinar el grado de relación entre este entorno virtual y la vida de los estudiantes de educación primaria. Para llevar a cabo este estudio, se realizó una encuesta entre 336 estudiantes de escuelas primarias en Corea del Sur durante el período de junio a julio de 2021. Los resultados de la encuesta revelaron que, en promedio, el 97.9 % de los estudiantes de primaria habían tenido experiencias previas con el metaverso, y un 95.5 % de ellos lo consideraba estrechamente vinculado a su vida diaria. Esto demostró de manera estadísticamente significativa que el uso educativo del metaverso puede ser beneficioso para la mayoría de los estudiantes.

En [34] el problema abordado fue la falta de comprensión sobre la materia de matemáticas por parte de los estudiantes desde el nivel básico, ya que tenían temor de aprender

esta asignatura desde su infancia. Para dar solución a la problemática planteada los autores desarrollaron una aplicación de realidad aumentada llamada *Mathify* para mitigar los problemas a los que se enfrentan los niños en el aprendizaje de la base de las matemáticas, enfocada principalmente al conteo, misma que también incluyó una fase de evaluación para comprobar la eficiencia del aprendizaje de los niños entre 3 y 5 años de edad. Los resultados mostraron que el juego era una aplicación de aprendizaje adecuadamente diseñada mezclando elementos de entretenimiento y educación a partes iguales, de igual manera los autores concluyeron que la eficacia del aprendizaje se multiplicó con la introducción de la tecnología interactiva.

El estudio realizado por Lozada Yáñez et al. [35] abordó las dificultades de aprendizaje que presentaban los estudiantes al no asimilar correcta y fácilmente ciertos contenidos de carácter abstracto durante las primeras etapas del aprendizaje de las matemáticas, ya que las habilidades psico-cognitivas de este tipo de usuarios, sobre todo cuando cursan los primeros niveles de la educación básica aún no están completamente desarrolladas. Por lo anterior se desarrolló la aplicación de un sistema informático denominado “*Kinect based Augmented Reality Math Learning System - KARMLS*”, cuyo diseño y desarrollo utilizó la tecnología de Realidad Aumentada y el sensor de movimiento implementado en una cámara MS-Kinect. La aplicación cubría temas de matemáticas elementales correspondientes al currículo de Educación General Básica de la República del Ecuador. El estudio utilizó un enfoque cuantitativo experimental, con la participación de 29 niños de tercer grado. Los resultados que permitieron evaluar la aplicación propuesta en el estudio se obtuvieron mediante una prueba antes de utilizar *KARMLS* y una prueba después de utilizar *KARMLS*. A través del análisis de los datos obtenidos, se concluyó que la aplicación implementada tuvo un efecto positivo para el aprendizaje al ser utilizada como herramienta complementaria en el aula y que fue más efectiva en los niños que previamente tenían un bajo rendimiento (en el *pretest*), quienes mejoraron en un 13 % sus calificaciones (en el *posttest*), que con los de alto rendimiento, quienes obtuvieron un 3.47 % de mejora en sus calificaciones después de utilizar *KARMLS*. Además, los autores agregaron que los niños se mostraron motivados y con actitudes positivas respecto al uso del software analizado.

Li et al. [36] señalaron en su investigación que los juegos de aprendizaje social mejoran el compromiso de aprendizaje de los estudiantes en el campo de STEM (por sus siglas en inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Sin embargo, los estudiantes no siempre tienen la oportunidad de experimentar interacciones sociales durante sus actividades de aprendizaje y que, aunque los juegos de realidad aumentada contaban con la capacidad de facilitar las interacciones sociales entre los estudiantes y permitirles interactuar con el contenido virtual al tiempo que participan en la comunicación natural en el mundo real aún no había el conocimiento suficiente sobre cómo diseñar juegos sociales de RA para el aprendizaje. Por tal motivo se desarrolló un juego de aprendizaje social de realidad aumentada basado en un libro de texto con el objetivo de que los estudiantes de primaria practicasen las matemáticas, interactuando entre ellos y comprometiéndose con los materiales de aprendizaje de una manera más divertida. Asimismo, propusieron cuatro implicaciones de diseño para los juegos de aprendizaje social de realidad aumentada. Los resultados se obtuvieron mediante un estudio exploratorio en el que los estudiantes competían en el juego y colaboraban entre ellos. En la fase de competencia, se observó que los estudiantes tendían a concentrarse en sí mismos y trataban de ser más rápidos para terminar los ejercicios, pero apenas hablaban con el otro jugador y sentían curiosidad por los animales del otro en lugar de por el compañero y los objetos del mundo real. En cuanto al modo de colaboración, en lugar de estar inmersos en el mundo del juego, los estudiantes ampliaron los límites del juego al mundo real e incorporaron a otro jugador, por lo cual los resultados mostraron que los estudiantes percibían una mayor relación en el modo de colaboración, ya que compartían entre ellos lo que estaban viendo y tomaban decisiones sobre una respuesta concreta.

En [37] la problemática abordada fue que los alumnos presentaban dificultades en el aprendizaje de las fracciones puesto que se trata de un tema muy abstracto. Como propuesta de solución los investigadores desarrollaron un juego educativo de RV denominado “*Keşfet Kurtul (Explorar para sobrevivir)*” que contenía ejercicios sobre temas de fracciones (reconocer fracciones propias, compuestas y mixtas y mostrarlas con modelos; comparar y ordenar fracciones unitarias; realizar sumas y restas con fracciones que tienen

igual denominador; etc.) incluidos dentro del plan de estudios de cuarto grado de una escuela primaria privada situada en el centro de Samsun, Turquía. Para determinar los resultados sobre el efecto del juego en el rendimiento académico de los estudiantes y su compromiso con las matemáticas, se llevó a cabo un estudio experimental mediante un diseño cuasi-experimental. Como resultado de la investigación, se comprobó que el juego educativo de RV *Kesfet Kurtul* aumentó el rendimiento académico y mantuvo el nivel de compromiso de los estudiantes con las matemáticas, ya que el diseño del juego proponía diferentes actividades cada vez que se utilizaba. También se encontró en los estudios realizados que la educación matemática asistida por la tecnología afecta positivamente los logros académicos de los estudiantes.

En su investigación, Tlili et al. [38], a falta de estudios que resumieran los hallazgos relacionados con el metaverso en la educación y que proporcionaran perspectivas futuras, los autores realizaron una revisión bibliográfica sistemática combinando enfoques de síntesis cuantitativos y cualitativos para revisar los estudios publicados en la literatura siguiendo las directrices de los Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis (PRISMA) con la finalidad de conocer las tendencias de investigación, el enfoque y las limitaciones de este tema de investigación. Entre los resultados obtenidos se destacó que la investigación sobre el uso del metaverso en la educación comenzó por primera vez en 2007; Estados Unidos tuvo el mayor número de investigaciones, seguido de Brasil, Japón, España y Corea del Sur; el 53 % de los estudios de investigación del metaverso se utilizaron en ciencias naturales, matemáticas e ingeniería, seguidos de educación general (15 %) y artes y humanidades (11 %); también se concluyó que dado que el metaverso es un tema relativamente emergente, el 41,7 % de los estudios no realizó ningún experimento y se centraron en revisar la literatura y exponer teorías. Asimismo, los hallazgos mostraron que el metaverso se utiliza en nueve escenarios de aprendizaje diferentes en la educación, sin embargo, la mayoría de los estudios se centraron en el aprendizaje virtual (31.3 %), seguido del aprendizaje colaborativo, el aprendizaje combinado, el aprendizaje basado en juegos, el aprendizaje individual y el aprendizaje basado en problemas (ABP). Por último, los investigadores señalaron que los resultados mostraron que la implementación del

metaverso ampliaba las oportunidades educativas para explorar entornos que históricamente eran inaccesibles debido a las barreras de espacio, tiempo y costo, resolviendo así los problemas del mundo real en los mundos virtuales.

En [39] los investigadores destacaron que el metaverso es reconocido como una de las tecnologías con mayor potencial en la actualidad. Sin embargo, rara vez se hablaba su uso con fines educativos y era posible que la mayoría de los educadores no conozcan las características y las posibles aplicaciones de esta tecnología emergente. Por lo anterior proporcionaron un estudio en donde presentaron una definición clara del metaverso, las posibles aplicaciones y los problemas de investigación del metaverso en entornos educativos con la finalidad de que, a través de su trabajo, los investigadores de los campos de la informática y la tecnología educativa tuvieran una idea clara de lo que es el metaverso y su implementación con fines educativos. Como parte de los resultados obtenidos, destacaron que, dado que el metaverso permitía a los alumnos tener más oportunidades de experimentar, explorar, aprender y enseñar en un mundo nuevo, así como de trabajar e interactuar con personas, las aplicaciones potenciales del metaverso en la educación estaban relacionados con las necesidades de los alumnos en la vida real. Asimismo, se identificaron ocho razones para adoptar el metaverso con fines educativos. Por último, para futuras investigaciones en este campo se enumeraron 10 temas potenciales de investigación para el metaverso en la educación, por ejemplo: investigar los efectos de los entornos educativos basados en metaversos en las percepciones y el rendimiento de aprendizaje de los alumnos, proponer estrategias de aprendizaje basadas en metaversos o la definición de principios éticos para emplear el metaverso en entornos educativos.

En [40] se desarrolló *VoRtex*, una arquitectura de software que proporciona herramientas de ayuda para construir experiencias educativas en mundos virtuales y superar los límites causados por las situaciones pandémicas. *VoRtex* se diseñó principalmente para apoyar las actividades de aprendizaje colaborativo con el entorno virtual. Para validar la funcionalidad de la plataforma desarrollada se llevó a cabo una prueba de usuarios, los cuales experimentaron la plataforma *VoRtex* en la etapa inicial de desarrollo (prototipo). Los resultados mostraron que el 41.7% de los usuarios estimó que *VoRtex* era una pla-

taforma de alta calidad y que aunque en comparación con plataformas como *Vircadia* y *Sansar*, *VoRtex* presentó menos contenido se destacó en cuanto al manejo de una mayor seguridad, el aspecto más importante en el sector educativo.

En [41] Es-Sajjade y Paas afirmaron que, aunque los juegos educativos se utilizaban desde hace mucho tiempo, su verdadero potencial para mejorar el rendimiento y la motivación todavía se estaba explorando y que se aprovecharía mejor si se mejoraban los fundamentos teóricos de los juegos educativos, es por ello que se desarrolló un juego interactivo de matemáticas llamado *MATHERIAL*, el cual estaba basado en la teoría de la carga cognitiva y el diseño de juegos, en el que los jugadores tenían la tarea de resolver problemas matemáticos de forma competitiva y creativa. Para investigar los efectos del juego en el rendimiento y la motivación, se realizó un experimento con alumnos de quinto y sexto grado cuya edad oscilaba entre los 9 y los 13 años. Los resultados mostraron que los estudiantes que jugaron al juego obtuvieron mejores resultados en matemáticas que los que no lo hicieron. Asimismo, se destacó que no se encontraron diferencias significativas en la motivación hacia las matemáticas, sin embargo, se dieron cuenta que los educadores no siempre tienen que recurrir a la utilización de costosos juegos comerciales. En su lugar, propusieron que los juegos sencillos basados en computadora y que estén teóricamente respaldados por principios, también podrían proporcionar efectos positivos en términos de rendimiento en matemáticas.

Hewett et al. [42] señalaron en su investigación que existía una falta de conocimientos sobre la adquisición de las habilidades del siglo XXI a través de los videojuegos, había la carencia de un modelo educativo sobre la mejor manera de enseñar estas habilidades en el aula y que los estudios que exploraban los modelos educativos expuestos a través de videojuegos como *Minecraft* contribuían al creciente cuerpo de investigación en el campo de los estudios de juegos, el aprendizaje basado en juegos y los entornos virtuales. En su investigación los autores desarrollaron un estudio de caso cualitativo en el que exploraban los procesos de diseño del siglo XXI, las habilidades y los comportamientos de los jugadores de una escuela secundaria del sur de Texas. La recopilación de datos triangulada incluyó seis entrevistas cualitativas de estudio de caso, datos de observación (con

datos demográficos) de trece participantes, y artefactos visuales de seis clases basadas en las teorías constructivistas sociales, construccionistas sociales e interpretativas. Con los resultados obtenidos se generaron dos modelos educativos de las Cuatro C (pensar críticamente, crear, comunicar y colaborar en *Minecraft*). Por último, se concluyó que *Minecraft* ayudaba a los estudiantes a aprender a resolver problemas, a mejorar sus habilidades de investigación, a ser ingeniosos, a realizar múltiples tareas y a desarrollar sus habilidades sociales a través del trabajo en equipo y que cuando los estudiantes recibían una tarea en *Minecraft* se auto-organizaban y surgían líderes estudiantiles, ya que *Minecraft* desafió a los participantes a evaluar un problema, analizarlo desde otra perspectiva y encontrar una solución creativa en colaboración.

En [43] se mencionó que a medida que el metaverso comenzó a introducirse rápidamente en la vida actual y en la educación era necesario comprender el concepto y los tipos de metaverso y ejemplos de sus aplicaciones educativas. Por lo anterior se llevó a cabo una revisión para definir los cuatro tipos de metaverso (realidad aumentada, *lifelogging*, mundos espejo y realidad virtual) y explicar el potencial y las limitaciones de sus aplicaciones educativas. Al finalizar el trabajo de investigación se concluyó que el potencial del metaverso como nuevo entorno educativo se debía a que era un espacio para una nueva comunicación social, tenía un mayor grado de libertad para crear y compartir y a la provisión de nuevas experiencias y una alta inmersión a través de la virtualización. De igual forma se concluyó que algunas de sus limitaciones podrían ser conexiones sociales más débiles, la vulnerabilidad de la privacidad, la comisión de diversos delitos debido al espacio virtual y el anonimato del metaverso, y la inadaptación al mundo real de los estudiantes. Por último se sugirieron ciertas tareas futuras para el uso educativo del metaverso: en primer lugar, los profesores debían analizar detenidamente cómo entienden los alumnos el metaverso; en segundo lugar, los profesores debían diseñar clases para que los alumnos resuelvan problemas o realicen proyectos de forma cooperativa y creativa; en tercer lugar, se debían desarrollar plataformas educativas de metaverso que eviten el uso indebido de los datos de los alumnos.

