

*Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Ingeniería de Sistemas y Computación
Proyecto de Grado*

*Diseño e implementación de una narrativa interactiva del
cuento El mono tití y los
tomatillos, sobre fauna en peligro de extinción*

*Bairon Stiven Torres Ruano
Mohamad Ali Ahmad Shayeb*

*Director
Dr. Andrés Adolfo Navarro Newball*



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali



Carta de Aprobación


Santiago de Cali, Noviembre 2025
Pontificia Universidad Javeriana Cali.
Dr. Gerardo Mauricio Sarria, Director de Carrera
Ingeniería de Sistemas y Computación

Cordial saludo,

Por medio de la presente me permito informarle que los estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación, Mohamad Ali Ahmad Shayeb (código: 8963003) y Bairon Stiven Torres Ruano (Código :8964451) trabajaron bajo mi dirección en el proyecto de grado titulado “Diseño e implementación de una narrativa interactiva del cuento El mono tití y los tomatillos, sobre fauna en peligro de extinción”, el cual se encuentra finalizado y listo para sustentación.

Atentamente,

**ANDRÉS ADOLFO
NAVARRO
NEWBALL**



Firmado digitalmente
por ANDRÉS ADOLFO
NAVARRO NEWBALL
Fecha: 2025.11.24
15:20:32 -05'00'

Andrés Adolfo Navarro Newball

Carta de Compromiso

Santiago de Cali, Noviembre 2025
Pontificia Universidad Javeriana Cali.
Dr. Gerardo Mauricio Sarria, Director de Carrera
Ingeniería de Sistemas y Computación

Cordial saludo,

Nos permitimos presentar a su consideración el trabajo de grado titulado “Diseño e implementación de una narrativa interactiva del cuento El mono tití y los tomatillos , sobre fauna en peligro de extinción”, con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad para llevar a cabo el proyecto de grado y posteriormente optar al título de Ingeniero de Sistemas y Computación.

Atentamente,



Bairon Stiven Torres Ruano



Mohamad Ali Ahmad Shayeb

Resumen

El miedo a llevar una vida demasiado pequeña ha sido una constante en el desarrollo humano, crecer implica adaptarse, construir un entorno significativo. En este camino, el desarrollo fortalece nuestra capacidad individual para relacionarnos con una realidad que cambia constantemente y que también podemos transformar, lo que impulsa la construcción colectiva de una sociedad. Cuando la colaboración se convierte en un pilar, es posible crear un acceso equitativo al conocimiento, apoyando aquellos que lo necesitan, cuando dichas interacciones se ven limitadas por barreras físicas, sociales o educativas, como ocurre en individuos con discapacidades visuales o auditivas, el proceso de aprendizaje puede verse restringido, condicionando sus oportunidades de crecimiento y desarrollo personal, nuestro objetivo es avanzar hacia una sociedad justa e inclusiva.

Sin embargo, en este campo aún existen pocos recursos accesibles que integren dinámicas educativas inclusivas para niños con discapacidades visuales o auditivas, la falta de materiales y herramientas multisensoriales limita su capacidad de explorar y vincularse en el entorno cultural y ambiental que los rodea. Esta situación no solo dificulta su participación en ciertos ámbitos, sino que también reduce la posibilidad de vivir experiencias que contribuyen en su crecimiento personal. Surge la necesidad en diseñar herramientas innovadoras que desarrollen oportunidades de aprendizaje, cuyo acceso les permitirá conocer historias y novedades, relacionarse con su entorno social y desarrollar conciencia ambiental desde su propia manera de percibir el mundo.

Ante esta necesidad, surge este proyecto de grado, que busca desarrollar un prototipo inmersivo basado en el cuento “La familia Tití y Los Tomatillos”, adaptado para niños de 5 a 12 años con discapacidades visuales y auditivas en Cali. Se enfoca en la inclusión social y ambiental, abordando la falta de recursos educativos accesibles y promoviendo la conservación del mono tití. Mediante realidad virtual y estímulos multisensoriales, se transforman elementos del cuento en una experiencia interactiva accesible. El proceso incluye análisis, diseño, implementación y validación del prototipo junto con expertos del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca. Como resultado, se espera obtener un recurso funcional, documentado y disponible para futuras iniciativas educativas.

Palabras clave: Realidad Virtual, Prototipo Inmersivo, Estímulos Multisensoriales, Inclusión Educativa, Accesibilidad, Interacción Sensorial, Diseño Inclusivo, Validación con Expertos, Conservación de Especies.

Abstract

The fear of living a life that is too small has been a constant throughout in human development, growing implies adapting and building a meaningful environment. Along this path, development strengthens our individual ability to relate to a constantly changing reality, one that we can also transform driving the collective construction of society. When collaboration becomes a core pillar, it is possible to create equitable access to knowledge, supporting those who need it. When these interactions are limited by physical, social, or educational barriers, as in the case of individuals with visual or hearing disabilities, the learning process may be restricted, limiting their opportunities for personal growth and development. Our goal is to advance toward a fair and inclusive society.

However, in this field there are still few accessible resources that integrate inclusive educational dynamics for children with visual or hearing disabilities. The lack of multisensory materials and tools limits their ability to explore and engage with the cultural and environmental context around them. This situation not only hinders their participation in certain spaces but also reduces the possibility of experiencing situations that contribute to their personal growth. Therefore, there is a need to design innovative tools that generate learning opportunities, granting access to stories and new knowledge, enabling them to connect with their social environment and develop environmental awareness according to their own way of perceiving the world.

In response to this need, this thesis project seeks to develop an immersive prototype based on the story “La familia Titi y Los Tomatillos,” adapted for children aged 5 to 12 with visual and hearing disabilities in Cali. It focuses on social and environmental inclusion, addressing the lack of accessible educational resources and promoting the conservation of the titi monkey. Through virtual reality and multisensory stimuli, elements of the story are transformed into an accessible interactive experience. The process includes analysis, design, implementation, and validation of the prototype together with experts from the Institute for Blind and Deaf Children. As a result, a functional resource is expected to be produced, documented, and made available for future educational initiatives.

Keywords: Virtual Reality, Immersive Prototype, Multisensory Stimuli, Inclusive Education, Accessibility, Sensory Interaction, Inclusive Design, Expert Validation, Species Conservation.

Índice General

Introducción.....	6
1.1. Descripción del problema	7
1.2. Formulación del problema	8
1.3. Sistematización del problema	8
1.4. Objetivo general.....	9
1.5. Objetivos específicos	9
1.6. Justificación	10
1.7. Delimitaciones y Alcances.....	11
Capítulo 2	12
Marco de Referencia y Trabajos Relacionados	12
2.1 Marco Teórico.....	12
2.1.1 Discapacidad Visual y Auditiva.....	12
2.1.2 Educación Accesible.....	13
2.1.3 Realidad Virtual.....	13
2.1.4 Narrativa Interactiva	13
2.1.5 Máquinas de Estado	14
2.1.6 Narrativa y Educación.....	14
2.2 Antecedentes	15
2.3 Discusión de trabajos relacionados.....	18
Capítulo 3	19
Metodología.....	19
3.1 Fases del Proceso Metodológico del Prototipo	19
3.2 Aplicación del Proceso Metodológico	20
3.3 Storyboard.....	22
3.4 Recomendaciones del Capítulo de Metodología.....	22
Capítulo 4	24
Análisis del Problema.....	24
4.1 Descripción del Cuento “La familia Tití y Los Tomatillos”.....	24
4.2 Elementos Narrativos Seleccionados para el Prototipo	25
4.3 Definición del Tipo de Usuario.....	26

4.4	Uso de Videojuegos y Realidad Virtual como Solución.....	26
4.5	Justificación del uso de Realidad Virtual (VR)	28
4.6	Requisitos para la Evaluación del Progreso.....	29
4.7	Métricas de evaluación del progreso.....	30
4.8	Herramientas Utilizadas.....	31
4.9	Conclusión del Análisis	32
Capítulo 5	.....	33
Diseño	.....	33
5.1	Mecánicas del Juego	33
5.2	Diseño de la Interfaz del Entorno Inmersivo	34
5.3	Diseño de movimientos del control	36
5.4	Diagrama de Flujo.....	37
5.5	Recomendaciones del Capítulo de Diseño.....	38
Capítulo 6	.....	39
Implementación	.....	39
6.1.	Proceso de desarrollo	39
6.1.1.	Etapa 1: Modelado, texturizado y rigging de personajes en Blender.....	40
6.1.2.	Etapa 2: Configuración inicial del proyecto en Unity e infraestructura de realidad virtual	41
6.1.3.	Etapa 3: Creación y adaptación de animaciones (Blender y Mixamo).....	42
6.1.4.	Etapa 4: Construcción del entorno del bosque colombiano	43
6.1.5.	Etapa 5: Integración de personajes, recursos gráficos, audio e interfaz en Unity.....	44
6.1.6.	Etapa 6: Uso de Timeline y árboles de animación para la narrativa.....	46
6.1.7.	Etapa 7: Implementación de la narrativa interactiva con botón contar desactivado.....	47
6.1.8.	Etapa 7: Implementación de la narrativa interactiva con botón contar desactivado.....	51
6.1.9.	Etapa 9: Pulido general y pruebas internas	52
Capítulo 7	.....	55
Validación del Sistema y Resultados.....		55
7.1.	Plan de Pruebas	55
7.1.1.	Alcance de Pruebas	55
7.1.3.	Pruebas con Usuarios.....	57
7.1.4.	Evaluación de pruebas	58
7.2	Trabajo Futuro.....	63

7.3 Conclusiones	64
Bibliografía.....	65

Índice de Imágenes

Figura 1: 3.1 Agile Cycle Method	21
Figura 2 : 3.2 Storyboard	23
Figura 3: 5.1 Escena de Inicio.....	35
Figura 4 : 5.2 Escena principal.....	36
Figura 5 : 5.3 Escena Final.....	36
Figura 6: 5.3: Pruebas de controles con los niños.....	38
Figura 7: 5.4 Diagrama de Flujo del Videojuego.....	38
Figura 8: 6.1 Texturas base del Titi	40
Figura 9: 6.2 Apariencia final del Titi Cabeciblanco.....	41
Figura 10: 6.3 Asignar pesos al esqueleto Rig con el cuerpo	41
Figura 11: 6.4 Animar poses del modelo articulado en Blender.....	42
Figura 12: 6.5 Animar poses del modelo articulado en Mixamo	43
Figura 13: 6.6 Elementos ambientales.....	43
Figura 14: 6.7 Escenario del cuento 1	44
Figura 15: 6.8 Cascada del cuento	44
Figura 16: 6.9 Escenario del cuento 2	45
Figura 17: 6.10 Controles de interaccion VR con Raycast.....	46
Figura 18: 6.11 Timeline de manzana	47
Figura 19: 6.12: Árbol de decisión base	47
Figura 20: 6.13 Botón contar desactivado en escena	48
Figura 21: 6.14 Escena del cuento: el papá tití busca bananos	48
Figura 22: 6.15 Escena del cuento: el bebé tití rechaza los bananos	49
Figura 23: 6.16 Escena del cuento: el papá tití busca tomatillos.....	49
Figura 24: 6.17 Escena del cuento: el bebé tití acepta los tomatillos	49
Figura 25: 6.18 Botones de frutas interactivos del Canvas en fase 2	50
Figura 26: 6.19 Boton contar desactivado en escena.....	51
Figura 27: 6.20 Nuevo color y ancho del rayo	54
Figura 28: 6.21 Juego finalizado.....	54

Capítulo 1

Introducción

El desarrollo integral de los niños no dependía únicamente del entorno en el que crecían, sino también del acceso que tenían a experiencias educativas que apoyaran su aprendizaje. Para las infancias con discapacidad visual o auditiva, este proceso resultaba particularmente más desafiante, ya que las barreras sensoriales y la escasez de recursos accesibles dificultaban su participación en espacios educativos y culturales.