En [44] se señaló que los videojuegos eran un medio con el que la mayoría de los estudiantes estaban familiarizados, por lo que su utilización como herramientas educativas para satisfacer las necesidades de los alumnos del siglo XXI era óptima además de que, dada su popularidad entre los adolescentes, estos tenían la oportunidad de incorporarse como herramientas educativas en el aula de ciencias. Sin embargo, no se había investigado las posibilidades de utilizar *Minecraft Education (Minecraft Edu)* como herramienta de aprendizaje basada en juegos (GBL) para el aprendizaje de la estructura atómica en la escuela secundaria. Ya que el propósito de esta investigación era explorar las experiencias de los estudiantes se adoptó un enfoque de investigación cualitativo sustentado en un paradigma interpretativo. El estudio se llevó a cabo con una clase de 20 estudiantes de octavo grado en una escuela privada sudafricana, a los cuales se entrevistó y observó durante la implementación de dicho estudio. Se diseñó e implementó una intervención alineada con el plan de estudios nacional para las escuelas estatales con la finalidad de que los estudiantes aprendieran sobre la estructura atómica mediante el uso de *Minecraft Edu* como una herramienta de aprendizaje. El juego, realizado en *Minecraft Edu*, contaba con cuatro estaciones de trabajo que los alumnos utilizaban para realizar experimentos mientras se movían por el mundo virtual. Dentro de las actividades que realizaban estaba la fabricación de globos de helio, barritas luminosas; crear elementos; crear compuestos y dividir/descomponer compuestos en los elementos que lo componen. Para su implementación se llevó a cabo una serie de cinco lecciones de 1 hora con los estudiantes usando *Minecraft Edu*. Los resultados indicaron que los estudiantes estaban motivados, se interesaban y se sentían desafiados a pensar de forma crítica mientras colaboraban y que la abstracción de la estructura atómica se aliviaba. De igual forma se concluyó que *Minecraft Edu* ofrecía la posibilidad de hacer que los conceptos abstractos (más específicamente la estructura atómica) fueran concretos y más fáciles de entender mediante la incorporación de imágenes que permitían ver más detalles y que eran atractivas para los estudiantes de secundaria y que *Minecraft Edu* ofrecía un entorno de aprendizaje estimulante y atractivo en comparación con las aulas tradicionales, ya que no era tan rígido y aportaba un ele-

mento de diversión en las aulas de ciencias, eliminando así la naturaleza aburrida de las aulas de ciencias.

En [45], se propuso analizar y resumir la investigación existente sobre la aplicación de los sistemas de metaverso en el ámbito educativo. Además, se buscó identificar las tendencias y los principales desafíos en la adopción de estos sistemas desde la perspectiva de las teorías o modelos de sistemas de información (IS). Este enfoque se llevó a cabo con el propósito de proporcionar un indicador completo que pudiera asistir a los académicos en la realización de investigaciones adicionales sobre la aceptación del metaverso. Los autores comenzaron su estudio mediante la identificación de palabras clave relevantes y el establecimiento de criterios de inclusión y exclusión. A partir de estos parámetros, se seleccionaron 41 investigaciones publicadas entre 2011 y 2022. Dichas investigaciones se encontraron en diversas bases de datos, como *ACM Digital Library*, *Emerald*, *Google Scholar*, *IEEE*, *ScienceDirect*, *Springer*, *Taylor and Francis Online* y *Wiley Online Library*. Los resultados más relevantes de la investigación revelaron que la mayoría de los estudios se enfocaron en la exploración y evaluación de los sistemas de metaverso en contextos educativos específicos, como la educación *STEM*, la educación en ciencias sociales y humanidades, la educación en arte y diseño, así como la educación en negocios y tecnología. Entre los sistemas de metaverso más utilizados en estos contextos se encontraban *Second Life*, *OpenSimulator*, *Unity3D* y *Minecraft*. Además, se observó que la mayoría de las investigaciones se llevaron a cabo en entornos de educación superior, seguidos por entornos de educación primaria y secundaria. Se destacó también que la mayor parte de la investigación sobre el metaverso se llevó a cabo en países como China, Taiwán y Estados Unidos. Por último, los autores concluyeron que, a pesar de los desafíos, los sistemas de metaverso presentan un potencial significativo para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en entornos inmersivos y colaborativos. Sin embargo, señalaron también diversos obstáculos asociados con la adopción de estos sistemas en el ámbito educativo, como la falta de estandarización, la dificultad de uso para los usuarios novatos, los costos asociados con la implementación y la escasez de evidencia empírica que respalde la efectividad de estos sistemas en la mejora del aprendizaje y la enseñanza.

En su artículo “*A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges*” [46], los autores ofrecen un análisis detallado del concepto de metaverso, avatar y XR, además de revisar las tendencias actuales y futuras de los enfoques del metaverso, con un enfoque específico en la interacción del usuario, la implementación y la aplicación. Se resalta la importancia de la interacción como elemento fundamental para una experiencia inmersiva, y se enfatiza la necesidad de superar los límites de una simple narrativa bien estructurada y efectos visuales inmersivos. El artículo también presenta una taxonomía aplicada a tres dominios prominentes del metaverso, específicamente en *Ready Player One*, *Roblox* y la investigación de *Facebook*, con el propósito de ilustrar la diversidad de aplicaciones y usos del metaverso en diversos contextos. En cuanto al enfoque particular en *Roblox*, los autores resaltan la amplia adopción de esta plataforma en entornos educativos, especialmente entre niños de 9 a 12 años en los Estados Unidos, donde cuenta con una impresionante base de usuarios activos mensuales de 150 millones. *Roblox*, reconocido como una plataforma de juegos representativa del metaverso, se emplea para el desarrollo de simulaciones de entornos urbanos que facilitan la comprensión de rutas virtuales en el patrimonio escultural de ciudades dentro de las aulas educativas. Se destaca la utilidad educativa de *Roblox* desde una perspectiva de motivación, resolución de problemas y promoción de disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). Además, se subraya su papel en el fomento de la expresión creativa y el desarrollo de habilidades sociales entre los usuarios. El estudio aborda asimismo cuestiones críticas como la influencia del metaverso en los usuarios y la sociedad, junto con las limitaciones y desafíos abiertos, como la sostenibilidad, las restricciones de hardware y software, y las barreras en su desarrollo. Se resaltan desafíos adicionales, incluyendo la selección de medios, consideraciones éticas y de seguridad, así como la necesidad de impulsar investigaciones interdisciplinarias para una comprensión más completa del potencial y las implicaciones del Metaverso.

En [47], los autores resaltan la creciente relevancia del metaverso como una herramienta potencial para mejorar las experiencias de aprendizaje en entornos educativos. Proporcionan una visión general detallada del estado actual de desarrollo del metaverso y presentan un marco técnico exhaustivo para comprender su implementación en el ámbito educativo.

El estudio enfatiza las oportunidades únicas que el metaverso ofrece a profesores y estudiantes, permitiéndoles acceder a experiencias que serían difíciles de lograr en un entorno de enseñanza tradicional. Asimismo, se presentaron diversos proyectos y plataformas que utilizan diversas tecnologías, con una destacada presencia de la realidad virtual (VR) y modelos en 3D, como *Roblox Education*, *Roblox Studio*, *Roblox Learn and Explore*, *Eduverse*, entre otros, que pueden emplearse en contextos educativos. Si bien el metaverso amplía las oportunidades de aprendizaje al ofrecer experiencias inmersivas y dinámicas, permitiendo a los estudiantes interactuar con expertos de todo el mundo, simular experiencias en laboratorios virtuales y realizar visitas de estudio sin limitaciones de recursos materiales, los autores señalan la necesidad de considerar los desafíos relacionados con la privacidad de datos, la ciberseguridad, el ciberacoso y los posibles riesgos asociados con el uso prolongado del metaverso en entornos educativos. Además, los autores identificaron áreas cruciales para futuras investigaciones, que incluyen la evaluación de diversas plataformas y proyectos en relación con diferentes materias educativas, así como la necesidad de facilitar la integración del metaverso en los entornos educativos mediante la creación de un camino de aprendizaje estructurado destinado a los profesores.

2.2. Análisis comparativo

La Tabla 2.1 presenta una comparación analítica de los trabajos previamente descritos, resaltando las similitudes y diferencias más significativas.

Tabla 2.1: Análisis comparativo de artículos relacionados.

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías empleadas	Resultados	Estado
Van Der Stappen et al. [31]	Los juegos educativos basados en computadoras son difíciles de integrar con los materiales educativos.	Un juego de aprendizaje colaborativo basado en RA llamado <i>MathBuilder</i> .	<i>Vuforia</i> , <i>Unity networking</i> , RA basada en marcadores.	La aplicación contó con el potencial para mejorar la motivación de los estudiantes y les ayudó a comunicarse entre sí en relación al contenido matemático.	Finalizado
Li et al. [32]	Falta de interés de los niños por realizar sus tareas escolares.	<i>See Me Roar</i> , un juego de aprendizaje social de RA basado en libros de texto.	Teoría de la Autodeterminación (TAD), dispositivo <i>Galaxy S8</i> con sistema operativo <i>Android</i> , <i>Unity 3D</i> , <i>Vuforia</i> , <i>Unity Asset Store</i> .	El juego de RA mejoró la motivación de los estudiantes para realizar sus ejercicios matemáticos.	Finalizado. Trabajo a futuro: Se propone desarrollar nuevas características del juego y medir cómo influyen en su uso.
Karsenti et al. [19]	Temor en padres y educadores sobre del uso educativo de <i>Minecraft</i> .	Estudio exploratorio en donde se destacaron los usos, beneficios y desafíos de <i>Minecraft</i> en un entorno escolar.	<i>Minecraft</i>	Se demostró que el uso educativo de <i>Minecraft</i> benefició el aprendizaje de los estudiantes. Se identificaron un total de 25 beneficios del uso pedagógico de <i>Minecraft</i> .	Finalizado

Continúa en la siguiente página.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos relacionados (Continuación).

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías empleadas	Resultados	Estado
Suh y Ahn [33]	No hay investigaciones que reflejen si los estudiantes utilizan el metaverso en un entorno natural.	Estudio en el que se examina el uso educativo y universal del metaverso.	Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), Escala <i>Liker</i> .	El 97.9 % de los alumnos de primaria habían tenido experiencias con el metaverso, el 95.5 % lo consideraban relacionado con su vida cotidiana y se demostró que su uso educativo beneficia a los estudiantes.	Finalizado
Manisha y Mantri [34]	La mayoría de los estudiantes no comprenden las matemáticas desde el nivel básico.	Una aplicación de RA llamada <i>Mathify</i> .	<i>Unity 3D</i> , <i>C#</i> , <i>JavaS-crypt</i> .	Se demostró que el uso de las aplicaciones de RA como método de enseñanza de las matemáticas básicas a niños de 3 a 5 años era totalmente eficaz.	Finalizado. Trabajo a futuro: Se propuso incluir conceptos matemáticos más avanzados y la evaluación de la eficacia del aprendizaje de los usuarios en cada nivel.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos relacionados (Continuación).

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías empleadas	Resultados	Estado
Lozada Yáñez et al. [35]	Los niños no asimilan ciertos contenidos matemáticos durante las primeras etapas del aprendizaje.	Una aplicación basada en la RA con soporte para <i>MS-Kinect</i> , denominada <i>Kinect based Augmented Reality Math Learning System (KARMLS)</i> .	<i>Libfreenect</i> , <i>SDK OpenNI</i> , <i>SDK MS-Kinect</i> , sensor <i>MS-Kinect</i> .	Los niños del grupo de bajo rendimiento mejoraron en un 13 % sus calificaciones y mientras que los del grupo de alto rendimiento un 3.47 % después de utilizar <i>KARMLS</i> .	Finalizado
Li et al. [36]	Los alumnos no siempre tiene interacciones sociales durante sus actividades escolares que mejoren su aprendizaje y no existía el conocimiento suficiente sobre cómo diseñar juegos sociales de RA para el aprendizaje.	Un juego de aprendizaje social de RA basado en libros de texto e implicaciones de diseño para los juegos de aprendizaje social de RA.	<i>Unity 3D</i> , <i>Vuforia SDK</i> .	Se observó que los estudiantes tendían a concentrarse en sí mismos y trataban de ser más rápidos para terminar los ejercicios, pero apenas hablaban con el otro jugador. Los alumnos eran competitivos y no prestaban atención al entorno físico que les rodeaba ni al libro de texto físico.	Finalizado. Trabajo a futuro: Dado que el actual juego de RA es un juego para dos personas, se propone involucrar a más jugadores.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos relacionados (Continuación).

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías empleadas	Resultados	Estado
Emrah y Recep [37]	Los estudiantes presentaban dificultades en el aprendizaje de las fracciones.	Un juego educativo de RV llamado <i>Keşfet Kurtul (Explorar para sobrevivir)</i> para la enseñanza de fracciones y operaciones con fracciones.	Modelo ADDIE, orientación por voz, interacción basada en la mirada, <i>Cardboard</i> , <i>smartphone</i> y gafas de RV.	Se comprobó que el juego educativo de RV <i>Keşfet Kurtul</i> aumentó el rendimiento académico y mantuvo el nivel de compromiso de los estudiantes con las matemáticas.	Finalizado.
Tlili et al. [38]	Falta de estudios que resuman los hallazgos relacionados con el metaverso en la educación y que proporcionen perspectivas futuras.	Estudio que aborda la revisión bibliográfica y sistemática del metaverso en la educación.	<i>Software VOSviewer</i> .	El 53 % de los estudios de investigación del metaverso se utilizaron en ciencias naturales, matemáticas e ingeniería, seguidos de educación general (15 %) y artes y humanidades (11 %).	Finalizado
Gwo-Jen y Shu-Yun [39]	Los educadores desconocen las características del metaverso con fines educativos y sus posibles aplicaciones.	Un estudio que ofrece una definición clara del metaverso, presenta las posibles aplicaciones y los problemas de investigación del metaverso en entornos educativos.	N/A (No Aplica)	Se identificaron ocho razones para adoptar el metaverso con fines educativos y 10 posibles temas de investigación del metaverso en la educación.	Finalizado.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos relacionados (Continuación).

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías empleadas	Resultados	Estado
Jovanović y Milosavljević [40]	Las tecnologías para adaptar la enseñanza a los medios modernos no abordan el aprendizaje colaborativo.	<i>VoRtex</i> , una plataforma que proporciona herramientas de ayuda para construir una experiencia educativa en mundos virtuales.	<i>JavaScript</i> (biblioteca <i>three.js 3D</i>), <i>PHP</i> , <i>MySQL</i> , <i>Unity</i> , <i>OpenCV</i> , <i>DLIB</i> (biblioteca de puntos de referencia faciales), <i>IBM Watson</i> , <i>Vircadia</i> , <i>Sansar</i> .	El 41.7% de los usuarios estimó que <i>VoRtex</i> era una plataforma de alta calidad. En comparación con <i>Vircadia</i> y <i>Sansar</i> , <i>VoRtex</i> presentó menos contenido pero una mayor seguridad.	Finalizado. Trabajo a futuro: Implementar una función para que los usuarios realicen evaluaciones rutinarias de <i>VoRtex</i> .
Es-Sajjade y Paas [41]	El verdadero potencial de los juegos educativos para mejorar el rendimiento y la motivación de los estudiantes aún no está claro y se sigue estudiando.	<i>MATHERIAL</i> , un juego matemático interactivo.	<i>HTML5</i> , biblioteca <i>JQuery</i> , <i>Javascript</i> .	Los estudiantes que utilizaron <i>MATHERIAL</i> demostraron un mayor rendimiento en matemáticas que los que no interactuaron con el juego.	Finalizado.
Hewett et al. [42]	Falta de conocimientos sobre la adquisición de las habilidades del siglo XXI a través de los videojuegos y carencia de un modelo educativo sobre la mejor manera de enseñar estas habilidades en el aula.	Dos modelos educativos que ilustran los procesos de liderazgo y diseño de los participantes en el entorno de <i>Minecraft</i> .	<i>Minecraft</i> .	<i>Minecraft</i> ayudó a los estudiantes a aprender a resolver problemas, a mejorar sus habilidades de investigación, a ser ingeniosos, a realizar múltiples tareas y a desarrollar sus habilidades sociales a través del trabajo en equipo.	Finalizado.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos relacionados (Continuación).

Artículo	Problema	Contribución	Tecnologías empleadas	Resultados	Estado
Kye et al. [43]	La utilización del metaverso en la vida actual y en la educación requiere comprender el concepto y los tipos de metaverso y ejemplos de sus aplicaciones educativas.	Una publicación que describe las características de cuatro tipos de metaverso, el potencial y las limitaciones del metaverso para aplicaciones educativas.	No aplica.	Se concluyó que el metaverso tenía un potencial infinito como nuevo espacio de comunicación social. Ofrecía un alto grado de libertad para crear y compartir y proporcionaba una experiencia única y envolvente.	Finalizado.
Nkadimeng y Ankiewicz [44]	No se han investigado las posibilidades de utilizar <i>Minecraft Education</i> como herramienta de aprendizaje basada en juegos.	Se diseñó e implementó una intervención alineada con el plan de estudios nacional de Sudáfrica para las escuelas secundarias estatales.	<i>Minecraft Education</i> .	<i>Minecraft Education</i> brindó la posibilidad de hacer que los conceptos abstractos fueran concretos y más fáciles de entender.	Finalizado.

De acuerdo con el análisis comparativo realizado de los artículos relacionados con el tema de tesis, en todos los trabajos se reportó que la implementación de tecnologías inmersivas (como la realidad virtual o aumentada) como estrategias para incrementar la motivación de los estudiantes por involucrarse con los contenidos académicos era una alternativa óptima para evolucionar los métodos de aprendizaje tradicionales, ya que ofrecen la posibilidad de desarrollar actividades que antes eran imposibles de realizar y que trascienden las barreras del tiempo y espacio.

Además, como se observa en [33], [38], [39] y [43], aunque la utilización del metaverso en el contexto educativo aún es un área poco explorada, las posibilidades de su implementación con fines educativos es muy amplia, ya que cuenta con un potencial infinito como nuevo espacio de comunicación social ofreciendo un alto grado de libertad para crear y

compartir, al mismo tiempo que, proporciona una experiencia única y envolvente para los alumnos que hoy en día lo consideran parte de su vida diaria.

2.3. Propuesta de solución

En la siguiente sección, se describe la propuesta de solución, que engloba el conjunto de tecnologías seleccionadas, así como la metodología de desarrollo implementada para alcanzar los objetivos propuestos.

2.3.1. Planteamiento de la solución

El metaverso representa una innovadora modalidad de aprendizaje, abriendo nuevas oportunidades para la educación. Con su capacidad para romper barreras y proporcionar experiencias inmersivas, tiene el potencial de transformar la educación y brindar oportunidades de aprendizaje sin precedentes.

La solución propuesta consistió en integrar un metaverso en *Roblox* dirigido a niños de primer grado de primaria con el propósito de brindar un entorno novedoso para la mejora, innovación y adaptación de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas más allá del aula convencional, aplicando un método de aprendizaje enfocado principalmente en la enseñanza de conteo de números y sumas de dos dígitos.

Para lograr la integración del metaverso en el proceso educativo, se decidió utilizar un enfoque basado en los modelos de integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la educación, específicamente los modelos SAMR (Sustitución, Ampliación, Modificación, Redefinición) y TPACK (Conocimiento Tecnológico, Pedagógico y de Contenido) que permiten diseñar y desarrollar un entorno de aprendizaje que integra de manera innovadora los conceptos y principios de forma interactiva.

Para lograr la integración del metaverso en el proceso educativo, se decidió utilizar un enfoque basado en los modelos de integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la educación, específicamente los modelos SAMR (Sustitución,

Ampliación, Modificación, Redefinición) y TPACK (Conocimiento Tecnológico, Pedagógico y de Contenido) que permitieron diseñar y desarrollar un entorno de aprendizaje que integró de manera innovadora los conceptos y principios de forma interactiva.

2.3.2. Herramientas tecnológicas utilizadas

En el contexto de este proyecto de investigación, se optaron por las siguientes herramientas para su desarrollo:

- El marco de trabajo o plataforma de metaverso *Roblox*.
- La herramienta para la creación y desarrollo de mundos virtuales *Roblox Studio*.
- El lenguaje de programación *Lua* para la codificación de funciones esenciales en *Roblox Studio*.

2.3.3. Factibilidad de implementación de la solución propuesta

La solidez de la implementación del proyecto de tesis se respalda mediante las siguientes consideraciones:

- El metaverso proporciona un entorno virtual interactivo que puede captar fácilmente la atención de los niños y fomentar su participación activa en el aprendizaje de matemáticas. Mediante elementos visuales, desafíos y actividades interactivas, se puede lograr un mayor nivel de concentración y motivación en los niños.
- *Roblox* permite crear escenarios virtuales donde los niños pueden experimentar conceptos matemáticos de manera práctica, lo que facilita la comprensión y aplicación de habilidades matemáticas en un entorno virtual lúdico y amigable.

Capítulo 3

Aplicación de la metodología

El presente capítulo tiene como objetivo exponer la metodología de desarrollo utilizada en la ejecución de este proyecto de tesis, de acuerdo con la problemática planteada y los objetivos establecidos.

3.1. Metodología para el desarrollo de la tesis

Con el propósito de eficientemente aprovechar las herramientas tecnológicas pertinentes, ampliar y redefinir las actividades de enseñanza-aprendizaje, así como integrar el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido para diseñar experiencias de aprendizaje enriquecedoras y efectivas, se decidió emplear los modelos de integración de tecnologías en la educación SAMR y TPACK. La combinación de estos modelos implica un uso efectivo y significativo de la tecnología, con un enfoque en los objetivos de aprendizaje y la mejora de las prácticas pedagógicas, con el propósito de establecer un entorno virtual enriquecedor en el cual los estudiantes puedan explorar, practicar y aplicar sus habilidades matemáticas en el metaverso.

A continuación, se detallan las actividades emprendidas para la creación de *MatVers: el metaverso de las matemáticas*, un metaverso integrado en *Roblox* enfocado en el aprendizaje de sumas de uno y dos dígitos, así como en el conteo de números durante el primer grado de primaria.

3.1.1. Conocimiento de Contenido (CK) y Conocimiento Pedagógico (PK) en TPACK

Para establecer un enfoque pedagógico efectivo y diseñar experiencias educativas adecuadas a un entorno virtual que se enfoquen en la enseñanza del conteo de números y sumas de uno y dos dígitos a estudiantes de primer grado de primaria, se examinaron múltiples estrategias pedagógicas y guías de aprendizaje efectivas.

Tras realizar una exhaustiva evaluación de los distintos enfoques, se identificó un conjunto de estrategias didácticas recomendadas por la Secretaría de Educación Pública (SEP), las cuales se detallan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Análisis de las guías didácticas para el aprendizaje de matemáticas.

Número	Actividad	Propósito	Recomendado por
1	La máquina de sumar [48]	Brindar orientación para construir una máquina de sumar dirigida a estudiantes de preescolar y primaria, a fin de ayudarles en la apropiación del conteo y las sumatorias bajo un enfoque lúdico	SEP, Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación (MEJOR-EDU)
2	El tren de los números [49]	Introducir a los niños en las nociones de cantidad, orden y el valor de cada número	SEP, Dirección General de Formación Continua - Actualización y Desarrollo Profesional de Maestros de Educación Básica
3	El castillo de las sumas [50]	Facilitar el aprendizaje de las sumas mediante la construcción con legos	SEP, Dirección General de Formación Continua - Actualización y Desarrollo Profesional de Maestros de Educación Básica
4	La carrera de autos [51]	Ayudar en el aprendizaje de números del 1 al 15	SEP mediante la Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos en el libro de matemáticas de primer grado de primaria

Continúa en la siguiente página.

Tabla 3.1 Análisis de las guías didácticas para el aprendizaje de matemáticas (Continuación).

Número	Actividad	Propósito	Recomendado por
5	Cuenta con números pequeños [52]	Facilitar el aprendizaje de las sumas mediante la construcción con legos	SEP, Dirección General de Formación Continua - Actualización y Desarrollo Profesional de Maestros de Educación Básica
6	Números del 0 al 9 [53]	Lograr que el alumno identifique números del 0 al 9	SEP, Dirección General de Formación Continua - Actualización y Desarrollo Profesional de Maestros de Educación Básica

3.1.2. Conocimiento Tecnológico (TK) en TPACK

Roblox es una plataforma que alberga más de 19 millones de juegos y experiencias multijugador. Desde su creación en 2006, su popularidad aumentó considerablemente llegando a ser una de las principales plataformas de entretenimiento en línea para niños y adolescentes.

De acuerdo con el reporte *Dubit Guide to Roblox for Brands* [21] más de 200 millones de niños juegan *Roblox* cada mes logrando que los juegos mejores calificados tengan más de 1000 millones de reproducciones además de contar con un aproximado de 35000 desarrolladores.

Como plataforma de contenido generado por los usuarios, *Roblox* proporciona herramientas gratuitas como *Roblox Studio*, servicios y soporte para ayudar a construir experiencias inmersivas. A través de “*Create on Roblox*” [54] se incluyen guías sobre las funciones conceptuales basadas en tareas para temas como el modelado y la creación de *scripts*.

Orientando al contexto educativo, las guías “*Designing Educational Experiences*” [55] y “*Planning for Educational Settings*” [56] proporcionan a los desarrolladores orientación sobre el desarrollo de juegos enfocados a la educación incluyendo principalmente temas como: el proceso recomendado para diseñar un juego educativo, cómo diseñar una hipotética experiencia educativa y cómo identificar objetivos de aprendizaje.

3.1.3. Integración de SAMR e implementación de *MatVers*

Con el objetivo de ampliar, redefinir y adaptar las actividades de enseñanza y aprendizaje en el primer grado de primaria, se emplearon elementos visuales y de audio para representar los números y las sumas de dos dígitos de manera visualmente atractiva. Además, se llevó a cabo una reestructuración de las guías didácticas presentadas en la tabla 3.1 con el fin de crear actividades interactivas en el metaverso. Estas actividades permitirán a los estudiantes practicar el conteo de números y resolver sumas de dos dígitos de manera más dinámica y participativa.

En la Tabla 3.2 se proporciona una descripción de la creación de la primera actividad concebida para fortalecer el concepto de conteo numérico, junto con su correspondiente adaptación para su implementación en la plataforma *Roblox*.

Tabla 3.2: Actividad uno en *Roblox*.

Enfoque	Conteo de números
Nivel de dificultad	Fácil
Objetivo	Reafirmar los conocimientos sobre el conteo de números pequeños mediante la asociación de objetos, animales, etc. implementando un juego de aventuras.
Contexto del escenario virtual	Parque jurásico / Era Mesozoica.
Descripción del Avatar	La herramienta con la que podrá contar un usuario será un pico para poder excavar los restos de dinosaurios.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 4.1 Actividad uno en *Roblox* (Continuación).

Mecanismo de uso	El juego de aventuras permitirá que los jugadores exploren un mundo virtual para encontrar la mayor cantidad de restos de dinosaurios, e intercambiarlos por monedas de oro. El propósito de la actividad es que el usuario calcule mentalmente el número de monedas que se le serán entregadas al finalizar cada exploración.
-------------------------	--

La Figura 3.1 muestra el resultado posible de la implementación de la actividad uno descrita en la Tabla 3.2.



Figura 3.1: *Mockup* de la actividad uno en *Roblox*.

En la Tabla 3.3 se expone a detalle la elaboración de la segunda actividad previamente planificada para fortalecer la comprensión de sumas de un dígito, junto con su respectiva adaptación para su implementación en la plataforma *Roblox*.

Tabla 3.3: Actividad dos en *Roblox*.

Enfoque	Suma con un dígito
Nivel de dificultad	Fácil/Medio
Objetivo	Lograr que el alumno reafirme sus conocimientos sobre operaciones de suma con un dígito.
Contexto del escenario virtual	Castillo medieval.
Mecanismo de uso	Los jugadores tendrán la oportunidad de explorar un mundo virtual ambientando en la era media. La misión del usuario será cruzar un castillo sin caer en un lago. Para avanzar el castillo deberán resolver sumas de un dígito, mismas que se presentarán de manera aleatoria. En caso de que responda de manera incorrecta a la pregunta en turno el juego se reiniciará y se mostrarán otras operaciones diferentes a la partida anterior. De acuerdo con el avance del usuario por el juego, el nivel de dificultad de las sumas aumentará pasando de sumas de un solo dígito a sumas con dos dígitos. Al final del laberinto el jugador acumulará puntos en su experiencia en el metaverso.

La Figura 3.2 muestra el resultado posible de la implementación de la segunda actividad descrita en la Tabla 3.3.



Figura 3.2: *Mockup* de la actividad dos en *Roblox*.

La Tabla 3.4 proporciona una descripción de la planificación y ejecución de la tercera actividad concebida para fortalecer el dominio de la suma de números de dos dígitos. Además, se expone con precisión el proceso de adaptación de dicha actividad al entorno virtual proporcionado por la plataforma *Roblox*.

Tabla 3.4: Actividad tres en *Roblox*.

Enfoque	Suma de números de dos dígitos
Nivel de dificultad	Difícil
Objetivo	Reafirmar los conocimientos sobre sumas de dos dígitos mediante la interacción en un entorno virtual.
Contexto del escenario virtual	Espacio exterior.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 3.4 Actividad tres en *Roblox* (Continuación).

Mecanismo de uso	El jugador se encontrará en una carrera de <i>parkour</i> (el avatar podrá caminar, correr y saltar) en un escenario virtual que simula el espacio exterior donde tendrá que elegir el resultado correcto de una suma de dos dígitos, dicha suma se presentará a través de planetas en donde cada uno tendrá un valor asignado. En caso de que no acierte al resultado correcto, el avatar del usuario procederá a caer al espacio dando fin a su partida y reiniciando el juego. Al final del juego el avatar podrá encontrar un transportador que lo regresará al inicio de la aplicación.
------------------	--

La Figura 3.3 muestra el resultado posible de la implementación de la tercera actividad descrita en la Tabla 3.4.