En ciudades como Santiago de Cali, esta situación se evidenciaba en la limitada disponibilidad de herramientas inclusivas que integraran aspectos sociales, narrativos y ambientales en conexión con su entorno y proceso formativo. Por ello, la creación de estrategias pedagógicas que respondieran a estas necesidades se volvía esencial para garantizar procesos educativos más justos y accesibles.

Las tecnologías emergentes ofrecían nuevas oportunidades para mejorar estas experiencias. En especial, aquellas basadas en realidad virtual, donde se permitía la recreación de escenarios inmersivos que pudieran responder a diversas necesidades sensoriales, brindando a cada niño comodidad según la forma en que sentía y percibía su entorno. Esto facilitaba sus procesos de exploración, interacción y aprendizaje multisensorial. Sin embargo, existía aún la necesidad notable de herramientas diseñadas desde un enfoque inclusivo para la población infantil con discapacidad visual o auditiva. Esta falta de recursos no solo limitaba sus oportunidades de acceso al conocimiento y aprendizaje, sino que también dificultaba la participación en experiencias educativas que los conectaran a su entorno social, cultural y ambiental.

En este contexto, se identificó la necesidad de desarrollar recursos accesibles que acompañaran sus procesos de aprendizaje y promovieran su participación en experiencias significativas. Una de las propuestas que surgió ante esta necesidad consistió en la adaptación sensorial del cuento La familia Tití y Los Tomatillos, una narrativa que permitía acercar a los niños a la cultura local mientras se vinculaban con temáticas ambientales relacionadas con la conservación del mono tití, una especie emblemática de la región. De esta manera, el proyecto se orientó a diseñar y construir una experiencia inmersiva que aportara al aprendizaje sensorial, a la inclusión educativa y al desarrollo de conciencia ambiental, integrando herramientas tecnológicas accesibles y la colaboración de expertos en discapacidad sensorial.

1.1. Descripción del problema

El aprendizaje en la infancia nace de cómo los niños exploran y se relacionan con el mundo que los rodea. Sin embargo, para aquellos con diversidades visuales y auditivas, este proceso resultaba más complejo, ya que sus posibilidades de participación estaban condicionadas por barreras sensoriales que limitaban la interacción con materiales educativos y culturales. Estas dificultades impedían que muchos niños accedieran plenamente a los contenidos necesarios para fortalecer su desarrollo cognitivo y social.

En ciudades como Santiago de Cali, esta problemática se hacía evidente en la limitada disponibilidad de recursos accesibles que integraran diferentes formas de interacción, tales como materiales multisensoriales y herramientas tecnológicas adaptadas. A pesar de los avances tecnológicos y pedagógicos, realizados durante décadas para brindar un servicio de calidad y atención especializada a esta comunidad, persiste una barrera que limita la inclusión social y cultural en personas en situación de discapacidad. Las opciones disponibles no eran suficientes, ya que no se adaptaban bien a sus necesidades ni ofrecían formas de interacción con los estímulos sensoriales necesitados.

A pesar de estas limitaciones, existía evidencia de que las tecnologías emergentes podían ofrecer alternativas valiosas para fortalecer sus procesos de aprendizaje. En especial, utilizando tecnología como la realidad virtual, se demostraba ser una herramienta capaz de crear experiencias inmersivas que facilitarían la comprensión de historias, la exploración de entornos y la interacción con información de manera más significativa. Al recrear escenarios adaptados a sus necesidades sensoriales, esta tecnología permitía que los niños se acercaran a conocimientos sociales, culturales y ambientales desde nuevas formas de percepción, ampliando así sus oportunidades de desarrollo.

De este modo, este trabajo de grado, enmarcado dentro de un enfoque educativo, buscó desarrollar una versión inmersiva del cuento “La familia Tití y Los Tomatillos”, surgido a partir del proyecto colaborativo Colombia-Quebec y dirigida a niños de 5 a 12 años con discapacidad visual o auditiva. Su construcción se llevó a cabo con el acompañamiento de profesionales del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, quienes contaban con la experiencia necesaria para orientar adecuadamente el proceso. Esta narrativa tuvo como propósito fortalecer valores como el reconocimiento de la diferencia y el desarrollo de las habilidades individuales. Además, el proyecto integró principios de accesibilidad y adaptó el cuento para convertirlo en una experiencia sensorial que permitiera a los niños interactuar con la historia desde sus propias formas de percepción.

1.2. Formulación del problema

- ¿Cómo podía desarrollarse un prototipo inmersivo y sensorial basado en un cuento infantil, adaptado para niños de 5 a 12 años con discapacidad visual y auditiva, utilizando tecnologías accesibles?

1.3. Sistematización del problema

- ¿Qué elementos de una narrativa basada en un cuento infantil para niños de 5 a 12 años eran susceptibles de ser incorporados de manera accesible en un sistema inmersivo?
- ¿Cómo podía diseñarse un prototipo de aplicación que permitiera integrar estos elementos narrativos en un sistema interactivo inmersivo de manera accesible?
- ¿Cómo podía implementarse el prototipo de una aplicación inmersiva basada en un cuento infantil para niños de 5 a 12 años de manera accesible a partir del diseño propuesto?
- ¿Cómo podía evaluarse la accesibilidad y usabilidad de un prototipo de aplicación inmersiva basada en un cuento infantil?

1.4. Objetivo general

- Desarrollar un prototipo interactivo e inmersivo basado en un cuento infantil para niños de 5 a 12 años, de manera accesible a partir de los elementos identificados en la narrativa “La familia Tití y Los Tomatillos”

1.5. Objetivos específicos

- Identificar los elementos de una narrativa basada en un cuento infantil para niños de 5 a 12 años que pueden incorporarse de manera accesible en un sistema interactivo inmersivo.
- Diseñar un prototipo que integre los elementos identificados en una narrativa para niños de 5 a 12 años en un sistema interactivo inmersivo de manera accesible.
- Implementar el prototipo de una aplicación inmersiva basada en un cuento infantil de 5 a 12 años de manera accesible a partir del diseño propuesto.
- Evaluar la accesibilidad y usabilidad del prototipo de aplicación inmersiva basada en un cuento infantil.

1.6. Justificación

El planteamiento del problema en este proyecto se basaba principalmente en la educación accesible e inclusiva para niños con discapacidades sensoriales visuales y auditivas, pero con un fuerte componente educativo-ambiental centrado en la conservación del mono tití, una especie en peligro crítico de extinción. El mono tití era una especie única de Colombia que se encontraba en un punto crítico de conservación, lo cual representaba no solo una pérdida ecológica significativa para la biodiversidad nacional, sino también un llamado urgente a generar conciencia y acción desde edades tempranas.

Por ello, resultaba fundamental transformar la forma en que se enseñaba sobre el medio ambiente, de manera que esta educación llegara efectivamente a todos los niños, especialmente a aquellos con discapacidades sensoriales, quienes históricamente habían tenido acceso limitado a materiales educativos adaptados.

Este proyecto proponía utilizar la realidad virtual como una herramienta educativa y accesible para mostrar de forma interactiva y multisensorial el hábitat natural del mono tití. A través de una narrativa adaptada, los usuarios experimentaban de manera inmersiva las interacciones del mono tití con su entorno, comprendiendo los desafíos que enfrentaba, como la deforestación, la pérdida de biodiversidad y los impactos de la actividad humana.

La tecnología inmersiva no solo representaba una oportunidad innovadora frente a los métodos educativos tradicionales; además, el proyecto promovía la conciencia ecológica, el respeto por la naturaleza y valores como la empatía y la inclusión social, al mismo tiempo que respondía a una necesidad educativa para preservar tanto a la especie como a su entorno.

El propósito del proyecto no era únicamente formar en temas ambientales ni exclusivamente desarrollar habilidades sensoriales; buscaba construir una experiencia educativa significativa, inclusiva y transformadora, que combinara ambos propósitos en un entorno accesible, divertido y con valor social.

1.7. Delimitaciones y Alcances

Este trabajo de grado se enfocó en el desarrollo de un prototipo de aplicación de software que integró realidad virtual (VR) y narrativa interactiva, tomando como base el cuento del mono tití para el Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, dirigido a niños de 5 a 12 años. El objetivo principal fue analizar y diseñar una experiencia inmersiva y accesible que permitiera a los usuarios interactuar con los elementos narrativos del cuento dentro de un entorno virtual.

Es importante destacar que este estudio no incluyó la evaluación del impacto del aprendizaje en los niños, ya que dicho análisis requería un enfoque pedagógico y temporal que excedía los límites de este proyecto. En su lugar, la evaluación se centró en la usabilidad, funcionalidad y adaptabilidad de la aplicación, contando con la valoración de los profesionales pertinentes del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca para validar dichos aspectos.

Cabe anotar que la evaluación del prototipo se realizó únicamente con profesionales del instituto. Es importante decir que este trabajo involucró sujetos humanos en su investigación. La aprobación de todos los procedimientos y protocolos éticos y experimentales fue otorgada por el Comité de Ética de la Investigación del Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca (Research Ethics Committee INCS) bajo la solicitud N° INV-2020-007, el 30 de junio de 2020, y se llevó a cabo conforme a las resoluciones 8430 (1994) y 2378 (2008) del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.

Capítulo 2

Marco de Referencia y Trabajos Relacionados

2.1 Marco Teórico

En este capítulo se presentó el marco de referencia que fundamentó el desarrollo del prototipo inmersivo basado en el cuento “La familia Tití y Los Tomatillos”. Allí se revisaron los conceptos y antecedentes necesarios para entender cómo se relacionaban la accesibilidad, la discapacidad sensorial y el uso de experiencias inmersivas dentro de la educación.

Se abordaron los principales lineamientos sobre la discapacidad visual y auditiva en la infancia, junto con los retos educativos y comunicativos que enfrentaban los niños en sus procesos formativos. Además, se analizó cómo la narrativa infantil podía apoyar el aprendizaje y transmitir valores sociales, culturales y ambientales.

Por último, se estudió el papel de las tecnologías emergentes especialmente la realidad virtual, en la creación de experiencias multisensoriales que se adaptaran a las necesidades de esta población. Este análisis permitió reconocer sus beneficios, posibilidades y limitaciones, aportando una base para el diseño del prototipo propuesto.

2.1.1 Discapacidad Visual y Auditiva

La discapacidad visual y auditiva se refiere a la limitación parcial o total en la capacidad de percibir estímulos visuales o sonoros, afectando la interacción de una persona con su entorno. Estas discapacidades pueden ser congénitas o adquiridas y varían en grado de severidad, desde dificultades leves hasta la ausencia total de visión o audición. En este contexto, resulta fundamental comprender cómo estas limitaciones sensoriales influyen en la manera en que las personas perciben el mundo y se relacionan con los demás. Como se señala en el estudio, “la discapacidad visual y auditiva impacta la forma en que las personas procesan información y se comunican, lo que requiere estrategias de adaptación en educación, tecnología y accesibilidad. Este estudio enfatiza la importancia de diseñar entornos inclusivos que consideren la diversidad sensorial de la población.” [1]

2.1.2 Educación Accesible

La educación accesible se refiere a la implementación de estrategias, recursos y políticas que garantizan que todas las personas, independientemente de sus capacidades, condiciones socioeconómicas o ubicación geográfica, puedan acceder a oportunidades de aprendizaje equitativas.

Este enfoque busca eliminar barreras físicas, tecnológicas y pedagógicas para fomentar la inclusión y la participación de todos los estudiantes. En línea con este enfoque, se resalta que “la accesibilidad en la educación superior virtual implica la adaptación de contenidos, plataformas y metodologías para garantizar la participación de estudiantes con discapacidad y otras necesidades específicas. Este estudio destaca la importancia de la mediación pedagógica accesible como un elemento clave para la equidad educativa.” [2]

2.1.3 Realidad Virtual

La realidad virtual (RV) es una tecnología que permite la inmersión del usuario en un entorno digital tridimensional generado por computadora, donde puede interactuar con elementos simulados como si estuviera en un espacio físico real. Se utiliza en diversas áreas, como la educación, la medicina y el entretenimiento, para mejorar la experiencia y la comprensión de conceptos complejos. “la realidad virtual se ha convertido en una alternativa clave para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, especialmente en contextos de educación a distancia. Este estudio destaca que la RV no solo facilita la comprensión de conceptos abstractos, sino que también fomenta la participación del estudiante en entornos simulados.” [3]

2.1.4 Narrativa Interactiva

La narrativa interactiva es una forma de relato en la que el usuario participa activamente en la construcción de la historia, modificando su desarrollo y desenlace a través de sus elecciones. A diferencia de la narrativa tradicional, que sigue una estructura lineal y predeterminada, la narrativa interactiva permite múltiples caminos y resultados, dependiendo de la interacción del usuario con el contenido. “Este modelo narrativo surge con la digitalización de los medios y la creciente participación del usuario en la construcción de relatos. En este enfoque, los roles de emisor y receptor se vuelven intercambiables, otorgando al usuario un papel protagónico en la generación de la historia.” [4]

2.1.5 Máquinas de Estado

Una máquina de estados es un modelo matemático utilizado para describir sistemas que pueden estar en un número finito de estados y cambiar entre ellos en respuesta a eventos o entradas. Se emplea en diversas áreas, como la computación, la electrónica y la teoría de autómatas, para representar procesos secuenciales y sistemas de control.

“una máquina de estados finitos (FSM) es un autómata que puede estar en un estado específico en un momento dado y cambiar de estado en función de las entradas recibidas. Este modelo es ampliamente utilizado en el diseño de circuitos digitales, programación de videojuegos y sistemas de control automático.” [5]

2.1.6 Narrativa y Educación

Los contextos educativos exigen a los docentes respuestas innovadoras ante la diversidad estudiantil, cambios tecnológicos y demandas sociales. Esta complejidad requiere herramientas pedagógicas que no solo faciliten la adquisición de conocimientos, sino que prioricen el desarrollo integral del estudiante, eliminando barreras asociadas a discapacidades sensoriales, motoras o cognitivas. En este marco, los entornos multisensoriales emergen como estrategias fundamentales de adaptación, pues mediante estímulos controlados potencian habilidades y aprendizaje en poblaciones con necesidades específicas [6].

2.2 Antecedentes

Antes de desarrollar este proyecto, fue importante revisar otros trabajos que habían explorado temas relacionados. Diversas instituciones académicas y equipos interdisciplinarios habían trabajado previamente con discapacidad sensorial, narrativa y tecnologías inmersivas. Estos antecedentes ayudaron a comprender cómo se había intentado apoyar el aprendizaje de niños con discapacidad visual o auditiva. Sus experiencias aportaron ideas valiosas sobre lo que había funcionado, los retos que aún persistían y las oportunidades que todavía podían desarrollarse.

Diversos estudios habían explorado cómo la percepción de la discapacidad influía significativamente en la manera en que las personas comprendían el impacto y el valor de la diversidad funcional. En este sentido, algunos proyectos habían buscado crear espacios adecuados para el aprendizaje mediante técnicas de estimulación sensorial, relajación y comunicación, con el objetivo de facilitar la adaptación de los usuarios a su entorno. Tal como se mencionaba:

“Se pretende crear espacios adecuados que estimulen al aprendizaje a través de técnicas de estimulación sensorial, relajación y de comunicación con las cuales los usuarios consiguen adaptarse mejor a su entorno. Por medio de colores, texturas, sonidos, arte, literatura, matemáticas, etc.” [7].

La discapacidad sensorial, entendida como una condición que limitaba la capacidad de recibir y procesar estímulos del entorno, representaba un desafío importante para la comunicación y el procesamiento de información. Por esta razón, se hizo evidente la necesidad de desarrollar soluciones digitales que fomentaran la interacción y el aprendizaje efectivo en personas con dificultades sensoriales, aprovechando los entornos virtuales.

En esta búsqueda por ofrecer alternativas educativas accesibles, también resultó relevante comprender cómo la tecnología podía apoyar nuevos modos de interacción y aprendizaje. En este contexto, la intervención entre lo real y lo virtual se había introducido en diferentes sectores industriales, desde la educación hasta el entretenimiento, lo que llevó a la necesidad de contar con una herramienta conceptual para entender dicha interacción.

“La línea que va desde el mundo real en un extremo a los entornos de realidad virtual en el otro” (Milgram et al., 1994) [8]

Este enfoque planteaba un espectro donde se mostraba la diferencia entre el mundo físico y el virtual, y cómo, entre ambos, surgían realidades mixtas que combinaban elementos materiales y digitales. Estos artículos aportaban fundamentos teóricos y prácticos relevantes sobre el uso efectivo de la realidad virtual y aumentada en contextos educativos e inclusión social, especialmente para usuarios con diversidades sensoriales. La realidad virtual se había establecido como una tecnología innovadora cuyo propósito iba más allá de la simulación visual, introduciendo al usuario en un entorno sintético digital donde era posible crear experiencias multisensoriales altamente interactivas que reforzaban los procesos educativos.

A partir de este enfoque surgió también la realidad mixta, que amplió las posibilidades de

interacción. En este caso, **“Se permite que tanto los objetos de la vida real como los del mundo virtual se combinen.”** [8]. De esta manera, se crearon espacios híbridos donde convivían los elementos físicos y digitales.

Además de comprender las posibilidades de la realidad virtual y mixta, también resultó esencial considerar cómo se diseñaban estas experiencias para que realmente pudieran ser utilizadas por sus destinatarios. Los modelos de interacción constituyeron un marco fundamental para comprender cómo los usuarios se conectaban y se relacionaban con diversos sistemas. Según se señalaba:

“El requisito para una aplicación funcional es que se debe contar con diseños que sean intuitivos, además que cuenten con alto contraste en los elementos visuales, narrativas accesibles y tutoriales integrados. En adición, la utilización de marcadores y motores de juego es posible, opciones tales como Unity para brindar una adaptabilidad de la experiencia de las necesidades del usuario.” [9].

En este contexto, las máquinas de estado desempeñaron un papel crucial, ya que gestionaban las interacciones al definir los objetos que respondían a diferentes estímulos. Una máquina de estados se entendía como **“Una máquina de estados es un modelo de comportamiento de un sistema basado en entradas y salidas”** [10]. Su construcción se fundamentaba en operaciones lógicas, las cuales constituían un pilar en diversas áreas de la computación.

Un ejemplo representativo fueron las máquinas de estados en la computación por Neural Assembly Computing NAC, donde las transiciones entre estados se activan a partir de estímulos sensoriales. Como se describe en:

“En esta red, mientras un ensamblaje en una zona recibe entradas sensoriales correspondientes al tipo de evento, dos ensamblajes en la red, que son alimentados por el ensamblaje de entrada, se activarán y se moverán entre estados creados internamente.” [11]

En el campo de la educación inclusiva, varios estudios destacaron el potencial de la realidad virtual como una herramienta de apoyo para el aprendizaje y la rehabilitación. Según el artículo Realidad Virtual:

“Un Aporte Real para la Evaluación y el Tratamiento de Personas con Discapacidad Intelectual, se analiza como la realidad virtual puede ser una herramienta efectiva para la evaluación y trato en personas con diversidad sensorial e intelectual. La realidad virtual permite crear entornos simulados donde los individuos pueden interactuar y practicar sus habilidades en un ambiente controlado y seguro, lo que facilita el aprendizaje.” [12]

Por otro lado, dentro del ámbito de la realidad aumentada, algunos autores propusieron modelos adaptativos que buscaban responder de manera personalizada a las características del usuario. De acuerdo con el artículo Realidad Aumentada Adaptativa,

“Se realiza un seguimiento para que los modelos logren la adaptación requerida, considerando la personalización de la información presentada al usuario “[13].

Finalmente, un referente importante para este proyecto fue el artículo Building Augmented and Virtual Reality Experiences for Children with Visual Diversity, donde se mostraba el trabajo del Colombia–Quebec Collaborative Project:

“Se usa realidad aumentada y virtual para crear narrativas interactivas sobre el titi cabeciblanco, el jaguar, el oso de anteojos y el cóndor fomentando en niños habilidades cognitivas y conciencia ambiental. Busca estudiar el impacto de la virtualidad en niños con diversidad visual” [14].

En conjunto, estos estudios reflejaban el interés cada vez mayor por usar tecnologías inmersivas en la educación de personas con discapacidad sensorial. Aunque se habían logrado avances importantes en el uso de la realidad virtual, la realidad aumentada y otros recursos interactivos, todavía hacía falta crear experiencias más accesibles, pensadas especialmente para la infancia y adaptadas a cada contexto.

Este proyecto buscó aportar a ese propósito mediante el desarrollo de un prototipo inmersivo basado en un cuento infantil, que combinó elementos narrativos y multisensoriales diseñados para niños con discapacidad visual o auditiva en Cali. Con esta iniciativa, se procuró continuar el camino de los trabajos previos, fortaleciendo la educación inclusiva desde un enfoque accesible y cercano a la realidad de cada niño.

2.3 Discusión de trabajos relacionados

El análisis de los estudios revisados permitió reconocer varias ventajas en el uso de tecnologías inmersivas dentro de la educación inclusiva. La realidad virtual y aumentada demostraron ser herramientas muy efectivas para mejorar los procesos de aprendizaje y rehabilitación en niños con discapacidades sensoriales, ya que ofrecen experiencias interactivas, seguras y adaptadas a diferentes niveles de percepción. También se destacó la facilidad para crear entornos simulados que fomentan una forma distinta de aprender, donde el aprendizaje autónomo y la exploración sensorial fortalecen el desarrollo social y emocional de los niños. Además, estos proyectos mostraron el gran potencial de las narrativas interactivas, todo lo que un niño puede imaginar puede transformarse en una experiencia creativa y educativa, conectando cierto aprendizaje con los valores sociales y ambientales que se piensan transmitir.