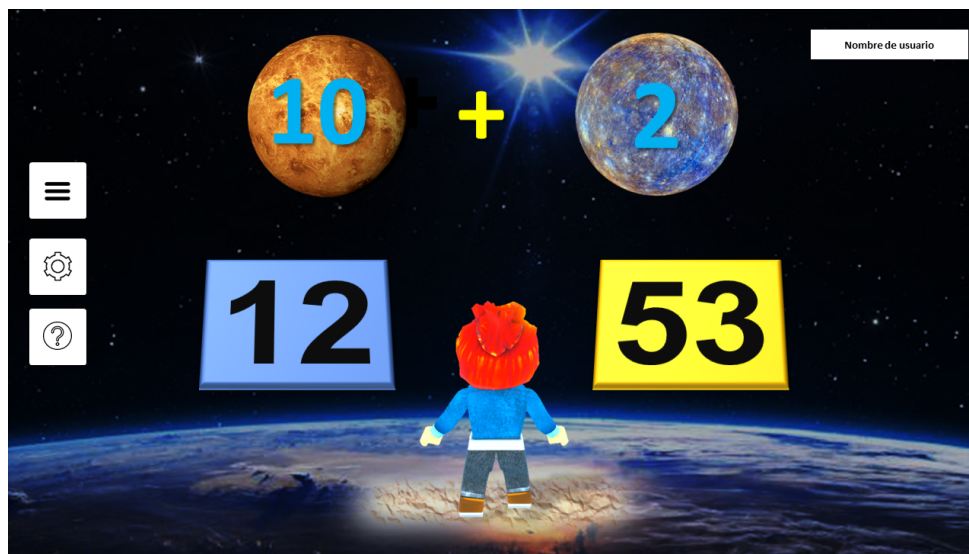


Figura 3.3: *Mockup* de la actividad tres en *Roblox*.

En la Tabla 3.5 se proporciona una descripción de la creación de la cuarta actividad enfocada en sumas de dos dígitos, junto con su correspondiente adaptación para su implementación en la plataforma *Roblox*.

Tabla 3.5: Actividad cuatro en *Roblox*.

Enfoque	Suma de números de dos dígitos
Nivel de dificultad	Difícil
Objetivo	Reafirmar los conocimientos sobre sumas de dos dígitos mediante la interacción en un entorno virtual.
Contexto del escenario virtual	Mundo de lava.
Mecanismo de uso	En este escenario el jugador tendrá la oportunidad de explorar un mundo de lava. Para avanzar en el mundo virtual el jugador deberá saltar entre plataformas resolviendo ejercicios de suma. Cada plataforma tendrá asignada un resultado correcto y uno incorrecto. En caso de que no acierte al resultado correcto, al intentar cruzar, la plataforma desaparecerá y el avatar del usuario procederá a caer a la lava dando fin a su partida y reiniciando el juego. Al final del juego el avatar podrá encontrar un transportador que lo regresará al inicio general del juego.

La Figura 3.4 muestra el resultado posible de la implementación de la cuarta actividad descrita en la Tabla 3.5.



Figura 3.4: *Mockup* de la actividad cuatro en *Roblox*.

En la Tabla 3.6 se presentan los detalles correspondientes a la planeación de la quinta actividad y su adaptación en *Roblox*.

Tabla 3.6: Actividad cinco en *Roblox*.

Enfoque	Suma de números de dos dígitos
Nivel de dificultad	Difícil
Objetivo	Lograr que el usuario reafirme sus conocimientos sobre la suma de números de dos cifras a través de una carrera de obstáculos a contrarreloj.
Contexto del escenario virtual	Parque aéreo.
Mecanismo de uso	El jugador deberá cruzar una carrera de obstáculos, para avanzar al siguiente nivel tendrá que acertar correctamente al resultado de la suma antes de que el cronómetro llegue a cero, de lo contrario caerá y se reiniciará su partida.

La Figura 3.5 muestra el resultado posible de la implementación de la quinta actividad descrita en la Tabla 3.6.



Figura 3.5: *Mockup* de la actividad cinco en *Roblox*.

Diseño del entorno de *MatVers*

En esta sección, se exhiben los *mockups* que permiten visualizar gráficamente el prototipo de diseño del entorno de la aplicación integrada en el metaverso de *Roblox*.

En la Figura 3.6 se muestra el *mockup* que establece el entorno virtual al que el usuario será dirigido al iniciar la aplicación (*Lobby*), en él se muestra el botón de “Inicio”, “Configuración” y “Ayuda”. Asimismo se muestra el nombre del usuario, y los portales mediante los cuales un usuario es capaz de navegar hacia los diferentes entornos virtuales que forman parte de la aplicación.



Figura 3.6: *Mockup* del entorno inicial de *MatVers*.

En la Figura 3.7 se muestra el *mockup* diseñado para mostrar el “Menú” de la aplicación, el cual presenta los botones de “Reiniciar” y “Ir a otros mundos”. El primer botón, como su nombre lo indica, permite al usuario reiniciar la aplicación y regresar su avatar al entorno virtual de inicio (Ver 3.6) mientras que el segundo botón permite al usuario navegar entre los diferentes entornos virtuales creados.

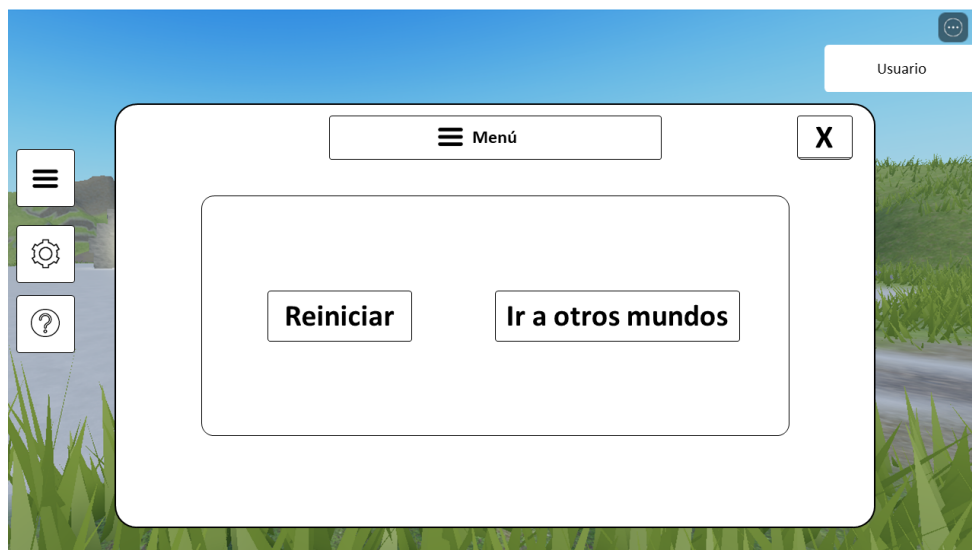


Figura 3.7: *Mockup* de la ventana “Menú”.

La Figura 3.8 muestra el *mockup* de navegación entre los entornos virtuales que conformarán el metaverso *MatVers*, así como los botones habilitados para su acceso y una imagen referente al entorno virtual señalado.

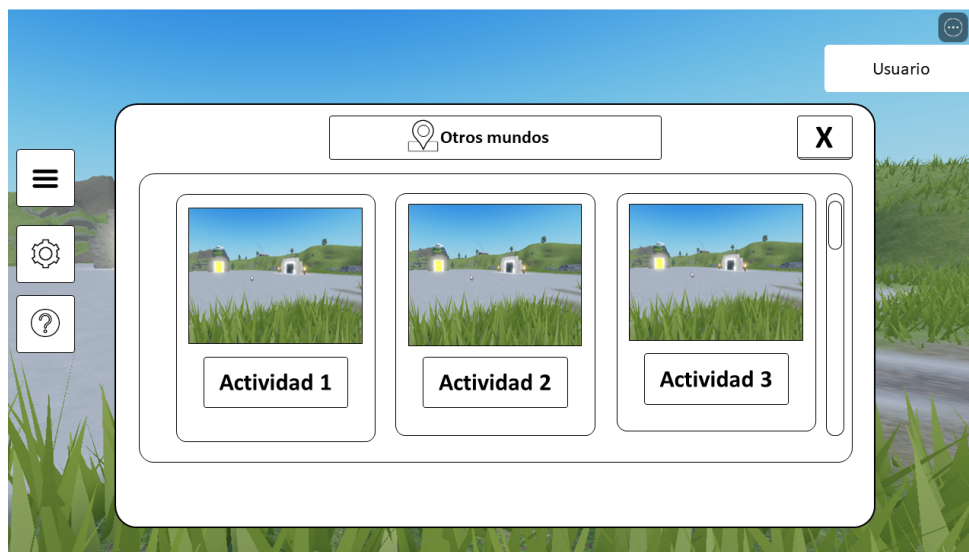


Figura 3.8: *Mockup* de la ventana “Otros mundos”.

En la Figura 3.9 se muestra el *mockup* de la pantalla de “Configuración”, la cual contiene los botones para que el usuario active o desactive los sonidos y música de la aplicación.

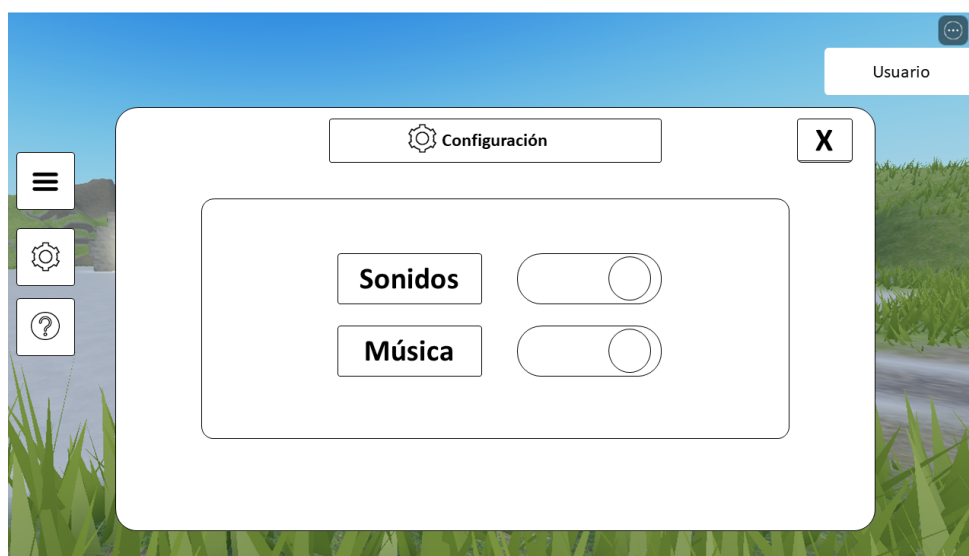


Figura 3.9: *Mockup* de la ventana “Configuración”.

En la Figura 3.10 se muestra el *mockup* de la pantalla de “Ayuda”, mediante la cual, a su vez, se muestran las opciones para navegar hacia las secciones de la aplicación llamadas “Acerca de” y “¿Cómo interactuar con *MatVers*?”.



Figura 3.10: *Mockup* de la ventana “Ayuda”.

La Figura 3.11 muestra el *mockup* de la pantalla “Acerca de este juego” que brinda al usuario información primordial sobre la aplicación, por ejemplo, el objetivo de *MatVers*.



Figura 3.11: *Mockup* de la ventana “Acerca de este juego”.

La Figura 3.12 muestra el *mockup* de la pantalla “¿Cómo interactuar con MatVers?” que muestra al usuario los tutoriales de ayuda disponibles acerca del funcionamiento general de la aplicación así como los botones habilitados para acceder a ellos.



Figura 3.12: *Mockup* de la ventana “¿Cómo interactuar con *MatVers*?”

La Figura 3.13 muestra el *mockup* de la pantalla “¿Cómo interactuar con...?” que muestra un tutorial en específico de ayuda acerca de la interacción que se espera en un entorno virtual determinado.



Figura 3.13: *Mockup* de la ventana “¿Cómo interactuar con...?”

La Figura 3.14 representa el *mockup* de la pantalla “Cargando” que se muestra mientras un usuario espera a que un determinado entorno virtual carga.

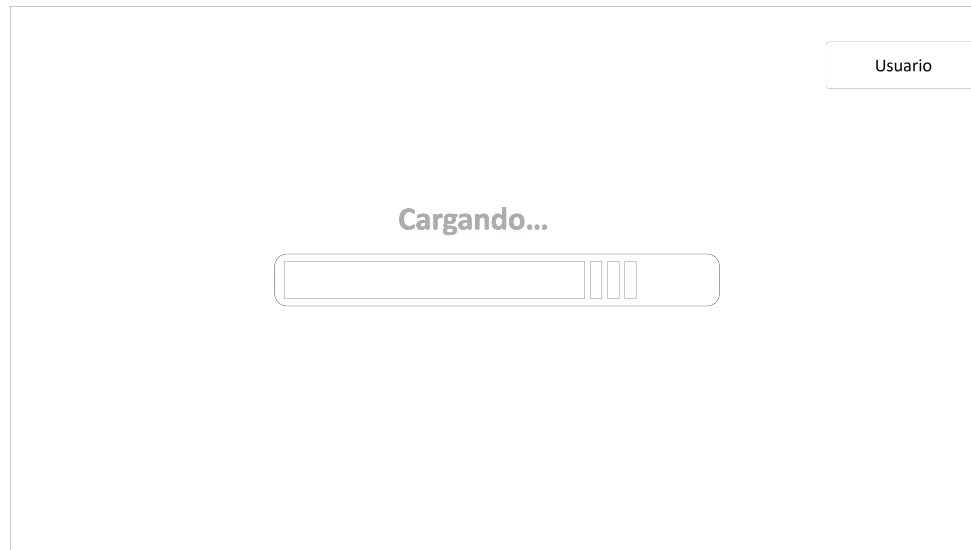


Figura 3.14: *Mockup* de la pantalla “Cargando”.

Desarrollo de *MatVers*

Tras la presentación del diseño en la sección 3.1.3, se procedió a la ejecución del desarrollo de la aplicación. En consecuencia, esta sección se enfoca en la exposición minuciosa del progreso y ejecución del proyecto.

Entorno de inicio de *MatVers*

El entorno inicial de *MatVers* (Ver Figura 3.15) se creó como una antesala virtual que da la bienvenida a los usuarios al ingresar al metaverso. Desde este punto, los usuarios podrán acceder y explorar los entornos virtuales disponibles en la plataforma.



Figura 3.15: Entorno inicial de *MatVers*.

La Figura 3.16 corresponde a la ventana “Menú” de la aplicación planteada en el *mockup* 3.7, la cual muestra los botones de “Reiniciar” e “Ir a otros mundos”.

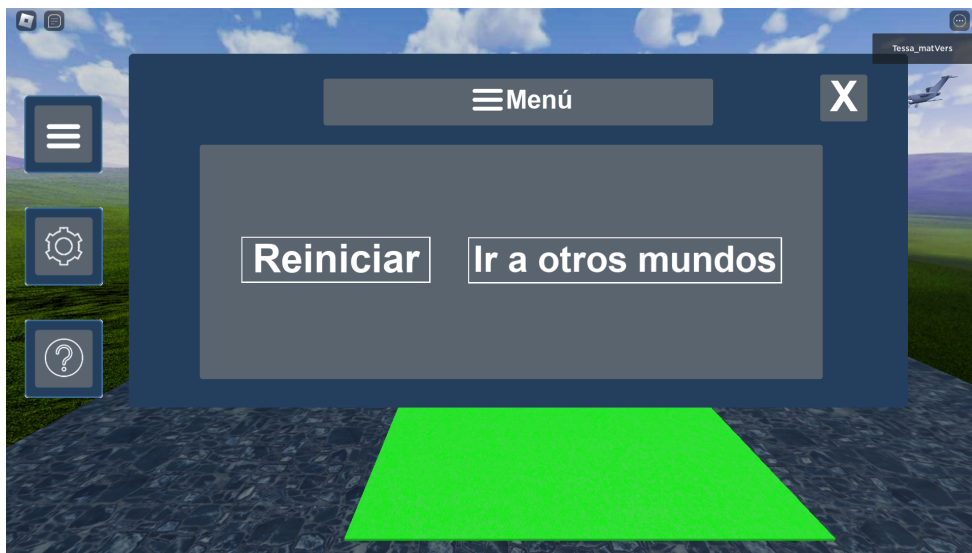


Figura 3.16: Ventana “Menú” en *MatVers*.