Sin embargo, los estudios revisados también presentaron algunas limitaciones. En varios casos, las propuestas no lograron adaptarse completamente a las necesidades individuales de los usuarios, especialmente en lo relacionado con la personalización. La mayoría de los proyectos se centraron más en el desarrollo tecnológico que en el contenido educativo o en la creación de herramientas útiles para los profesionales. Además, se observó una falta de aplicación en entornos educativos reales, lo que reduce su impacto y sostenibilidad a largo plazo.

En cuanto a las similitudes y diferencias, los trabajos revisados coincidieron en su propósito de usar la tecnología como herramienta de inclusión y apoyo al aprendizaje, aunque cada uno lo abordó desde enfoques y métodos distintos. Algunos se centraron en la simulación visual o auditiva, mientras que otros buscaron experiencias más completas que combinaran diferentes sentidos. A diferencia de estos enfoques, el presente proyecto se destacó por incorporar la narrativa infantil como eje principal del diseño inmersivo, integrando el aprendizaje sensorial con la conciencia ambiental. Esta combinación permitió crear una propuesta educativa más cercana a la realidad de los niños y al contexto cultural de la ciudad de Cali.

Capítulo 3

Metodología

El desarrollo de este proyecto se fundamentó en un enfoque práctico, colaborativo y flexible, enfocado a la creación de un prototipo inmersivo accesible. Este enfoque nos permitió trabajar de manera conjunta al realizar ajustes continuos dentro de un entorno de trabajo compartido. Para ello, se adoptó una metodología ágil, el prototipado rápido, la cual permitió optimizar el proceso de desarrollo mediante ciclos de mejora constante y adaptabilidad a los cambios. Este tipo de metodología resulta especialmente útil en proyectos educativos y tecnológicos, ya que promueve la retroalimentación constante, la validación temprana de los avances y la entrega progresiva de resultados funcionales.

El proceso metodológico se organizó en cuatro fases, análisis, diseño, implementación y evaluación. Cada una de ellas integró actividades de observación lo que permitió validar el progreso en cada etapa, con el objetivo de refinar y ajustar el prototipo según las necesidades identificadas. Este enfoque aseguró que el resultado final respondiera de manera efectiva a las necesidades sensoriales y pedagógicas de la población infantil a la que se dirigió el proyecto, manteniendo en mente los objetivos del proyecto.

3.1 Fases del Proceso Metodológico del Prototipo

Para llevar a cabo el desarrollo del prototipo, fue necesario organizar el trabajo en una serie de etapas que ayudaran a avanzar de manera clara y ordenada. Estas fases permitieron entender qué debía hacerse en cada momento y cómo ir mejorando el prototipo paso a paso.

Las fases del proceso metodológico son las etapas ordenadas que estructuran la forma en que se desarrolla un proyecto. Cada fase cumple una función específica.

- 1. Análisis:** Se identificaron los objetivos del proyecto y los elementos narrativos del cuento “La familia Tití y Los Tomatillos” que debían integrarse en la experiencia inmersiva. También se determinaron las necesidades de accesibilidad a considerar en el prototipo, junto con las recomendaciones proporcionadas por el Instituto.
- 2. Diseño:** Se definió la estructura del prototipo, la navegación y la forma en que se integrarían los componentes narrativos y sensoriales dentro de la experiencia inmersiva.
- 3. Implementación:** Se construyó el prototipo funcional, integrando los elementos interactivos, las funciones multisensoriales y la configuración necesaria para su uso en un entorno inmersivo.
- 4. Evaluación:** Se llevaron a cabo pruebas con profesionales del Instituto de Niños Ciegos y Sordos y, cuando fue posible, con usuarios infantiles. Se recopiló observaciones sobre la usabilidad, accesibilidad y experiencia sensorial, las cuales permitieron recopilar ajustes finales y validar el funcionamiento general del prototipo.

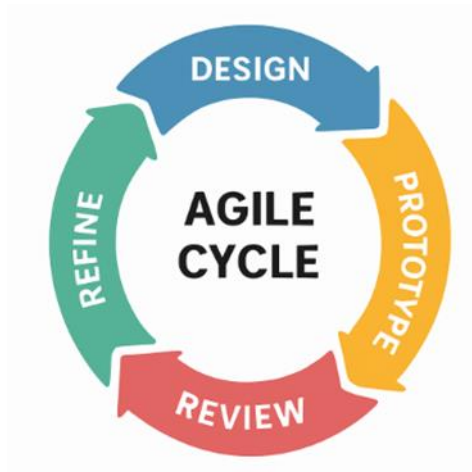


Figura 1: 3.1 Agile Cycle Method

3.2 Aplicación del Proceso Metodológico

La metodología de prototipado rápido se implementó de manera progresiva durante todas las etapas del proyecto, permitiéndonos avanzar desde la identificación de los elementos narrativos hasta la evaluación final del prototipo. Su aplicación se desarrolló mediante ciclos de retroalimentación y ajustes continuos, guiados por el acompañamiento de los profesionales del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca y por las necesidades sensoriales de los niños.

El proceso inició con la identificación de los elementos narrativos del cuento “La familia Tití y Los Tomatillos”. A partir de esta historia se creó un storyboard que mostraba cada escena para resaltar los componentes más importantes según la opinión de los profesionales, con el objetivo de identificar los aspectos que necesitaban mayor atención para su adaptación. Este material fue presentado y validado con profesionales del Instituto en nuestra primera reunión, quienes ofrecieron recomendaciones sobre la pertinencia de los elementos narrativos, la claridad sensorial y la adecuación del contenido a las necesidades de los niños con discapacidad visual o auditiva. Con esta retroalimentación inicial fue posible ajustar la narrativa antes de avanzar a las siguientes fases.

Una vez validados los elementos narrativos, se diseñó la estructura general del prototipo, definiendo la navegación entre escenas, la interacción del usuario y la integración de los estímulos auditivos, táctiles y visuales accesibles. Este diseño permitió organizar el flujo completo de la experiencia inmersiva y anticipar cómo se integrarían los elementos narrativos, tecnológicos y pedagógicos dentro de la aplicación, así generando una base sólida en el proyecto. Durante esta etapa también se realizaron varias reuniones con los profesionales del Instituto, quienes nos brindaron retroalimentación constante. En estos encuentros presentamos la base del juego y analizamos aspectos esenciales del diseño. Gracias a estas sesiones pudimos evaluar la usabilidad del prototipo inicial y recoger observaciones útiles sobre la narrativa y el contenido del juego en general.

Con esta base, se desarrolló una primera versión funcional del prototipo, lo que permitió visualizar cómo se unían las escenas y cómo se daba la experiencia completa dentro del entorno inmersivo. Esta versión sirvió para confirmar la coherencia del diseño y avanzar hacia los siguientes ajustes.

Luego, se realizaron nuevas reuniones con los profesionales del Instituto para revisar esta versión inicial. En estos encuentros se evaluó la forma de comprensión de la narrativa, su presentación en las escenas y la interacción del usuario. Sus observaciones permitieron ajustar puntos importantes del prototipo y definir los pasos siguientes. Gracias a este proceso, el prototipo fue tomando forma de manera más clara y estructurada, avanzando hacia una versión más sólida acorde con las necesidades del proyecto.

3.3 Storyboard



Figura 2 : 3.2 Storyboard

3.4 Recomendaciones del Capítulo de Metodología

- **Integrar validaciones tempranas desde la fase de análisis**

En la primera reunión, los profesionales del Instituto señalaron la importancia de considerar desde la fase de análisis los elementos sensoriales esenciales, como el contraste visual, las emociones claras y la adecuación del contenido a la edad de los niños. Por esto, se recomendó fortalecer esta fase incorporando herramientas de revisión previa que permitieran anticipar ajustes antes del diseño.

- **Storyboard como herramienta clave de validación**

Se revisó el storyboard inicial y se recibieron observaciones sobre la claridad emocional, la pertinencia de la narrativa y la forma en que debían representarse gestos y acciones.

- **Reuniones iterativas dentro del ciclo ágil**

Se sugirió mostrar las animaciones y avances en general antes de programarlos para evitar retrabajos, por lo que se recomendó hacer revisiones con los profesionales en cada iteración cuando era posible.

- **Accesibilidad presente en todas las fases**

Se destacó la importancia de garantizar accesibilidad visual, auditiva y emocional en cada etapa del prototipo. Por eso, se recomendó incluir este criterio en las fases de análisis, diseño, implementación y evaluación.

- **Ajuste narrativo guiado por criterios pedagógicos**

Se discutió la pertinencia de algunos elementos narrativos y se decidió evitar contenidos complejos, como escenas de deforestación, dando prioridad al reconocimiento del mono tití y sus emociones. Por ello, se recomendó incluir una revisión narrativa antes de avanzar en el diseño definitivo de las escenas.

Capítulo 4

Análisis del Problema

Para el desarrollo del prototipo inmersivo basado en el cuento “La familia Tití y Los Tomatillos”, fue necesario analizar los elementos narrativos, sensoriales y técnicos que influyen directamente en la experiencia del usuario. Este análisis permitió identificar los componentes esenciales del cuento, los requerimientos y las acciones principales que realizará el usuario dentro del entorno virtual. A continuación, se presentan los aspectos más relevantes considerados para estructurar el prototipo, comenzando por la descripción del cuento.

4.1 Descripción del Cuento “La familia Tití y Los Tomatillos”

El cuento “La familia Tití y los Tomatillos” relata momentos cotidianos de una bebé tití y su familia en el bosque. A través de una secuencia de acciones breves, el relato describe cómo el bebé tití explora su entorno acompañado de su papá, quien la guía mientras descubre alimentos que forman parte de su hábitat.

La historia comienza presentando a el bebé tití y a su familia, resaltando sus características físicas y la forma en que interactúan entre ellos en medio de unos árboles. A medida que avanza el relato, su papá la invita a subirse a su lomo para enseñarle cómo se alimentan los monos tití. Durante el recorrido, el papá tití avanza por un camino de lodo hasta encontrar una canasta llena de bananos. El bebé observa con curiosidad, aunque rápidamente expresa que estos no son de su agrado. Más adelante, ambos trepan a un árbol de mangos, donde el papá toma uno para ofrecérselo a el bebé, pero nuevamente ella decide que tampoco quiere comerlo.

Mientras continúan su camino, el papá tití le muestra otro árbol donde cuelgan tomatillos. Para llamar su atención, comienza a contar en voz alta mientras ella observa los frutos. Finalmente, la familia tití llega al pie del árbol y varios tomatillos caen justo a su lado, marcando el cierre de su recorrido y el descubrimiento del alimento que realmente disfrutan.

El cuento utiliza una secuencia de escenas cortas, con acciones sencillas y fáciles de interpretar, lo que facilita su adaptación a una experiencia accesible. Además, presenta elementos visuales, sonoros y de movimiento que pueden convertirse en estímulos multisensoriales útiles para el prototipo.

4.2 Elementos Narrativos Seleccionados para el Prototipo

Para avanzar en la construcción del prototipo inmersivo fue necesario identificar qué partes del cuento servirían como base, seleccionando las escenas fundamentales para definir el contenido y las acciones que apoyarían el propósito educativo dirigido al desarrollo de los niños. En esta sección se presentaron los elementos narrativos escogidos del relato, considerando aquellos momentos que aportaban coherencia a la historia y que podían adaptarse de forma clara y accesible dentro del entorno virtual. Esta selección permitió establecer la estructura narrativa que guio el desarrollo del prototipo.

- **Presentación del bebé tití y su familia.**
Se introducen los personajes principales y el entorno natural donde viven.
- **El bebé tití siente hambre.**
Este momento justifica el inicio del recorrido y la búsqueda de alimento.
- **El papá tití asume el rol de protector.**
Inicia el desplazamiento por el bosque y la interacción entre ambos mientras buscan alimento para el bebé.
- **Recorrido por el bosque en busca de una fruta que le guste al bebé.**
Representa la transición entre escenas y muestra el movimiento dentro del entorno.
- **Encuentro con los bananos.**
Primera opción de alimento, que el bebé observa, pero no desea comer.
- **Árbol de mangos.**
El papá tití ofrece un mango, pero el bebé también lo rechaza.
- **Identificación del árbol de tomatillos.**
El papá señala el árbol y llama la atención del bebé mientras cuenta los frutos.
- **Caída de los tomatillos.**
Momento final del recorrido y descubrimiento del alimento preferido de los tities.

4.3 Definición del Tipo de Usuario

El videojuego desarrollado estuvo dirigido principalmente a niños con discapacidad visual o auditiva, entre los 5 y 12 años, los cuales formaban parte del proceso educativo del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca. Este grupo fue seleccionado debido a las necesidades sensoriales específicas que presentaban, así como a la importancia de ofrecer experiencias accesibles que facilitaran su aprendizaje y participación.

Es importante señalar que la historia utilizada, “La familia Tití y los Tomatillos”, permitió generar un entorno narrativo sencillo y fácil de interpretar, lo cual beneficiaba a niños que requieren estímulos claros, estructuras narrativas breves y acciones simples. Uno de los objetivos definidos junto con los profesionales del Instituto fue incorporar las emociones básicas como la felicidad, la tristeza, el disgusto y el asombro siguiendo la clasificación de las emociones primarias reconocidas en el ámbito psicológico, la presencia de estas emociones buscó fortalecer la conexión del usuario con la narrativa. Además, la integración de elementos auditivos, táctiles y visuales accesibles tuvieron una orientación enfocada a apoyar la comprensión del contenido y a favorecer la exploración dentro del entorno inmersivo.

Aunque el enfoque principal estuvo dirigido a niños con diversidades sensoriales, el prototipo también pudo ser utilizado por otros estudiantes sin discapacidad específica. Esto fue posible porque la experiencia inmersiva se diseñó como una herramienta educativa inclusiva, es decir, útil para cualquier niño. Las actividades del prototipo estaban orientadas a mejorar la atención, la orientación en el espacio y el aprendizaje a través de varios sentidos (vista, oído y tacto). De este modo, se amplió el alcance del prototipo, no solo a un tipo de usuario, sino que permitió que diferentes niños se beneficiaran de sus dinámicas y contenidos.

El objetivo general fue crear una herramienta accesible que apoyara los procesos educativos y ayudara a estimular los sentidos, entender la historia y participar activamente en el entorno, permitiendo que cualquier niño pudiera usarla de manera autónoma y significativa.

4.4 Uso de Videojuegos y Realidad Virtual como Solución

La innovación fue una chispa que transformó desafíos en oportunidades. En esos años, este tipo de tecnología avanzó significativamente, permitiendo crear experiencias interactivas que combinaron lo educativo con lo sensorial. Herramientas como los videojuegos y la realidad aumentada dejaron de ser únicamente medios de entretenimiento para convertirse en recursos valiosos dentro del aprendizaje, especialmente en contextos donde se requirieron estrategias accesibles y adaptadas a las necesidades de cada niño.

El uso de videojuegos y tecnologías inmersivas se consolidó como una alternativa efectiva para apoyar los procesos educativos, ya que ofreció una forma diferente y más cercana de representar ideas y contenidos. Esta metodología permitió que el aprendizaje se desarrollara mediante el juego, la exploración y la interacción con los distintos elementos de la experiencia. Se presentó la historia de manera clara y dinámica. A través de esta tecnología, los niños pudieron sentir los estímulos de una forma diferente, percibiendo los sonidos, las vibraciones y los elementos visuales de manera más

cercana. Esta interacción les permitió conectarse con la historia de una forma más directa, entender mejor lo que ocurría y participar con mayor facilidad en la experiencia inmersiva.

El uso de la realidad virtual se convirtió en una opción muy útil para apoyar el aprendizaje. A diferencia de los materiales tradicionales, estas herramientas permitieron crear espacios seguros y fáciles de explorar. Mientras que los recursos convencionales dependían principalmente de la visión o del lenguaje verbal, las tecnologías inmersivas posibilitaron integrar estímulos auditivos, hápticos y visuales. Esto permitió que los niños participaran en el aprendizaje sin que su discapacidad sensorial fuera una barrera.

En este proyecto se utilizó el dispositivo Meta Quest para crear un entorno inmersivo donde los niños pudieran ver, escuchar y sentir la historia de manera natural. Esto hizo más fácil seguir la narrativa y conectar emocionalmente con los personajes. Además, la intención fue crear un espacio compartido que reflejara tanto el ambiente del cuento como sus emociones principales, de modo que los niños pudieran acceder a una forma de aprendizaje que normalmente no era posible transmitir a través de métodos tradicionales. Con esta experiencia inmersiva se buscó acercarlos a realidades y sensaciones que, fuera del entorno virtual, habrían sido difíciles de vivir o enseñar.

Además, la naturaleza lúdica de los videojuegos contribuyó a que los niños pudieran repetir acciones, experimentar escenarios y tomar decisiones sin riesgo, lo que resultó especialmente beneficioso para quienes presentaban dificultades sensoriales.

A diferencia de otras tecnologías, la realidad virtual permitió que el niño estuviera completamente dentro del entorno digital, sin distracciones del mundo real. Ese nivel de inmersión fue muy valioso para niños con discapacidad sensorial, porque les ofreció un espacio controlado. Mientras que la realidad aumentada mezclaba elementos digitales con lo que el niño veía en el mundo real, la realidad virtual creó un espacio completamente aparte. Además, al estar dentro del entorno pudieron repetir acciones, explorar a su propio ritmo y recibir retroalimentación inmediata, lo que fortaleció el aprendizaje y la participación de una manera que los materiales tradicionales no podían lograr.

Tecnología	Características clave	Relevancia para el proyecto
Realidad Virtual (VR)	Entorno totalmente inmersivo, aísla el mundo real.	Ventajas: Permite controlar todos los estímulos, accesibilidad sensorial y creación de narrativas inmersivas. Desventajas: Menor inmersión comparada con RV
Realidad Aumentada (AR)	Superpone elementos digitales sobre el entorno real.	Ventajas: Fácil de implementar, accesible y menos invasiva, útil para actividades guiadas. Desventajas: Baja inmersión; no permite controlar el entorno sensorial, limita la experiencia para los usuarios.
Realidad Mixta (MR)	Combina objetos reales y virtuales con interacción avanzada.	Ventajas: Permite interacción híbrida. Desventajas: Requiere hardware complejo y costoso, su sofisticación no aporta beneficios adicionales para la narrativa del cuento.

La comparación mostró que la Realidad Virtual (VR) fue la opción más adecuada para el proyecto, ya que permitió controlar los estímulos sensoriales y crear una experiencia completamente inmersiva, necesaria para los niños con discapacidad visual o auditiva. Aunque AR y MR ofrecieron ciertos beneficios, no proporcionaron el nivel de inmersión ni de accesibilidad que requería la adaptación del cuento.

4.5 Justificación del uso de Realidad Virtual (VR)

Durante el desarrollo del proyecto se reconoció que los niños de 5 a 12 años con discapacidad visual o auditiva necesitaban un entorno que respetara sus formas particulares de percibir y comprender el mundo. Se necesitaba una tecnología que permitiera controlar los estímulos sensoriales y ofrecer una experiencia inmersiva accesible. El uso de Realidad Virtual era un prerrequisito del proyecto, y resultó ser la opción más adecuada, ya que permitió crear un entorno seguro, libre de distractores y ajustado a las recomendaciones de los profesionales del Instituto.

El uso del dispositivo Meta Quest 3s facilitó integrar elementos visuales, auditivos y hápticos de forma coherente con la narrativa del cuento, garantizando que los niños pudieran comprender y explorar la historia de manera guiada y significativa. La Realidad Virtual ofreció un equilibrio entre inmersión, control sensorial y comprensión narrativa, convirtiéndose en la tecnología más adecuada para apoyar el aprendizaje y la participación de los niños dentro del prototipo.

4.6 Requisitos para la Evaluación del Progreso

El sistema desarrollara una serie de requisitos funcionales y no funcionales, con el propósito de garantizar la efectividad del prototipo, a continuación, se presentan los requisitos:

Requisitos Funcionales (RF):

RF1. Navegación secuencial

El sistema permite que el usuario avance secuencialmente entre las escenas del cuento.

RF2. Interacción básica con elementos del entorno

El usuario puede activar los objetos o acciones del cuento usando gestos como apuntar o usar el control.

RF3. Reproducción de audio narrativo

Cada escena incluye una narración auditiva clara que apoya la comprensión de la historia.

RF4. Activación de estímulos hápticos

El prototipo genera vibraciones suaves en momentos clave de la historia.

RF5. Representación visual accesible

Los objetos principales se muestran con colores contrastados, tamaños adecuados y formas reconocibles.

RF6. Recreación del entorno natural

La aplicación recrea un entorno inspirado en el hábitat real del mono tití, incluyendo elementos como árboles, vegetación y frutas propias de su ecosistema, con el fin de mantener coherencia con la narrativa del cuento.

Requisitos No-Funcionales (RNF):

RNF1: Accesibilidad por Rango de Edad

La aplicación está adaptada para niños entre 5 y 12 años, con una interfaz intuitiva y elementos gráficos diseñados según principios de accesibilidad sensorial.

RNF2: Compatibilidad con Meta Quest 3s

El sistema es compatible con el dispositivo Meta Quest 3s y funciona correctamente con sus controladores, permitiendo interpretar de manera adecuada las acciones del usuario.

RNF3: Claridad de la Información para Profesionales

La información generada por el sistema es clara y fácil de interpretar por los profesionales del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca.

RNF4: Accesibilidad Multisensorial del Entorno

El diseño visual cuenta con colores contrastantes, elementos de gran tamaño y formas reconocibles; el audio y la retroalimentación háptica son distinguibles, facilitando la experiencia para niños con baja visión o dificultades auditivas.

4.7 Métricas de evaluación del progreso

Para evaluar el progreso durante el uso del prototipo se emplearon métricas de accesibilidad e interacción sensorial. Estas permitieron entender cómo los niños seguían la historia, cómo respondían a los estímulos y qué tan fácil les resultaba moverse en el entorno inmersivo, con esto pudimos confirmar que el prototipo lograba acomodarse a las peticiones exactas del instituto, tener una herramienta simple de uso, accesible y pensada realmente para los niños.

• Comprensión narrativa:

Capacidad del niño para seguir la historia, reconocer las escenas y relacionar los estímulos sensoriales con los eventos del cuento.