La pantalla de navegación entre los entornos virtuales que conforman *MatVers* se muestra en la Figura 3.17 misma que se diseñó en el *mockup* 3.8 .



Figura 3.17: Ventana “Otros mundos” en *MatVers*.

En la Figura 3.18 se muestra la pantalla de “Configuración”, la cual contiene los botones para que el usuario active o desactive los sonidos y música de la aplicación.

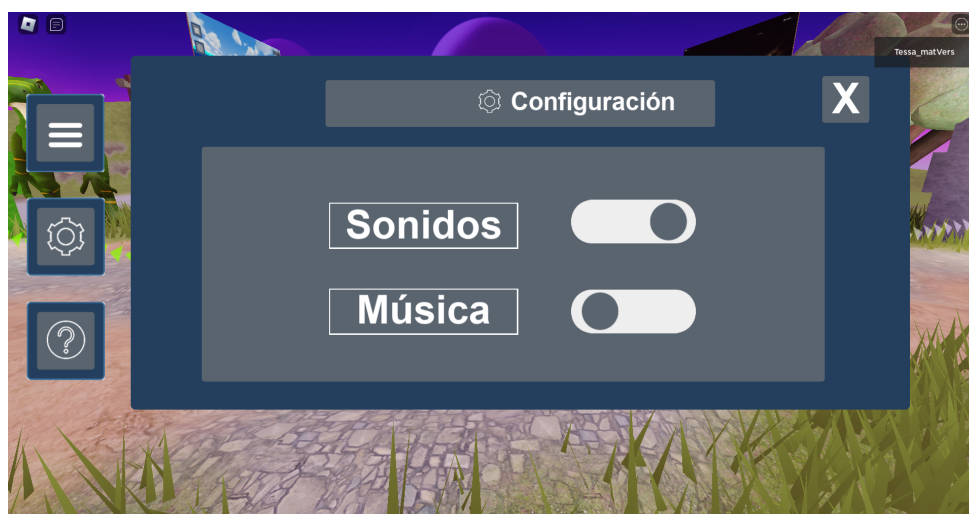


Figura 3.18: Ventana de “Configuración” en *MatVers*.

La pantalla de “Ayuda” se muestra en la Figura 3.19, mediante la cual, el usuario es capaz de navegar entre las opciones “Acerca de” y “¿Cómo interactuar con *MatVers*?”.



Figura 3.19: Ventana de “Ayuda” en *MatVers*.

La Figura 3.20 muestra el resultado del *mockup* de la pantalla “Acerca de este juego”.



Figura 3.20: Ventana “Acerca de este juego” en *MatVers*.

La Figura 3.21 corresponde a la pantalla “¿Cómo interactuar con MatVers?” que informa al usuario sobre el funcionamiento general de la aplicación y cada uno de los entornos virtuales.



Figura 3.21: Ventana “¿Cómo interactuar con MatVers?”.

La Figura 3.22 muestra el resultado del *mockup* de la pantalla “¿Cómo interactuar con...?”.



Figura 3.22: Ventana “¿Cómo interactuar con...?” en *MatVers*.

La Figura 3.23 presenta la pantalla “Cargando” correspondiente al *mockup* 3.14.



Figura 3.23: Pantalla “Cargando” en *MatVers*.

A continuación, se presenta un fragmento de código fuente (Listado 3.1) correspondiente al entorno de inicio de *MatVers*, escrito en el lenguaje Lua, el cual habilita una función para que el usuario pueda navegar desde el inicio de *MatVers* a cada uno de los entornos virtuales, en este caso en particular al entorno “Mundo jurásico”.

Listado 3.1: Código para navegar al entorno virtual “Mundo jurásico”.

```
1  local Players = game:GetService("Players")
2  local TeleportService = game:GetService("TeleportService")
3  local player = Players.LocalPlayer repeat wait() until
  player
4
5  script.Parent.MouseButton1Click:Connect(function()
6      TeleportService:Teleport(12875462883, player)
7  end)
8
```

Entorno virtual “Mundo jurásico”

El entorno virtual llamado “Mundo jurásico” (Ver Figura 3.24) se desarrolló enfocado en el conteo de números a través de la recolección de objetos.



Figura 3.24: Entorno virtual “Mundo jurásico”.

En la lista 3.2 se presenta un fragmento de código fuente correspondiente al entorno virtual “Mundo jurásico”, el cual implementa una función que permite a los jugadores recolectar un objeto (fósil de dinosaurio) habilitado cuando tocan una parte de este.

Listado 3.2: Función para habilitar objetos recolectables en el entorno virtual “Mundo jurásico”.

```
1      local tool = script.Parent
2      local toolPart = tool.Handle
3      local backpack = tool.Parent
4      local player = backpack.Parent
5      local playerStats = player:FindFirstChild("leaderstats")
6      local playerItems = playerStats:FindFirstChild("Items")
7      local playerSpaces = playerStats:FindFirstChild("Spaces")
8
9      local function onTouch(partTouched)
10     local canHarvest = partTouched:FindFirstChild("CanHarvest")
11     if canHarvest then
12         if canHarvest.Value == true and playerItems.Value <
13         playerSpaces.Value then
14             playerItems.Value = playerItems.Value + 1
15             canHarvest.Value = false
16             partTouched.Transparency = 1
```

```
16     partTouched.CanCollide = false
17     wait(15)
18     canHarvest.Value = true
19     partTouched.Transparency = 0
20     partTouched.CanCollide = true
21     end
22 end
23 end
24
25 toolPart.Touched:Connect(onTouch)
26
```

Entorno virtual “Mundo medieval”

El entorno virtual denominado “Mundo medieval” (Ver Figura 3.25) se creó con el propósito de presentar operaciones de suma de uno y dos dígitos. Con el avance de los niveles, la dificultad de las sumas aumenta progresivamente, proporcionando un desafío gradual a los usuarios.

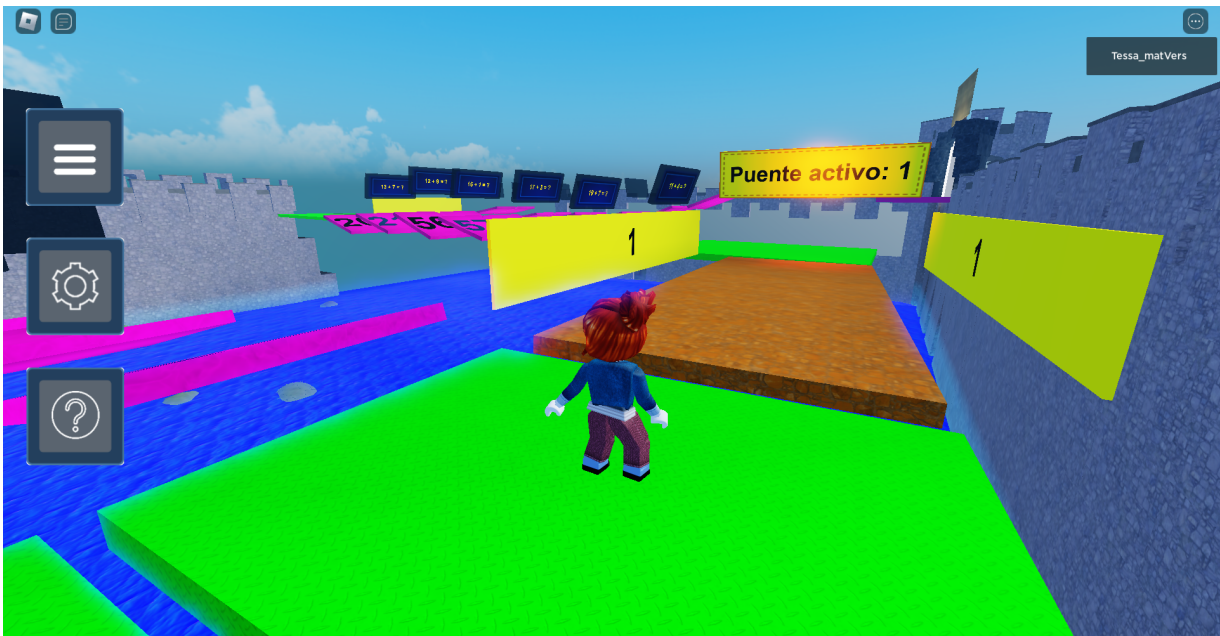


Figura 3.25: Entorno virtual “Mundo medieval”.

Entorno virtual “Mundo espacial”

El entorno virtual “Mundo espacial” se desarrolló con el objetivo de presentar al usuario operaciones de suma de uno y dos dígitos. La Figura 3.26 muestra el resultado final del entorno virtual.



Figura 3.26: Entorno virtual “Mundo espacial”.

Entorno virtual “Mundo de lava”

El entorno virtual “Mundo de lava” (Ver Figura 3.27) se creó enfocado en la resolución de operaciones de suma de uno y dos dígitos.



Figura 3.27: Entorno virtual “Mundo de lava”.

Para generar las operaciones de suma en los entornos virtuales Mundo Medieval, Mundo Espacial, Mundo de Lava y Parque Aéreo, se implementa el código 3.3. Específicamente, en las líneas de código 8, 9, 10 y 11, se utiliza la función *math.random* para generar números aleatorios que formen la suma a resolver. Además, la línea 8 se encarga de habilitar las plataformas correspondientes con las respuestas, ajustando la posición de la respuesta correcta de derecha a izquierda o viceversa. Este ajuste tiene como objetivo mantener una dinámica de juego que permita al usuario centrarse en la resolución precisa de la suma y avanzar de nivel.

Listado 3.3: Código para generar operaciones matemáticas de suma en MatVers.

```
1      local operation = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Model1.  
    Part.SurfaceGui.Frame.ImageLabel.TextLabel  
2      local answerA = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Part1C.  
    SurfaceGui.TextLabel  
3      local answerB = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Part1In.  
    SurfaceGui.TextLabel  
4      local partA = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Part1C  
5      local partB = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Part1In  
6      local isTouched = false  
7
```

```
8      local numA = math.random(1,2)
9      local num1 = math.random(1,9)
10     local num2 = math.random(1,9)
11     local num3 = math.random(11,50)
12     local res = num1 + num2
13
14     repeat
15         if num1 == res or num1 == num3 or num2 == res or num2 == num3
or num3 == res then
16             num1 = math.random(1,9)
17             num2 = math.random(1,9)
18             num3 = math.random(11,99)
19             res = num1 + num2
20
21         if numA == 1 then
22             operation.Text = num1 .. " + " .. num2 .. " = ?"
23             answerA.Text = res
24             answerB.Text = num3
25             partA.CanCollide = true
26             partA.Touched:Connect(playSoundCorrect)
27             partB.CanCollide = false
28             partB.Touched:Connect(playSoundIncorrect)
29         else
30             operation.Text = num1 .. " + " .. num2 .. " = ?"
31             answerA.Text = num3
32             answerB.Text = res
33             partA.CanCollide = false
34             partA.Touched:Connect(playSoundIncorrect)
35             partB.CanCollide = true
36             partB.Touched:Connect(playSoundCorrect)
37         end
38
39         if numA == 2 then
40             operation.Text = num1 .. " + " .. num2 .. " = ?"
41             answerA.Text = num3
42             answerB.Text = res
43             partA.CanCollide = false
44             partA.Touched:Connect(playSoundIncorrect)
45             partB.CanCollide = true
46             partB.Touched:Connect(playSoundCorrect)
47         else
48             operation.Text = num1 .. " + " .. num2 .. " = ?"
49             answerA.Text = res
50             answerB.Text = num3
51             partA.CanCollide = true
52             partA.Touched:Connect(playSoundCorrect)
```

```
53     partB.CanCollide = false
54     partB.Touched:Connect(playSoundIncorrect)
55     end
56     end
57
58     until num1 ~= res or num1 ~= num3 or num2 ~= res or num2 ~=
num3 or num3 ~= res
59         if numA == 1 then
60             operation.Text = num1 .. " + " .. num2 .. " = ?"
61             answerA.Text = res
62             answerB.Text = num3
63             partA.CanCollide = true
64             partA.Touched:Connect(playSoundCorrect)
65             partB.CanCollide = false
66             partB.Touched:Connect(playSoundIncorrect)
67         else
68             operation.Text = num1 .. " + " .. num2 .. " = ?"
69             answerA.Text = num3
70             answerB.Text = res
71             partA.CanCollide = false
72             partA.Touched:Connect(playSoundIncorrect)
73             partB.CanCollide = true
74             partB.Touched:Connect(playSoundCorrect)
75         end
76
77         if numA == 2 then
78             operation.Text = num1 .. " + " .. num2 .. " = ?"
79             answerA.Text = num3
80             answerB.Text = res
81             partA.CanCollide = false
82             partA.Touched:Connect(playSoundIncorrect)
83             partB.CanCollide = true
84             partB.Touched:Connect(playSoundCorrect)
85         else
86             operation.Text = num1 .. " + " .. num2 .. " = ?"
87             answerA.Text = res
88             answerB.Text = num3
89             partA.CanCollide = true
90             partA.Touched:Connect(playSoundCorrect)
91             partB.CanCollide = false
92             partB.Touched:Connect(playSoundIncorrect)
93         end
94     end
```

Entorno virtual “Parque aéreo”

El entorno virtual “Parque aéreo” (ver Figura 3.28) fue desarrollado con el propósito de presentar sumas de dos dígitos. Además, se incorporó un cronómetro para resolver cada operación, incrementando así el nivel de dificultad del juego.



Figura 3.28: Entorno virtual “Parque aéreo”.

En la siguiente lista se muestra un fragmento de código correspondiente al entorno virtual “Parque aéreo”. Las líneas de código 28 a la 34 contienen la función *buttonPressed*, la cual se ejecuta en la línea 36 con el propósito de iniciar un cronómetro que indica el tiempo disponible para que un usuario resuelva cada suma.

Listado 3.4: Código para iniciar un cronómetro en el entorno virtual “Parque aéreo”.

```
1      local platform1 = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Part1C
2      local platform2 = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Part1In
3      local text1 = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Part1C.
      SurfaceGui.TextLabel
4      local text2 = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.Part1In.
      SurfaceGui.TextLabel
5      local button = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.TimerEffect.
      ButtonBridge
```

```
6      local timerPart = game.Workspace.ObbyStructure.Op1.  
TimerEffect.TimerDisplay  
7      local timerText = timerPart.SurfaceGui.ImageLabel.TextLabel  
8      local pointLight = timerPart.PointLight  
9  
10     local timerDuration = 5  
11     local timerActive = false  
12  
13     local function startTimer()  
14         timerActive = true  
15         platform1.Transparency = 0  
16         platform1.CanCollide = true  
17         platform2.Transparency = 0  
18         platform2.CanCollide = true  
19         text1.TextTransparency = 0  
20         text2.TextTransparency = 0  
21  
22         for count = timerDuration, 0, -1 do  
23             timerText.Text = "00:0" .. count  
24             pointLight.Enabled = true  
25             wait(1)  
26         end  
27  
28     local function buttonPressed (partTouched)  
29         local character = partTouched.Parent  
30         local humanoid = character:FindFirstChildWhichIsA("Humanoid  
")  
31         if humanoid and timerActive == false then  
32             startTimer()  
33         end  
34     end  
35  
36     button.Touched:Connect(buttonPressed)  
37
```

El código 3.4 inicia un cronómetro en cuenta regresiva de cinco segundos para que el jugador resuelva la suma correspondiente al nivel en el que se encuentra.

Capítulo 4

Resultados

El presente capítulo presenta el desarrollo del caso de estudio relacionado con la prueba de concepto de la aplicación integrada en el metaverso de *Roblox*, denominada *MatVers: El metaverso de las matemáticas*. Se ofrece una descripción de la metodología empleada en su implementación, así como de los resultados alcanzados.

4.1. Caso de estudio

A continuación se expone a detalle el caso de estudio llevado a cabo como prueba de concepto de la aplicación *MatVers*.

4.1.1. Objetivo del caso de estudio

Examinar el uso del metaverso como herramienta de aprendizaje a través de la implementación de la aplicación “*MatVers: el metaverso de las matemáticas*”.

4.1.2. Contexto y selección de participantes

El presente estudio se llevó a cabo en una institución de educación primaria perteneciente al sector particular, situada en la región de Zongolica, Veracruz.

La selección de los participantes para este caso de estudio se realizó considerando a un grupo de 7 niños pertenecientes al primer grado de primaria, con edades comprendidas

entre los 6 y 7 años. Es importante señalar que, de acuerdo con la información recopilada, solo el 28.5 % de los participantes contaban con acceso tanto a un teléfono celular como a una computadora en sus hogares, mientras que el resto de los niños participantes solo disponía de acceso a un teléfono celular. Este factor socio-económico se consideró de manera significativa en el estudio, ya que permitió obtener una comprensión más completa del impacto potencial de la implementación de la aplicación en el entorno educativo de los niños con diferentes niveles de acceso a la tecnología.

4.1.3. Antecedentes tecnológicos

Durante el desarrollo de este caso de estudio, la aplicación *MatVers* se ejecutó en equipos de escritorio y un dispositivo móvil. Para la implementación de la aplicación en el entorno escolar, se utilizaron computadoras de escritorio con especificaciones suficientes para admitir los requisitos de *software* del metaverso detalladas en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1: Características de equipos de escritorio.

Especificaciones del dispositivo	
Procesador	AMD A4-4000 PU with Radeon(tm) HD Graphics 3.00 GHz
RAM instalada	4.0 GB (3.20 GB utilizable)
Almacenamiento en Disco local (C:)	Usado: 52.3 GB, Disponible: 412 GB
Tipo de sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador x64.
Especificaciones de <i>Windows</i>	
Edición	Windows 10 Pro.
Versión	22 H2

Además de la utilización de equipos de escritorio, se incorporó un enfoque multidispositivo al estudio, aprovechando la compatibilidad de *Roblox* con dispositivos móviles. A tal efecto, se empleó un teléfono celular cuyas especificaciones técnicas se detallan en la

Tabla 4.2. La inclusión de este dispositivo móvil permitió una evaluación más amplia de la experiencia de los participantes, asegurando así un análisis exhaustivo de la interacción de los niños con la aplicación *MatVers* en diferentes contextos y plataformas.

Tabla 4.2: Características del dispositivo móvil.

Especificaciones del dispositivo móvil	
Modelo	Redmi Note 12 Pro+ 5G
Procesador	Dimensity 1080 Octa-core Max 2.6 GHz
RAM	8.0 BG + 4.0 GB
Almacenamiento interno	Usado: 93.7 GB, Disponible: 162.3 GB
Especificaciones de <i>Android</i>	
Versión	12 SP1A.210812.016
Versión MIUI	14.0.6.0.SMOMIXM

4.1.4. Diseño del caso de estudio

El diseño del caso de estudio se delineó como una prueba de concepto que abarcó un período continuado de seis meses. Durante este lapso, se llevaron a cabo sesiones de prueba con una duración aproximada de una hora por semana. Estas sesiones permitieron que los participantes interactuaran con la aplicación *MatVers* mientras se recopilaban datos a través de observaciones directas y cuestionarios planteados de manera sistemática. Este enfoque metodológico proporcionó una comprensión detallada de la experiencia de los niños con la plataforma en un entorno controlado y sistemático, facilitando así un análisis riguroso de los resultados obtenidos.

4.1.5. Ejecución del caso de estudio

En las siguientes secciones se presenta la descripción de la ejecución del caso de estudio, así como anotaciones detalladas sobre el desempeño y las respuestas de los participantes y cualquier comportamiento relevante durante el uso de la aplicación.

Evaluación inicial

Antes de comenzar con el estudio, se llevó a cabo una evaluación diagnóstica que comprendía la resolución de diez operaciones de suma de uno y dos dígitos. El propósito de esta evaluación fue medir el nivel de comprensión y habilidad de los participantes en este tipo de sumas. A continuación se exponen los resultados de esta evaluación en las figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7.

PRIMERA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

05 de octubre de 2023.
Edad: 7

a) Resuelve las siguientes sumas.

$\begin{array}{r} 5 \\ + 6 \\ \hline 12 \end{array}$	$\begin{array}{r} 10 \\ + 4 \\ \hline 14 \end{array}$	$\begin{array}{r} 8 \\ + 35 \\ \hline 44 \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 44 \\ \hline 52 \end{array}$	$\begin{array}{r} 47 \\ + 47 \\ \hline 94 \end{array}$
$\begin{array}{r} 63 \\ + 18 \\ \hline 81 \end{array}$	$\begin{array}{r} 17 \\ + 38 \\ \hline 55 \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 10 \\ \hline 85 \end{array}$	$\begin{array}{r} 21 \\ + 11 \\ \hline 32 \end{array}$	$\begin{array}{r} 11 \\ + 64 \\ \hline 75 \end{array}$

Figura 4.1: Evaluación inicial del sujeto de prueba uno.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

PRIMERA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

05 de octubre de 2023.
Edad: 7 Años

a) Resuelve las siguientes sumas.

$\begin{array}{r} 5 \\ + 6 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 10 \\ + 4 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 8 \\ + 35 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 44 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 47 \\ + 47 \\ \hline \end{array}$
11	14	43	49	94

$\begin{array}{r} 63 \\ + 18 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 17 \\ + 38 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 10 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 21 \\ + 11 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 11 \\ + 64 \\ \hline \end{array}$
81	55	85	32	75

Figura 4.2: Evaluación inicial del sujeto de prueba dos.

PRIMERA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

05 de octubre de 2023.
Edad: 7

a) Resuelve las siguientes sumas.

$\begin{array}{r} 5 \\ + 6 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 10 \\ + 4 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 8 \\ + 35 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 44 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 47 \\ + 47 \\ \hline \end{array}$
11	14	43	49	94

$\begin{array}{r} 63 \\ + 18 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 17 \\ + 38 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 10 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 21 \\ + 11 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 11 \\ + 64 \\ \hline \end{array}$
81	55	85	32	75

Figura 4.3: Evaluación inicial del sujeto de prueba tres.

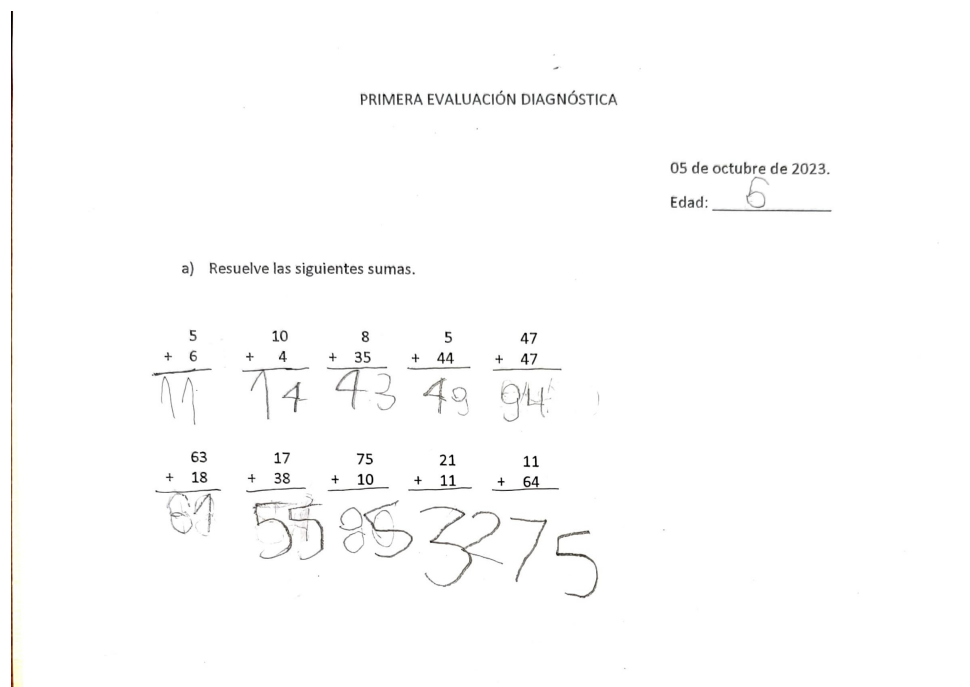


Figura 4.4: Evaluación inicial del sujeto de prueba cuatro.

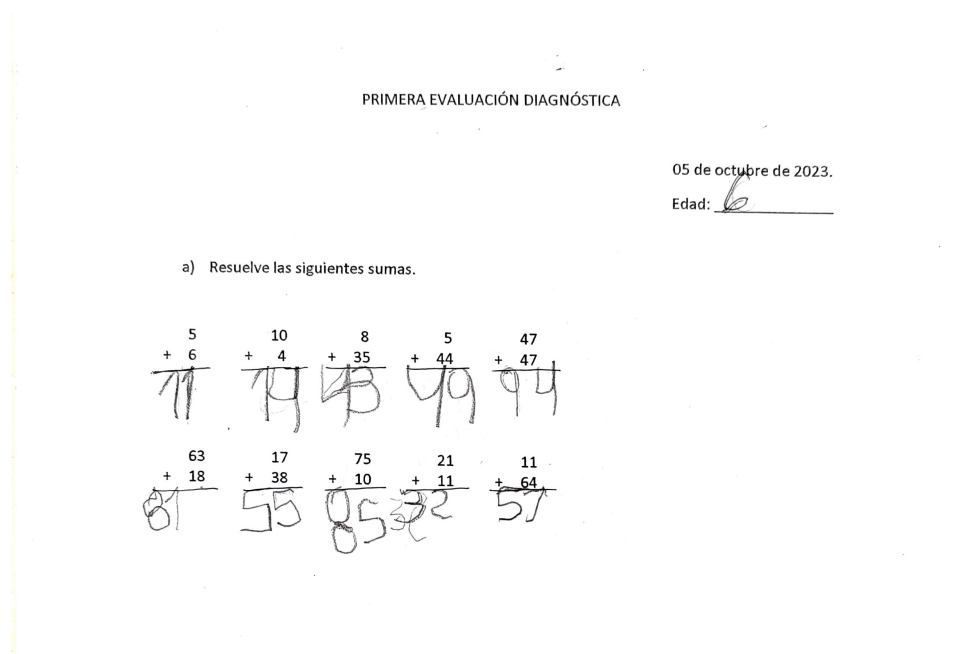


Figura 4.5: Evaluación inicial del sujeto de prueba cinco.

PRIMERA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

05 de octubre de 2023.
Edad: 6

a) Resuelve las siguientes sumas.

$\begin{array}{r} 5 \\ + 6 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 10 \\ + 4 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 8 \\ + 35 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 44 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 47 \\ + 47 \\ \hline \end{array}$
11	14	43	49	94
$\begin{array}{r} 63 \\ + 18 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 17 \\ + 38 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 10 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 21 \\ + 11 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 11 \\ + 64 \\ \hline \end{array}$
81	55	85	32	75

Figura 4.6: Evaluación inicial del sujeto de prueba seis.

PRIMERA EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA

05 de octubre de 2023.
Edad: 7

a) Resuelve las siguientes sumas.

$\begin{array}{r} 5 \\ + 6 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 10 \\ + 4 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 8 \\ + 35 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 44 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 47 \\ + 47 \\ \hline \end{array}$
11	14	43	49	94
$\begin{array}{r} 63 \\ + 18 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 17 \\ + 38 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 10 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 21 \\ + 11 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 11 \\ + 64 \\ \hline \end{array}$
81	55	85	32	75

Figura 4.7: Evaluación inicial del sujeto de prueba siete.

Asimismo, se muestra una tabla detallada de los tiempos que cada participante tardó en resolver la evaluación, junto con observaciones específicas sobre el proceso de resolución

para cada participante. Estos detalles proporcionan una comprensión más completa del rendimiento de los participantes durante la evaluación inicial y sirven como puntos de referencia para la comparación con los resultados finales.

Tabla 4.3: Resultados de la evaluación inicial.

Participante	Tiempo (minutos)	Observaciones
1	11:40	El sujeto de prueba recurrió a los dedos de las manos como herramienta de apoyo para realizar los cálculos de las sumas.
2	13:00	El sujeto de prueba enfrentó dificultades para identificar las cifras que constituían las operaciones de suma. Fue necesario proporcionar asistencia para facilitar su comprensión y ejecución de dichas operaciones. Además presentó problemas para escribir los números.
3	11:29	El sujeto de prueba demostró un dominio efectivo y sin contratiempos al resolver todas las sumas asignadas.
4	08:15	A pesar de que el sujeto de prueba exhibió un dominio efectivo y sin inconvenientes al resolver todas las sumas asignadas, se observaron dificultades en la escritura de los números correspondientes a las respuestas.
5	09:20	El sujeto de prueba demostró una resolución inmediata de las sumas de una cifra; sin embargo, se observó que requirió un poco más de tiempo para resolver aquellas que implicaban dos cifras.
6	09:01	El sujeto de prueba demostró un dominio efectivo y sin contratiempos al resolver todas las sumas asignadas.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 4.3 Resultados de la evaluación inicial (Continuación).

Participante	Tiempo (minutos)	Observaciones
7	11:55	El sujeto de prueba empleó un ábaco como herramienta auxiliar para llevar a cabo las operaciones más complejas, específicamente aquellas que involucraban dos cifras.

Registro de sesiones del caso de estudio

Durante las sesiones de prueba (Fig. 4.8), se permitió a los participantes explorar las funcionalidades y entornos virtuales de *MatVers* bajo supervisión. Asimismo, se fomentó la interacción activa y la retroalimentación de los participantes para obtener información detallada sobre su experiencia y comprensión de la aplicación.



Figura 4.8: Sesión realizada durante el caso de estudio.