• Navegación y control en el entorno virtual:

Facilidad con la que el niño logró desplazarse entre escenas, seleccionar elementos y responder a las acciones propuestas en la aplicación.

• Interacción sensorial accesible:

Adecuación de los estímulos visuales, auditivos y hápticos según las necesidades sensoriales del usuario, garantizando claridad sin sobrecarga.

Estas métricas estuvieron directamente relacionadas con la accesibilidad multisensorial, porque nos permitieron ver cómo los niños interpretaban la información que la Realidad Virtual les presentaba. Observamos si podían reconocer a los personajes, identificar los sonidos y entender las acciones que ocurrían en cada escena, algo muy importante para reconocer el aprendizaje mediante el recorrido de la historia.

En cuanto a la interacción sensorial, tuvimos en cuenta qué tan claros eran los sonidos, qué tan visibles resultaban los elementos principales y si las vibraciones aparecían en los momentos adecuados. Esto nos ayudó a determinar si los estímulos realmente apoyaban la atención, la orientación y la interpretación del entorno virtual.

4.8 Herramientas Utilizadas

Unity

Se utilizó Unity como motor principal de desarrollo, esta herramienta ofreció un entorno flexible para crear las escenas, animaciones y la lógica en general, controlando la narrativa del cuento y gestionando principalmente los estímulos visuales y auditivos, tenía una muy buena compatibilidad con la herramienta de Meta Quest 3s, esta nos facilitó la integración de controladores y las interacciones en el ambiente de realidad virtual que implementamos.

Meta Quest 3s

El visor Meta Quest 3s fue la herramienta principal para ejecutar y probar el prototipo. Este dispositivo permitió evaluar cómo los niños interactuaban con el entorno inmersivo, ya que ofrece un sistema de control intuitivo, buen rendimiento gráfico y capacidades hápticas que enriquecieron la experiencia sensorial. Su portabilidad y facilidad de uso hicieron posible trabajar con los niños sin necesidad de equipos externos, lo cual se ajustó a las necesidades del Instituto.

Blender

Para la creación y adaptación de los modelos 3D se utilizó Blender, una herramienta de software libre que permitió diseñar elementos visuales simples, accesibles y acordes con el hábitat del mono tití. Con Blender fue posible ajustar colores, texturas y formas para que resultaran fáciles de reconocer por los niños con baja visión, además de optimizar los modelos para que funcionaran de manera fluida en el Meta Quest 3.

4.9 Conclusión del Análisis

La combinación del Meta Quest 3s y Blender permitió desarrollar un prototipo inmersivo funcional, estable y adecuado para el contexto educativo de niños con discapacidad visual o auditiva. La elección de la Realidad Virtual como tecnología principal se fundamentó en su capacidad para ofrecer una experiencia controlada, accesible y multisensorial, ajustada a las necesidades del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca.

El uso de modelos creados en Blender y su posterior integración en el visor facilitó la construcción de un entorno narrativo coherente, seguro y sencillo de utilizar, permitiendo que los niños interactuaran de forma fluida con la historia. Esta decisión también garantizó que el sistema pudiera implementarse con los recursos disponibles en la institución, asegurando que la herramienta fuera replicable, accesible y útil en escenarios reales sin requerir infraestructura tecnológica compleja.

Capítulo 5

Diseño

5.1 Mecánicas del Juego

Las mecánicas del juego se diseñaron con el objetivo de ofrecer una experiencia simple y accesible, exactamente a la necesidad de la herramienta solicitada por el equipo de trabajo de profesionales en el instituto. Debido a las características del grupo de usuarios, se priorizaron interacciones básicas que les permitieran avanzar en la narrativa sin exigir habilidades motoras complejas ni provocar sobrecarga sensorial. Se buscó que cada acción fuera intuitiva, clara y fácil de reconocer, de modo que los niños pudieran disfrutar la historia a su propio ritmo y sin dificultades adicionales.

Las mecánicas seleccionadas se centraron en aprovechar las capacidades del Meta Quest 3s. La intención se enfocó en implementar gestos naturales que facilitarían la interacción del niño con la aplicación, especialmente durante la navegación entre escenas. Cada mecánica fue diseñada para reforzar la historia y mantener la atención del usuario dentro del entorno inmersivo. A continuación, se presentan las mecánicas del juego diseñadas para el prototipo:

- **Señalamiento con controlador (Tracked Device Graphic Raycas XR Toolkit):**

El controlador del Meta Quest se utilizó únicamente para acciones básicas como seleccionar elementos, Esta mecánica permitió mantener la simplicidad del juego, asegurando que cualquier niño pudiera participar sin dificultad.

- **Activación sensorial guiada:**

Al interactuar con ciertos elementos como las frutas, se generaban respuestas sensoriales como narración o vibraciones suaves. Esta mecánica tenía dos propósitos, apoyar la comprensión narrativa y reforzar la relación entre estímulos dentro de la historia.

- **Avance narrativo por escenas:**

El prototipo se estructuró en escenas cortas y secuenciales. Cada escena se completaba al seleccionar un elemento. Esta mecánica evitó confusión en la navegación y permitió a los niños avanzar a su ritmo.

- **Exploración limitada y segura:**

El entorno fue diseñado con movilidad restringida para evitar desorientación o mareos. Los niños podían observar el ambiente, pero no desplazarse libremente. Esta mecánica protegió la experiencia y respetó las recomendaciones del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca.

- **Retroalimentación inmediata**

Cada acción del usuario generaba una respuesta clara y rápida, ya fuera visual (resaltado), auditiva (narración o sonido) o háptica (impulse player).

5.2 Diseño de la Interfaz del Entorno Inmersivo

En esta sección se presentó el diseño de la interfaz del prototipo, el cual estuvo guiado por el cumplimiento del Requisito Funcional RF11, que establecía la recreación de un entorno inspirado en el hábitat natural del mono tití. Este proceso comenzó con la integración de elementos propios de un ambiente tropical para mantener coherencia con la narrativa del cuento.

Bajo esta idea, la interfaz no se diseñó como un componente separado, sino como una parte del mismo entorno virtual, ofreciendo una forma de navegación sencilla y cómoda dentro de la aplicación. Este enfoque fue revisado junto a los profesionales del Instituto, quienes recomendaron una navegación aún más simple y directa, reduciendo cualquier dificultad para los niños. Para lograr lo solicitado se realizó lo siguiente:

- **Integración visual con el mundo del cuento:** el menú se ubicó dentro del mismo ambiente, esto ayudó a que la experiencia se sintiera más inmersiva desde el inicio generando una reacción principal en los niños ya sea visualmente o con los sonidos, al elegir Iniciar o continuar, la cámara se movía al entorno y mostraba el escenario principal.



Figura 3: 5.1 Escena de Inicio

- **Estética amigable y accesible para niños:** Se usaron colores cálidos formas redondeadas y letras fáciles de leer, pensadas para niños de 5 a 12 años con diferentes necesidades sensoriales. Los botones se diseñaron grandes y con buen contraste para que fueran fáciles

de ver dentro del visor. Se incluyeron opciones simples para que no generara ningún tipo de confusión.

- **Narrativa ambiental integrada en la interfaz:** La interfaz también añadió elementos narrativos sutiles, como pequeños movimientos de algunos elementos, como frutas colgando cerca de los menús o la presencia de los titis en reposo. Estos detalles buscaban generar una conexión entre el usuario y la historia.



Figura 4 : 5.2 Escena principal



Figura 5 : 5.3 Escena Final

5.3 Diseño de movimientos del control

En esta sección el pensamiento objetivo del diseño de los movimientos de control se centró en la facilidad y comodidad de los niños, una forma de interacción sencilla y coherente con las capacidades de los niños de 5 a 12 años con discapacidad visual o auditiva, en lugar de exigir movimientos complejos, se definieron gestos básicos sin generar fatiga ni sobrecarga física ni sensorial. El Meta Quest 3s se aprovechó combinando la orientación de la cabeza con el uso de los controladores para mantener una experiencia cómoda y accesible.

Los movimientos no se diseñaron para “jugar rápido”, sino para explorar la historia a un ritmo tranquilo, cuya exigencia vino de los profesionales del instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, quienes insistieron en priorizar gestos naturales y pocos pasos para cada acción. A partir de esto se tomaron las decisiones del diseño:

- **Exploración mediante orientación de la cabeza:**

El niño exploraba el entorno girando suavemente la cabeza dentro del visor. Esta acción permitía observar el bosque, ubicar al papá tití y al bebé tití, así como identificar los árboles de frutas.

- **Selección con el controlador:**

Cuando el usuario miraba un objeto relevante (por ejemplo, los bananos, mangos o tomatillos), podían seleccionarlo usando el gatillo del controlador. Este gesto simple redujo la necesidad de coordinación motora fina y facilitó la interacción.

- **Retroalimentación multisensorial en cada acción:**

Cada vez que se completaba un gesto correcto (por ejemplo, selección de fruta), el sistema respondía con una combinación ya sea vibración suave, un sonido claro y un cambio visual en las animaciones.

- **Limitación de movimientos para evitar sobrecarga:**

Se evitó exigir movimientos amplios o rápidos. Los controles se mantuvieron en un rango cómodo, permitiendo que los niños jugaran sentados o de pie sin necesidad de desplazarse por la zona.



Figura 6: 5.3: Pruebas de controles con los niños

5.4 Diagrama de Flujo

La siguiente figura presenta el diagrama de flujo del videojuego, el cual representa la secuencia lógica de la aplicación desde el inicio hasta el final de la historia. Este flujo muestra la estructura lineal del cuento y los momentos donde el niño toma decisiones simples, manteniendo una navegación clara y una interacción accesible a lo largo de toda la experiencia.

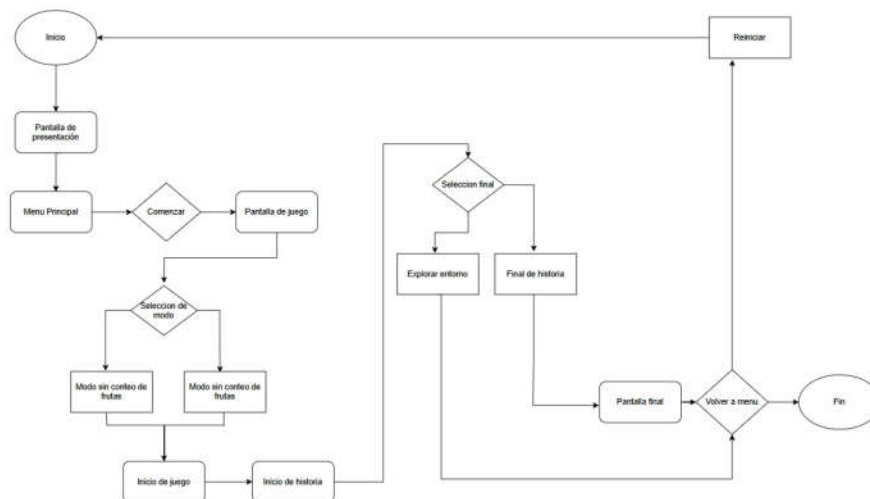


Figura 7: 5.4 Diagrama de Flujo del Videojuego

5.5 Recomendaciones del Capítulo de Diseño

- **Interacciones simples y guiadas**

En la siguiente reunión se recomendó que las decisiones del juego estuvieran guiadas por instrucciones cortas y claras, de modo que el niño entendiera qué hacer antes de avanzar. Por esta razón, se decidió mantener mecánicas simples como la selección de frutas y la ejecución de acciones mediante gestos básicos. Aunque inicialmente se consideró el uso del gatillo del controlador, se sugirió que el niño utilizara un botón para seleccionar los objetos, ya que resultaba más cómodo y fácil de manejar según el tamaño de sus manos.