A continuación se presenta el registro de algunas de las sesiones llevadas a cabo durante el desarrollo del caso de estudio.

Tabla 4.4: Registro de sesión uno.

Fecha de la sesión:	21 de septiembre de 2023
Número de participantes:	No aplica
Actividades Realizadas	Se llevó a cabo la instalación de <i>Roblox PLayer</i> así como la configuración de cuentas de usuario en cada uno de los equipos a utilizar durante las sesiones siguientes.
Observaciones	Sin observaciones
Acciones a Tomar	No aplica

Tabla 4.5: Registro de sesión dos.

Fecha de la sesión:	28 de septiembre de 2023
Número de participantes:	Siete
Actividades Realizadas	Se llevó a cabo una evaluación inicial para determinar el nivel de conocimiento de los participantes en relación a la resolución de operaciones de suma con uno y dos dígitos.
Observaciones	<i>Las observaciones encontradas se registraron en la Tabla 4.3</i>
Acciones a Tomar	No aplica

Tabla 4.6: Registro de sesión número tres.

Fecha de la sesión:	5 de octubre de 2023
Número de participantes:	Siete
Actividades Realizadas	Se inicio con la interacción general de <i>MatVers</i> .
Observaciones	1. Al ser la primera vez en que los participantes interactuaron con la aplicación, se identificó que experimentaron dificultades comunes en el desplazamiento del avatar por los entornos virtuales al utilizar las flechas de teclado. 2. Se notó que, a pesar de que el contexto educativo estaba centrado en las matemáticas, al tratarse de un juego, los participantes mostraron un notable entusiasmo.
Acciones a Tomar	No aplica

Tabla 4.7: Registro de sesión cuatro.

Fecha de la sesión:	12 de octubre de 2023
Número de participantes:	Siete
Actividades Realizadas	Durante la sesión, los sujetos de prueba realizaron una exploración del entorno virtual Mundo Jurásico con el objetivo de familiarizarse y adaptarse al ambiente virtual.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 4.7 Registro de sesión cuatro (Continuación).

Observaciones	Se observó una mejoría en el control de los movimientos del avatar de cada usuario, se lograron desplazar sin ninguna dificultad por el entorno virtual.
Acciones a Tomar	No aplica

Tabla 4.8: Registro de sesión cinco.

Fecha de la sesión:	19 de octubre de 2023
Número de participantes:	Cinco
Actividades Realizadas	Los participantes se dedicaron a interactuar específicamente con los entornos virtuales “Mundo medieval” y “Mundo jurásico”.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 4.8 Registro de sesión cinco (Continuación).

Observaciones	1. Los sujetos de prueba se agregaron como “amigos” en <i>MatVers</i>. 2. Los participantes utilizaron del <i>chat</i> de la aplicación por primera vez. 3. De acuerdo con los participantes el entorno virtual que más les gustó en esta sesión fue el Mundo Jurásico. 4. Al inicio de la sesión y dada la cercanía de los participantes, estos se pusieron de acuerdo para entrar al mismo tiempo a un entorno virtual y resolver las operaciones. Sin embargo, minutos después decidieron dejar de compartir opiniones para concentrarse mejor de manera individual. 5. Los sujetos de prueba mencionaron que se adicionara al entorno virtual dinosaurios vivos y gemas recolectables.
Acciones a Tomar	Para mejorar el funcionamiento de la aplicación se implementará la recolección de gemas en el entorno virtual “Mundo Jurásico”.

Tabla 4.9: Registro de sesión seis.

Fecha de la sesión:	26 de octubre de 2023
---------------------	-----------------------

Continúa en la siguiente página.

Tabla 4.9 Registro de sesión seis (Continuación).

Número de participantes:	Cinco
Actividades Realizadas	Los participantes se dedicaron a interactuar específicamente con los entornos virtuales “Mundo espacial” y “Mundo de Lava”.
Observaciones	1. Dado que se trabaja en grupo, en esta ocasión los sujetos de prueba acordaron ingresar juntos a los mundos virtuales para explorarlos de manera conjunta. 2. Aunque la aplicación presenta un menú para ingresar a cada entorno virtual, los participantes prefieren utilizar los portales que se encuentran en el <i>Lobby</i> de la aplicación para ir a los entornos virtuales.
Acciones a Tomar	Se plantea poner un anuncio breve de bienvenida para mejorar la experiencia del usuario.

Tabla 4.10: Registro de sesión siete.

Fecha de la sesión:	09 de noviembre de 2023
Número de participantes:	Siete
Actividades Realizadas	Los participantes se dedicaron a interactuar específicamente con el entorno virtual “Mundo de Lava”.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 4.10 Registro de sesión siete (Continuación).

Observaciones	1. Al ser un entorno virtual orientado a la resolución de sumas de dos dígitos los participantes presentaron dificultades para resolver de manera mental las operaciones, por lo que no lograron completar ese juego. 2. Ya que se está trabajando con un dispositivo móvil y equipos de escritorio, se preguntó a los participantes qué dispositivo preferían a lo que respondieron que la computadora es su favorita para jugar.
Acciones a Tomar	Se plantea poner mensaje de notificación cuando se acierta o falla en un nivel para mejorar la experiencia de usuario.

4.1.6. Evaluación final

Al concluir el estudio, se realizó una evaluación final para determinar si la interacción con *MatVers* tuvo un impacto positivo en el aprendizaje de sumas de uno y dos dígitos de los participantes, en comparación con los resultados obtenidos en la evaluación inicial.

A continuación se presentan los resultados obtenidos.

Edad: 1

1.- Resuelve las siguientes operaciones.

$\begin{array}{r} 7 \\ + 8 \\ \hline 15 \end{array}$	$\begin{array}{r} 3 \\ + 9 \\ \hline 12 \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 9 \\ \hline 14 \end{array}$	$\begin{array}{r} 7 \\ + 14 \\ \hline 21 \end{array}$	$\begin{array}{r} 23 \\ + 7 \\ \hline 30 \end{array}$
$\begin{array}{r} 56 \\ + 16 \\ \hline 72 \end{array}$	$\begin{array}{r} 18 \\ + 11 \\ \hline 29 \end{array}$	$\begin{array}{r} 68 \\ + 13 \\ \hline 81 \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 5 \\ \hline 80 \end{array}$	$\begin{array}{r} 20 \\ + 44 \\ \hline 64 \end{array}$

Figura 4.9: Evaluación final del sujeto de prueba uno.

Edad: 7

1.- Resuelve las siguientes operaciones.

$\begin{array}{r} 7 \\ + 8 \\ \hline 15 \end{array}$	$\begin{array}{r} 3 \\ + 9 \\ \hline 12 \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 9 \\ \hline 14 \end{array}$	$\begin{array}{r} 7 \\ + 14 \\ \hline 21 \end{array}$	$\begin{array}{r} 23 \\ + 7 \\ \hline 30 \end{array}$
$\begin{array}{r} 56 \\ + 16 \\ \hline 72 \end{array}$	$\begin{array}{r} 18 \\ + 11 \\ \hline 29 \end{array}$	$\begin{array}{r} 68 \\ + 13 \\ \hline 81 \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 5 \\ \hline 80 \end{array}$	$\begin{array}{r} 20 \\ + 44 \\ \hline 64 \end{array}$

|||||

Figura 4.10: Evaluación final del sujeto de prueba tres.

Edad: 6

1.- Resuelve las siguientes operaciones.

$\begin{array}{r} 17 \\ + 8 \\ \hline 25 \end{array}$	$\begin{array}{r} 3 \\ + 9 \\ \hline 12 \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 9 \\ \hline 14 \end{array}$	$\begin{array}{r} 7 \\ + 14 \\ \hline 21 \end{array}$	$\begin{array}{r} 23 \\ + 7 \\ \hline 30 \end{array}$
$\begin{array}{r} 56 \\ + 16 \\ \hline 72 \end{array}$	$\begin{array}{r} 18 \\ + 11 \\ \hline 29 \end{array}$	$\begin{array}{r} 68 \\ + 13 \\ \hline 81 \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 5 \\ \hline 80 \end{array}$	$\begin{array}{r} 20 \\ + 44 \\ \hline 64 \end{array}$

Figura 4.11: Evaluación final del sujeto de prueba cuatro.

Edad: 6

1.- Resuelve las siguientes operaciones.

$\begin{array}{r} 7 \\ + 8 \\ \hline 15 \end{array}$	$\begin{array}{r} 3 \\ + 9 \\ \hline 12 \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ + 9 \\ \hline 14 \end{array}$	$\begin{array}{r} 7 \\ + 14 \\ \hline 21 \end{array}$	$\begin{array}{r} 23 \\ + 7 \\ \hline 30 \end{array}$
$\begin{array}{r} 56 \\ + 16 \\ \hline 72 \end{array}$	$\begin{array}{r} 18 \\ + 11 \\ \hline 29 \end{array}$	$\begin{array}{r} 68 \\ + 13 \\ \hline 81 \end{array}$	$\begin{array}{r} 75 \\ + 5 \\ \hline 80 \end{array}$	$\begin{array}{r} 20 \\ + 44 \\ \hline 64 \end{array}$

Figura 4.12: Evaluación final del sujeto de prueba cinco.

Edad: 6

1.- Resuelve las siguientes operaciones.

$$\begin{array}{r} 7 \\ + 8 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 9 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ + 9 \\ \hline 14 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ + 14 \\ \hline 21 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 23 \\ + 7 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ + 16 \\ \hline 72 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ + 11 \\ \hline 29 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ + 13 \\ \hline 81 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ + 5 \\ \hline 80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20 \\ + 44 \\ \hline 64 \end{array}$$

Figura 4.13: Evaluación final del sujeto de prueba seis.

Asimismo, se llevó a cabo el registro de los tiempos que cada participante tardó en resolver la evaluación final, junto con observaciones específicas sobre el proceso de resolución para cada participante. En la Tabla 4.11 se muestran dicha información.

Tabla 4.11: Resultados de la evaluación inicial.

Participante	Tiempo (minutos)	Observaciones
1	15:09	Fue necesario brindar ayuda para explicar cómo responder las sumas de dos dígitos.
3	15:45	El sujeto de prueba demostró un dominio efectivo en las sumas de una cifra, sin embargo se le dificultó la resolución de sumas con dos cifras.
4	11:38	Se observó que a pesar de que se tomó más tiempo en la resolución de los ejercicios, no requirió de ningún apoyo para llevar a cabo la evaluación, sin embargo presentó un error en la resolución de una suma con un dígito.

Continúa en la siguiente página.

Tabla 4.11 Resultados de la evaluación inicial (Continuación).

Participante	Tiempo (minutos)	Observaciones
5	09:14	El participante se tomó más tiempo para la resolución de los ejercicios, asimismo se concluyó que presenta problemas para identificar y colocar los números de las respuestas correctas de los ejercicios de dos cifras, ya que de manera mental, encontró la solución adecuada, sin embargo al escribir la respuesta se confundió, lo que sugiere que presenta un problema en la escritura de números de más de dos cifras.
6	05:46	El sujeto de prueba demostró un dominio efectivo y sin contratiempos al resolver todas las sumas asignadas.

4.1.7. Integración de las gafas de realidad virtual Oculus quest 2 con MatVers

Dada la compatibilidad de *Roblox* con las gafas de realidad virtual *Oculus Quest 2*, se integró *MatVers* en la realidad virtual. Esto permitió a los usuarios sumergirse en entornos tridimensionales interactivos, mejorando la experiencia con la tecnología de Oculus.

Como parte del estudio de caso, se llevó a cabo una sesión de prueba con docentes del Instituto Tecnológico de Orizaba (Ver figura 4.14), quienes participaron activamente e interactuaron con *MatVers* mediante las gafas *Oculus Quest 2*.



Figura 4.14: Interacción con *MatVers* y *Oculus quest 2*.

Durante la sesión, se observó un notorio interés de los docentes en explorar el entorno virtual de forma tridimensional. No obstante, también se observaron dificultades generalizadas con los controles y la navegación en los entornos virtuales debido a que era la primera vez que experimentaban con este tipo de tecnología. Cabe destacar que el entorno virtual “Mundo espacial” captó especialmente la atención de los participantes.

4.1.8. Análisis y discusión de resultados

La presente sección se dedica al análisis y discusión de los resultados obtenidos. Los datos recopilados se analizaron mediante un enfoque mixto que incluyó el análisis de contenido de las respuestas verbales de los participantes, así como la comparación de los resultados de la evaluación inicial y final para determinar cualquier cambio significativo en el rendimiento de los participantes.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la evaluación inicial y final, la interacción de los sujetos de prueba, así como la implementación de *MatVers* en la realidad virtual, se determinó que:

1. La mayoría de los sujetos de prueba demostró un dominio sólido en las operaciones de suma de una cifra, evidenciando una comprensión efectiva de los conceptos básicos.
2. A pesar de que el contexto educativo se centró en las matemáticas, la experiencia de juego en el entorno virtual generó un entusiasmo significativo entre los participantes, sugiriendo que la gamificación podría ser una estrategia efectiva para mantener la motivación en el aprendizaje.
3. Aunque la mayoría de los participantes mostró éxito en la resolución de las operaciones, se identificaron dificultades en la escritura de respuestas numéricas correctas, señalando la importancia de integrar actividades específicas para mejorar esta habilidad.
4. La aceptación favorable de *MatVers* sugiere un potencial impacto positivo en la enseñanza de matemáticas, particularmente en entornos educativos que buscan integrar la tecnología de manera efectiva, lo que respalda la importancia de diseñar aplicaciones educativas con un enfoque centrado en el usuario.
5. La retroalimentación de los usuarios destacó la facilidad de navegación y comprensión de las actividades matemáticas, señalando el diseño efectivo de la interfaz.
6. Es notoria la implementación de *MatVers* en la realidad virtual para lograr una experiencia completamente inmersiva.

En resumen, la evaluación inicial de *MatVers* subraya su potencial como herramienta educativa innovadora, destacando resultados alentadores en términos de aceptación y usabilidad. La implementación de gafas *Oculus Quest 2* en un entorno educativo con profesores no solo resalta estas ventajas, sino que también identifica una significativa área de

oportunidad para introducir métodos de enseñanza más avanzados y envolventes, aprovechando las capacidades inmersivas y versátiles de la realidad virtual. Esta integración no solo optimiza la experiencia de aprendizaje, sino que también señala la promisorio viabilidad de incorporar tecnologías emergentes para enriquecer la pedagogía y fomentar un entorno educativo más participativo y efectivo.

Capítulo 5

Conclusión y recomendaciones

El presente capítulo marca el cierre de esta investigación, proporcionando un análisis reflexivo de los hallazgos y derivando conclusiones fundamentales..

5.1. Conclusiones

En conclusión, este proyecto de tesis alcanzó plenamente los objetivos al integrar con éxito la aplicación *MatVers*: el metaverso de las matemáticas. La implementación de esta herramienta resultó eficaz y relevante para el contexto educativo. Inicialmente, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de trabajos relacionados con la implementación de tecnologías de metaverso en el sector educativo, estableciendo así una base sólida para el desarrollo y validación de *MatVers*. Este proceso no solo consolidó los fundamentos teóricos, sino que también enriqueció la comprensión del impacto potencial de esta aplicación innovadora en la enseñanza de las matemáticas.