- **Movilidad limitada para evitar desorientación**

Durante la reunión se indicó que los niños no debían desplazarse físicamente por el espacio, sino que el mundo debía moverse para ellos. Esta recomendación apoyó la idea de que el niño explorara el entorno girando solo la cabeza, así generando la movilidad restringida que ya se había planteado para evitar mareos y mantener una experiencia segura.

- **Ajustes de iluminación y visibilidad en objetos**

Al revisar el prototipo, se observó que algunas frutas tenían demasiada luz, lo que dificultaba distinguirlos. Por eso, se recomendó reducir la iluminación y aumentar el contraste visual (Los colores debían mantenerse en un equilibrio adecuado para que la vista se sintiera cómoda)

- **Claridad en la estructura de decisiones del juego**

Durante la reunión se explicó que cada decisión del niño debía tener una respuesta visual clara, especialmente en las emociones: tristeza cuando la fruta no era la correcta y alegría cuando encontraba el tomatillo.

Capítulo 6

Implementación

6.1. Proceso de desarrollo

Durante la fase de creación del prototipo inmersivo basado en la narrativa del cuento “La familia Tití y los Tomatillos”, el proyecto se llevó a cabo a través de varias etapas planificadas a partir de retroalimentaciones por parte del instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, que buscaron construir poco a poco una experiencia funcional, alineada con la narrativa del cuento y accesible para niños con diferentes capacidades sensoriales.

En las dos primeras reuniones de retroalimentación con el instituto, se definieron lineamientos clave que marcaron el rumbo del desarrollo. Los profesionales subrayaron que la experiencia no debería ser un mundo abierto, ya que esto podría causar confusión o desorientación en los niños. En cambio, sugirieron establecer una estructura secuencial, donde la historia avanzara paso a paso a través de botones y transiciones guiadas.

Estas recomendaciones impactaron directamente en la organización de las fases narrativas, la lógica interactiva, el diseño de los botones y la manera en que se estructuró la navegación dentro del prototipo. Este proceso abarcó la programación, el diseño del entorno virtual, la creación y animación de personajes, la integración de recursos hápticos, sonoros y visuales, y la definición de la lógica interactiva que organiza las distintas partes de la historia (presentación, desarrollo, evaluación y reinicio).

La implementación se realizó utilizando el motor de desarrollo Unity, junto con Blender para el modelado y rigging de personajes, también, Mixamo para algunas animaciones más complejas. Para la experiencia inmersiva, se utilizaron visores Meta Quest 3S conectados a través de Meta Quest Link (Air Link), lo que permitió ejecutar el prototipo desde un ordenador de escritorio y vivir la escena en realidad virtual sin cable.

Cada etapa del desarrollo se realizó siguiendo actualizaciones de ajustes en el diseño visual, las mecánicas interactivas, las transiciones de animación y la organización de las escenas a medida que se recibía retroalimentación y se identificaban mejoras necesarias. A continuación, se detallan las principales etapas que formaron parte del proceso de desarrollo del prototipo del mono tití.

6.1.1. Etapa 1: Modelado, texturizado y rigging de personajes en Blender

En esta primera etapa, nos enfocamos en dar vida a los personajes principales del cuento: el bebé tití y su papá tití. Se utilizó Blender como nuestra herramienta principal para el diseño 3D. Las tareas que realizamos abarcaron:

- Crear y modelar a los personajes, prestando atención a las proporciones y rasgos de un mono tití real.
- Texturizar los objetos, aplicando materiales y colores que reflejaran la apariencia del mono tití cabeciblanco colombiano (ver figura 6.1).
- Un conjunto de modelos de personajes listos para ser animados e integrados en el motor de juego Unity (ver figura 6.2).
- Asignar un esqueleto (rigging) a ambos personajes en T-Pose.
- Crear y ajustar el esqueleto.
- Asignar pesos (weight painting) para garantizar que las deformaciones fueran suaves al ejecutar las animaciones (ver figura 6.3).



Figura 8: 6.1 Texturas base del Titi



Figura 9: 6.2 Apariencia final del Titi Cabeciblanco

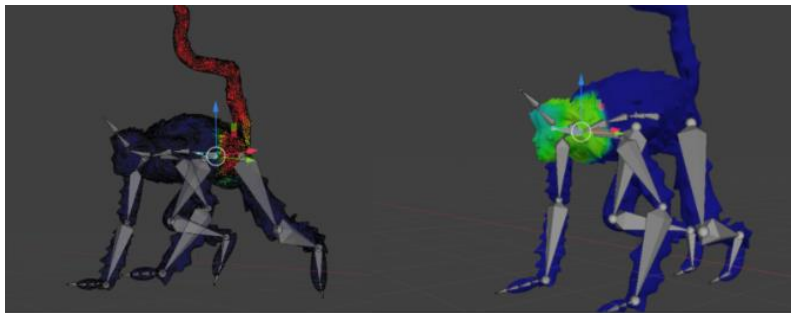


Figura 10: 6.3 Asignar pesos al esqueleto Rig con el cuerpo

6.1.2. Etapa 2: Configuración inicial del proyecto en Unity e infraestructura de realidad virtual

En esta etapa, el enfoque del desarrollo fue asegurar que la configuración del proyecto estuviera lista para su ejecución como experiencia de realidad virtual en las gafas Meta Quest 3s. Para ello, se creó un nuevo proyecto de realidad virtual desde Unity Hub, diseñado para trabajar con entornos 3D inmersivos y con soporte para el controlador OpenXR/Meta Quest Link, el sistema que conecta el visor físico con Unity. Los componentes necesarios para un prototipo de realidad virtual fueron:

- Las escenas (como inicial, principal, final) del bosque donde se desarrolla la historia.
- La cámara inmersiva del paquete de Unity llamado XR INTERACTION TOOLKIT, utilizando un rig de realidad virtual (XR ORIGIN) compatible con Meta Quest 3s.
- Controlador de Open XR para el puente visor/computador.
- Los parámetros de iluminación, colorimetría y la escala del mundo.

Se configuró el flujo de trabajo con Meta Quest Link (Air Link), lo que permitió ejecutar el juego desde el computador, visualizar el entorno directamente en el visor Meta Quest 3s, y verificar la comodidad, la escala y la legibilidad de los elementos desde la perspectiva del usuario inmerso. La estructura básica de la escena fue definida, incorporando objetos de prueba para representar el área donde se ubicarían el mono tití, las frutas y la interfaz principal. Este proceso fue la base para la posterior adaptación virtual del entorno natural.

6.1.3. Etapa 3: Creación y adaptación de animaciones (Blender y Mixamo)

Una vez que completamos el rigging, pasamos a dotar a los personajes de animaciones que dan dinamismo a la historia. En esta etapa, combinamos dos enfoques. Por un lado, las animaciones creadas manualmente en Blender, que se centraron en posturas neutras (espera) y de caminar; gestos simples que reflejan la interacción entre el papá tití y el bebé; y movimientos suaves que acompañan la narración del cuento. Por otro lado, las animaciones más complejas obtenidas de Mixamo, como secuencias de baile de celebración al final del juego, transiciones corporales más dinámicas que enriquecen la expresividad tanto de los personajes NPC como de los protagonistas de la historia.

Las animaciones descargadas de Mixamo fueron adaptadas a los esqueletos definidos en Blender, ajustando escalas, tiempos y puntos de inicio y fin de las acciones para lograr una integración visual coherente.

Finalmente, todos los modelos y animaciones se exportaron en un formato compatible como FBX para ser integrados en Unity.

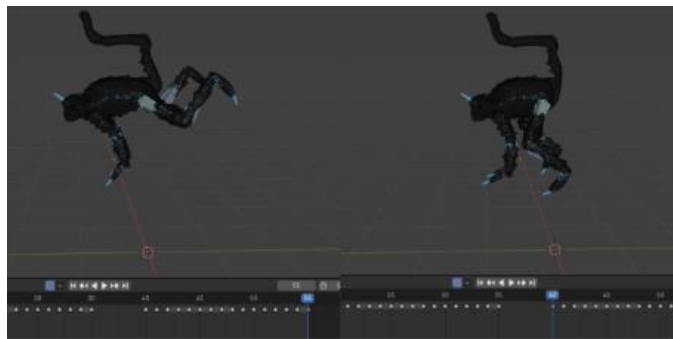


Figura 11: 6.4 Animar poses del modelo articulado en Blender

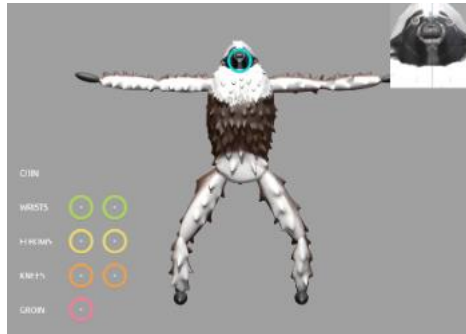


Figura 12: 6.5 Animar poses del modelo articulado en Mixamo

6.1.4. Etapa 4: Construcción del entorno del bosque colombiano

Se creó el entorno donde se desarrolla la historia del mono tití, con la intención de capturar un paisaje que hace alusión a los bosques colombianos. Para lograr esto, se diseñó un escenario principal con árboles de guayacán en una variedad de colores, buscando crear un ambiente boscoso fácilmente reconocible de Colombia. Además, se incorporaron elementos ambientales como cascadas, que añaden profundidad y sirven como referencia visual en el fondo; mariposas y otros detalles animados que aportan una sensación de vida al entorno.

Se utilizó una combinación de modelos creados específicamente para el proyecto como sistemas de partículas de agua y mariposas, y los personajes Tities modelados en Blender y objetos prefabricados gratuitos de TurboSquid, los cuales fueron ajustados en escala, materiales y paleta de colores llamativos para asegurar una coherencia estética. También se realizó una reducción de polígonos con el fin de prevenir retrasos en la imagen y mejorar la optimización, teniendo en cuenta las limitaciones visuales de los niños.