Para asegurar una implementación eficaz, se realizó un análisis comparativo entre diversas plataformas de metaverso educativas, concluyendo que *Roblox* era la opción más adecuada debido a su versatilidad y amigabilidad. La aplicación *MatVers*, integrada en *Roblox* y dirigida a niños de primer grado, se desarrolló utilizando un método de aprendizaje centrado en el conteo y sumas de uno y dos dígitos. Asimismo, se aplicaron modelos de integración de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educa-

ción, específicamente los modelos SAMR y TPACK, logrando un entorno interactivo e innovador.

En última instancia, el caso de estudio, llevado a cabo en una escuela primaria en la región de Zongolica, Veracruz, reveló resultados alentadores. La mayoría de los participantes demostró un sólido dominio en las operaciones de suma de una cifra, indicando una comprensión efectiva de los conceptos básicos. Aunque el enfoque se centró en las matemáticas, la experiencia de juego en el entorno virtual generó un entusiasmo significativo, sugiriendo que la gamificación puede ser una estrategia efectiva para mantener la motivación en el aprendizaje. La positiva aceptación de *MatVers* indicó un potencial impacto positivo en la enseñanza de matemáticas, respaldando la relevancia de diseñar aplicaciones educativas centradas en el usuario. La retroalimentación de los usuarios resaltó la facilidad de navegación y comprensión de las actividades matemáticas, subrayando la eficacia del diseño de la interfaz y enfatizando el valor de la integración de tecnología educativa centrada en el usuario para mejorar la comprensión y el entusiasmo en el aprendizaje matemático.

5.2. Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro, se recomienda la exploración de la adaptación de *MatVers* para otros niveles educativos, ajustando su contenido para abordar niveles de mayor complejidad en matemáticas y, potencialmente, incorporando temas de otras áreas, como la historia, para diversos grados escolares.

La expansión del alcance temático de *MatVers* permitiría su aplicación en una variedad más amplia de niveles educativos, proporcionando a los estudiantes experiencias educativas personalizadas y enriquecedoras. Este enfoque ampliado no solo contribuiría al desarrollo académico integral de los estudiantes, sino que también consolidaría la posición de *MatVers* como una herramienta educativa versátil y adaptable.

Asimismo, se recomienda llevar a cabo pruebas de la aplicación en contextos más amplios y recopilar datos sobre su efectividad en diversas configuraciones educativas. La

expansión de la implementación de *MatVers* en entornos educativos variados permitirá evaluar su adaptabilidad y rendimiento en diferentes contextos pedagógicos.

Por último, se sugiere realizar estudios adicionales sobre el uso de las gafas de realidad virtual con *MatVers*. Aunque es destacable implementar *MatVers* en realidad virtual, es esencial explorar su aplicación en contextos diversos y evaluar si los niños reaccionarían de manera similar a los docentes frente al impacto de la tecnología.

Referencias

- [1] L. Barton. “*What is Immersive Technology?*” ADVRTAS. <https://advrtas.com/immersive-technology/> (accedido el 16 de octubre de 2023).
- [2] N. Stephenson. *Snow Crash*. Bantam spectra book. Bantam Books, 1992. URL: <https://books.google.co.ve/books?id=B0xbAAAAMAAJ>.
- [3] Meta. *Learn about who we are*. Social Meta Company. <https://about.meta.com> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [4] Meta. *What is the metaverse?* Social Meta Company. <https://about.meta.com/what-is-the-metaverse/> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [5] F. X. Shawk. *Microsoft Cloud at Ignite 2021: Metaverse, AI and hyperconnectivity in a hybrid world*. Official Microsoft Blog. <https://blogs.microsoft.com/blog/2021/11/02/microsoft-cloud-at-ignite-2021-metaverse-ai-and-hyperconnectivity-in-a-hybrid-world/> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [6] G. D. Ritterbusch y M. R. Teichmann. “Defining the Metaverse: A Systematic Literature Review”. En: *IEEE Access* 11 (2023), págs. 12368-12377. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3241809.
- [7] D. Sisson. *Guide to the Metaverse in 15 minutes*. The metaverse. <https://www.danielsisson.com/articles/guide-to-the-metaverse-in-15-minutes> (accedido el 18 de octubre de 2023).

- [8] J. Radoff. *The Metaverse Value-Chain*. Building the Metaverse. <https://medium.com/building-the-metaverse/the-metaverse-value-chain-afcf9e09e3a7> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [9] B. Shehata et al. A. Tlili R. Huang. “Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis”. En: *Smart Learning Environments* 9 (2022), págs. 12368-12377. DOI: 10.1186/s40561-022-00205-x.
- [10] R. Hare et al. L. Cui C. Zhu. “MetaEdu: a new framework for future education”. En: *Discover Artificial Intelligence* 3 (2023). DOI: 10.1007/s44163-023-00053-9.
- [11] Intel. *VR vs. AR vs. MR: What You Need to Know*. Intel. <https://www.intel.la/content/www/xl/es/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [12] F. M. Juca; J. L. Ramírez y M. I. B. Andrade. “Rutas inmersivas de Realidad Virtual como alternativa tecnológica en el proceso educativo”. En: *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas* 3 (2020). [En línea]. Disponible en: <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/230/272>.
- [13] D. Cureton. *The Role of the Avatar in the Metaverse*. XR Today. <https://www.xrtoday.com/virtual-reality/the-role-of-the-avatar-in-the-metaverse/> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [14] T. Ladd. *The Secret Of The Success Of Virtual Worlds: Compelling Avatars*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/tedladd/2023/02/07/the-secret-of-the-success-of-virtual-worlds-compelling-avatars/?sh=67eccc225d> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [15] C. Girvan. “What is a virtual world? Definition and classification”. En: *Educational Technology Research and Development* 66 (2018). DOI: 10.1007/s11423-018-9577-y.
- [16] Z. Ramadan. “Marketing in the metaverse era: toward an integrative channel approach”. En: *Virtual Reality* 27 (2023). DOI: 10.1007/s10055-023-00783-2.

- [17] Linden Research Inc. *Second Life-Virtual Worlds, Virtual Reality, VR, Avatars, and Free 3D*. Second Life. <https://secondlife.com> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [18] Linden Research Inc. *Remote Work and Event Solutions*. Second Life. <https://secondlife.com/connect/about> (accedido el 18 de octubre de 2023).
- [19] J. Bugmann y P. P. Gros T. Karsenti. "*Transforming Education with Minecraft? Results of an exploratory study conducted with 118 elementary-school students*". 2017. CRIFPE.
- [20] Microsoft. *Minecraft Education on Microsoft Learn*. Microsoft. <https://learn.microsoft.com/en-us/training/educator-center/product-guides/minecraft> (accedido el 19 de octubre de 2023).
- [21] Dubit Limited. "*Dubit Guide to Roblox for Brands*". Accedido: 19 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dubit.docsend.com/view/yytafca42a83pbq>. 2020.
- [22] Federal Trade Commission - Protecting American's Consumers. *Children's Online Privacy Protection Rule (COPPA)*. <https://www.ftc.gov/legal-library/browse/rules/childrens-online-privacy-protection-rule-coppa> (accedido el 19 de octubre de 2023).
- [23] Roblox Corporation. *Roblox Education*. <https://education.roblox.com> (accedido el 19 de octubre de 2023).
- [24] R. Ierusalimschy, L. H. de Figueiredo y W. Celes. *Lua 5.1 Reference Manual*. Lua.org. <https://www.lua.org/manual/5.1/manual.html> (accedido el 19 de octubre de 2023).
- [25] Y. Terada. *A Powerful Model for Understanding Good Tech Integration*. Edutopia. <https://www.edutopia.org/article/powerful-model-understanding-good-tech-integration> (accedido el 19 de octubre de 2023).
- [26] J. C. L. García. *SAMR, modelo para integrar las TIC en procesos educativos*. Edu-teka. Universidad Icesi. <https://eduteka.icesi.edu.co/articulos/samr> (accedido el 19 de octubre de 2023).
- [27] Mkoehler. *What is TPACK?* <http://www.tpack.org> (accedido el 19 de octubre de 2023).

- [28] R. E. P. Torrens Y G. de la C. U. Arbolaes. “Guías didácticas en el proceso enseñanza-aprendizaje: ¿Nueva estrategia?” En: *Revista Scientific* 5 (2020). DOI: 10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2020.5.18.20.371-392.
- [29] INEE. “*La educación obligatoria en México. Informe 2019*”. Accedido: 19 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/04/P1I245.pdf>. 2019.
- [30] Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación LLECE y UNESCO. *Quarto Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE 2019)*. 2019.
- [31] J. Xu X. Yu J. Li y E. D. van der Spek A. van der Stappen Y. Liu. “MathBuilder: A Collaborative AR Math Game for Elementary School Students”. En: *Extended Abstracts of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts*. Association for Computing Machinery, 2019, 731–738. ISBN: 9781450368711. DOI: 10.1145/3341215.3356295. URL: <https://doi.org/10.1145/3341215.3356295>.
- [32] J. Hu y L. Feijs J. Li E. van der Spek. “See Me Roar: On the Over-Positive, Cross-Cultural Response on an AR Game for Math Learning”. En: *Serious Games*. Springer International Publishing, 2018, págs. 54-65. ISBN: 978-3-030-02762-9. DOI: 10.1007/978-3-030-02762-9_7. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-02762-9_7.
- [33] W. Suh y S. Ahn. “Utilizing the Metaverse for Learner-Centered Constructivist Education in the Post-Pandemic Era: An Analysis of Elementary School Students”. En: *Journal of Intelligence* 10.1 (2022). DOI: 10.3390/jintelligence10010017. URL: <https://www.mdpi.com/2079-3200/10/1/17>.
- [34] Manisha y A. Mantri. “An Augmented Reality Application for Basic Mathematics: Teaching and Assessing Kids’ Learning Efficiency”. En: *2019 5th International Conference On Computing, Communication, Control And Automation (ICCUBEA)*. 2019, págs. 1-4. DOI: 10.1109/ICCUBEA47591.2019.9129083.

- [35] N. La Serna Palomino y F. Molina Granja R. Lozada Yáñez. “Augmented Reality and MS-Kinect in the Learning of Basic Mathematics: KARMLS Case”. En: *International Education Studies* 12 (2019). DOI: 10.5539/ies.v12n9p54.
- [36] X. Yu J. Hu y L. Feijs J. Li E. D. van der Spek. “Exploring an Augmented Reality Social Learning Game for Elementary School Students”. En: *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference*. Association for Computing Machinery, 2020, 508–518. ISBN: 9781450379816. DOI: 10.1145/3392063.3394422.
- [37] A. Emrah y Ç. Recep. “The effect of educational virtual reality game on primary school students’ achievement and engagement in mathematics”. En: *Interactive Learning Environments* 31.3 (2023), págs. 1467-1484. DOI: 10.1080/10494820.2020.1841800. URL: <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1841800>.
- [38] A. Tlili et al. “Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis”. En: *Smart Learning Environments* 9 (1 dic. de 2022), pág. 24. ISSN: 2196-7091. DOI: 10.1186/s40561-022-00205-x. URL: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-022-00205-x>.
- [39] H. Gwo-Jen y C. Shu-Yun. “Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective”. En: *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3 (2022), pág. 100082. ISSN: 2666-920X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X22000376>.
- [40] A. Jovanović y A. Milosavljević. “VoRtex Metaverse Platform for Gamified Collaborative Learning”. En: *Electronics* 11.3 (2022). DOI: 10.3390/electronics11030317. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/3/317>.
- [41] A. Es-Sajjade y F. Paas. “Educational theories and computer game design: lessons from an experiment in elementary mathematics education”. En: *Educational Technology Research and Development* 68 (5 2020), págs. 2685-2703. DOI: 10.1007/s11423-020-09799-w. URL: <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09799-w>.

- [42] G. Zeng y Bethanie C. Pletcher Katherine J. E. Hewett. “The Acquisition of 21st-Century Skills Through Video Games: Minecraft Design Process Models and Their Web of Class Roles”. En: *Simulation & Gaming* 51.3 (2020), págs. 336-364. DOI: 10.1177/1046878120904976. URL: <https://doi.org/10.1177/1046878120904976>.
- [43] E. Kim Y. Park y S. Jo B. Kye N. Han. “Educational applications of metaverse: possibilities and limitations”. En: *Journal of Educational Evaluation for Health Professions* 18 (2021). ISSN: 1975-5937. DOI: 10.3352/jeehp.2021.18.32. URL: <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>.
- [44] M. Nkadimeng y P. Ankiewicz. “The Affordances of Minecraft Education as a Game-Based Learning Tool for Atomic Structure in Junior High School Science Education”. En: *Journal of Science Education and Technology* 31 (5 2022), págs. 605-620. ISSN: 1059-0145. DOI: 10.1007/s10956-022-09981-0. URL: <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09981-0>.
- [45] H. Hashim y U. Husna Azizan R. Alfaisal. “Metaverse system adoption in education: a systematic literature review”. En: *Journal of Computers in Education* (2022). DOI: 10.1007/s40692-022-00256-6. URL: <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00256-6>.
- [46] S. Park y Y Kim. “A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges”. En: *IEEE Access* 10 (2022), págs. 4209-4251. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3140175. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9667507>.
- [47] S. Moreira y C. Filipe J. Braguez M. Braguez. “The possibilities of changes in learning experiences with Metaverse”. En: *Procedia Computer Science* 219 (2023). CENTERIS – International Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN – International Conference on Project MANagement / HCist – International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies 2022, págs. 504-511. ISSN: 1877-0509. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs>.

- 2023.01.318. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050923003277>.
- [48] *Fixo Kids*. URL: <https://fixokids.com/maquina-de-sumar-juegos-aprender-matematicas/>.
- [49] Ángel Sánchez Fuentes. *Portal de educación infantil y primaria*. 2022. URL: <https://www.educapeques.com/recursos-para-el-aula/juegos-para-ninos/juego-para-conocer-los-numeros.html>.
- [50] Ángel Sánchez Fuentes. *Portal de educación infantil y primaria*. 2022. URL: <https://www.educapeques.com/recursos-para-el-aula/juegos-matematicas-primaria.html>.
- [51] Dirección General de Materiales Educativos. *Matemáticas. Primer Grado*. Segunda Edición. Secretaría de Educación Pública, 2019.
- [52] Khan Academy. *Matemáticas elementales*. URL: <https://es.khanacademy.org/math/early-math/cc-early-math-counting-topic/cc-early-math-counting/e/counting-out-1-20-objects>.
- [53] Mundo primaria. *Números del 0 al 9*. URL: <https://www.mundoprimaria.com/juegos-educativos/jueg-mat-num-02>.
- [54] Roblox Corporation. *Roblox Creator Documentation*. URL: <https://create.roblox.com/docs>.
- [55] Roblox Corporation. *Designing Educational Experiences*. URL: <https://create.roblox.com/docs/education/developer/designing-educational-experiences>.
- [56] Roblox Corporation. *Planning for Educational Settings*. URL: <https://create.roblox.com/docs/education/developer/planning-for-educational-settings>.