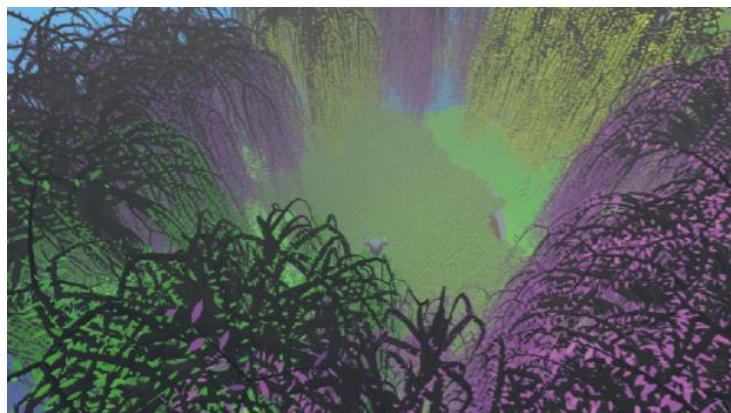


Figura 13: 6.6 Elementos ambientales



Figura 14: 6.7 Escenario del cuento 1



Figura 15: 6.8 Cascada del cuento

6.1.5. Etapa 5: Integración de personajes, recursos gráficos, audio e interfaz en Unity

En esta etapa, se llevó a cabo la integración en Unity de todos los recursos que se habían desarrollado y recopilado. Modelos de los monos tití (papá y bebé), junto con sus animaciones correspondientes, imágenes de frutas (manzana, banano, mango y tomatillo) creadas por Melany Garibotto, que se utilizan como elementos visuales interactivos dentro de la experiencia. Recursos de audio tales como, sonidos ambientales gratuitos obtenidos del Asset Store (como los sonidos de fondo) y grabaciones de voz realizadas por Melany Garibotto para narrar la historia usando la estructura Sujeto + Verbo + Complemento (S + V + C) pues es la forma recomendada de comunicarse con los niños según los expertos del instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca.

Para la interfaz, se diseñó una disposición de botones de frutas que los usuarios pueden seleccionar dentro del entorno inmersivo. Estos botones pueden implementarse como elementos en un Canvas VR con paneles 3D situados en el espacio frente al usuario, asegurando que sean fácilmente visibles y seleccionables dentro del campo de visión del visor Meta Quest 3s.

Cada fruta/botón (MANZANA, BANANO, MANGO y TOMATILLO) se asoció a un evento programado que reproduce vibraciones; un fragmento de audio relacionado con la parte de la historia en la que aparece esa fruta; y que además activa animaciones específicas de los monos titis a través del controlador de animaciones (Animator) y del sistema de secuenciación Timeline.

Cabe resaltar que, se implementaron fuentes de audio para reproducir fragmentos en formato .wav, que están relacionados con las interacciones del mono tití. Esto permite tener un control preciso sobre el volumen, la espacialización y la sincronización con las animaciones.

Para mejorar la experiencia sensorial, y utilizando la API XR de Unity que es completamente compatible con el XR Interaction Toolkit y el control Meta Quest 3s se añadió el componente Haptic Impulse Player. Este componente genera vibraciones en el control al activar ciertos eventos, lo que no solo aumenta la inmersión, sino que también facilita la interacción para los niños.

En lo que respecta al sistema de entrada, se emplearon componentes de OpenXR, incluyendo el módulo Haptic, que gestiona la retroalimentación háptica, y el Tracked Device Graphic Raycaster, que asegura que el rayo emitido por el controlador interactúe correctamente con los botones del Canvas. Gracias a este raycaster especializado, los elementos de la interfaz responden de manera rápida y coherente al apuntar y seleccionar, integrándose de forma natural con el sistema de interacción en VR.



Figura 16: 6.9 Escenario del cuento 2

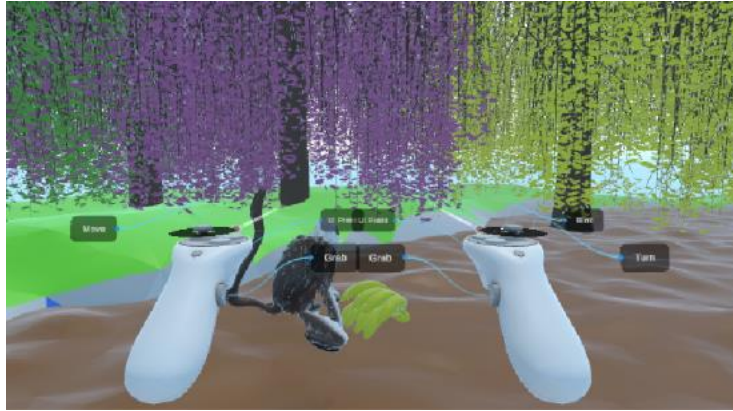


Figura 17: 6.10 Controles de interacción VR con Raycast

6.1.6. Etapa 6: Uso de Timeline y árboles de animación para la narrativa

Para coordinar de manera efectiva la relación entre la narración, las animaciones y la aparición de elementos visuales, se utilizó Unity Timeline (ver Figura 6.11) para el control de las secuencias guiadas. Esta herramienta permitió la sincronización precisa de elementos clave, como la voz de la narradora, la aparición de las frutas y las reacciones de los personajes (animaciones y emojis).

También, se implementaron árboles de animación (ver Figura 6.12) para la definición de estados para el bebé tití y el papá tití. Los estados definidos incluyeron:

- Estado neutro.
- Estado de atención/curiosidad.
- Estado de emociones negativas (tristeza, disgusto).
- Estado de emociones positivas (felicidad, asombro).
- Estado de celebración.
- Estado de NPC.

Este enfoque permitió definir el orden del flujo programado de la escena a través de fases: la Fase 1, donde los botones se presentan secuencialmente; la Fase 2, en la que se presentan todas las opciones simultáneamente; y la Fase 3, que se activa al seleccionar el botón correcto en la Fase 2.



Figura 18: 6.11 Timeline de manzana

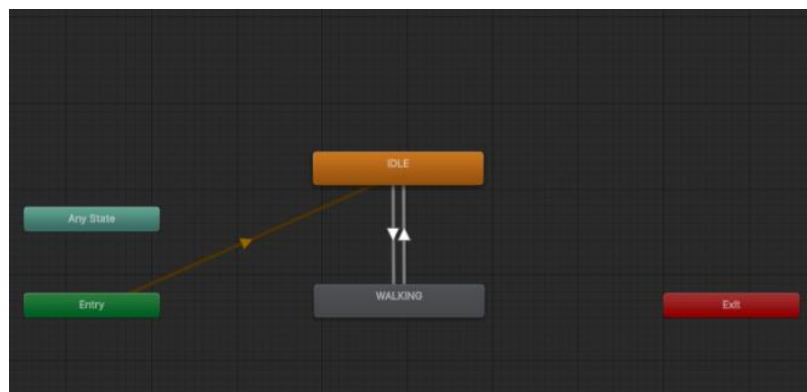


Figura 19: 6.12: Árbol de decisión base

6.1.7. Etapa 7: Implementación de la narrativa interactiva con botón contar desactivado

Con el botón contar desactivado, la experiencia se enfoca principalmente en entender la historia y descubrir cuál es la fruta favorita del bebé tití. La lógica se ha estructurado en tres fases clave independientemente del botón de contar.



Figura 20: 6.13 Botón contar desactivado en escena

Fase 1 – Presentación de la historia

En esta primera fase, el sistema guía al usuario a través del relato con la presentación de una secuencia de frutas (manzana, banano, mango y tomatillo) a través de botones interactivos que emiten vibraciones hápticas. Cada fruta activa un fragmento de la narración que explica lo que ocurre en esa parte del cuento, las animaciones de los monos tití que muestran búsqueda, curiosidad, tristeza o desagrado; y los emojis de dichas emociones tomados de iconfinder. Durante esta fase, el usuario escucha y observa cómo el papá tití le presenta diferentes frutas al bebé (ver Figuras 6.14 y 6.15), hasta llegar al tomatillo (ver Figuras 6.16 y 6.17), que se establece narrativamente como la fruta que el bebé realmente desea.



Figura 21: 6.14 Escena del cuento: el papá tití busca bananos



Figura 22: 6.15 Escena del cuento: el bebé tití rechaza los bananos



Figura 23: 6.16 Escena del cuento: el papá tití busca tomatillos



Figura 24: 6.17 Escena del cuento: el bebé tití acepta los tomatillos

Fase 2 – Evaluación del aprendizaje

Después de contar la historia, pasamos a la fase de evaluación del aprendizaje, donde verificamos si el niño ha entendido cuál es la fruta favorita del bebé titi por lo que se vuelven a mostrar las frutas a la vez para que el niño pueda elegir cual es la que el papá titi le dará al bebe (ver figura 6.18). En caso de que el niño haya escogido una fruta incorrecta aparecen íconos que expresan emociones negativas (como tristeza o disgusto) tomados de Iconfinder y él bebe realiza animaciones de desagrado o rechazo. Si el niño elige la fruta correcta (el tomatillo) se presentan íconos de emociones positivas (asombro y felicidad) y un baile de celebración, utilizando una animación compleja de Mixamo que se integra en el árbol de animaciones. De esta manera, la respuesta del sistema refuerza emocionalmente la acción correcta y le informa al usuario cuando ha seleccionado una opción incorrecta.

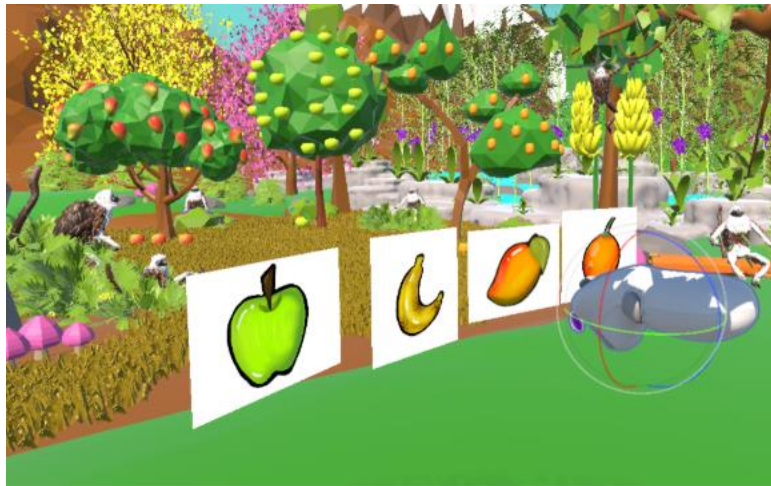


Figura 25: 6.18 Botones de frutas interactivos del Canvas en fase 2

Fase 3 – Reinicio de la experiencia

Una vez que el niño selecciona correctamente el tomatillo y se ejecuta la escena de celebración, el sistema restablece el estado inicial de la escena por medio de un botón final mientras no sea presionado el usuario podrá moverse por ciertas zonas del mapa para admirar el entorno 3d.

Después de presionado el botón, el prototipo queda listo para que la experiencia pueda repetirse con un nuevo usuario. Esta estructura en tres fases cierra el ciclo de la actividad, combinando presentación, desarrollo, evaluación y reinicio de una manera sencilla y comprensible.

6.1.8. Etapa 7: Implementación de la narrativa interactiva con botón contar desactivado

Con el botón contar activado (ver en Figura 6.19), la experiencia se enfoca principalmente en introducir un enfoque en el conteo y la conexión entre cantidad, fruta y símbolos numéricos. Se estableció un conjunto de disparadores y elementos visuales para crear un juego de conteo rápido e intuitivo que permita que los niños puedan tener un tiempo pertinente entre turnos (el juego está pensado para ser completado en 8 minutos estimados para que otros puedan jugar), con la siguiente distribución de frutas: 1 manzana, 2 bananos, 3 mangos y 4 tomatillos. Además de las frutas, se presentan símbolos numéricos del 1 al 4, reforzando la relación entre la cantidad visualizada y el número correspondiente. En cuanto a la interacción, el modo de juego solicita al usuario presionar el botón fijo del control Meta Quest 3s la misma cantidad de veces que la fruta presentada que emiten vibraciones hápticas el número de veces.

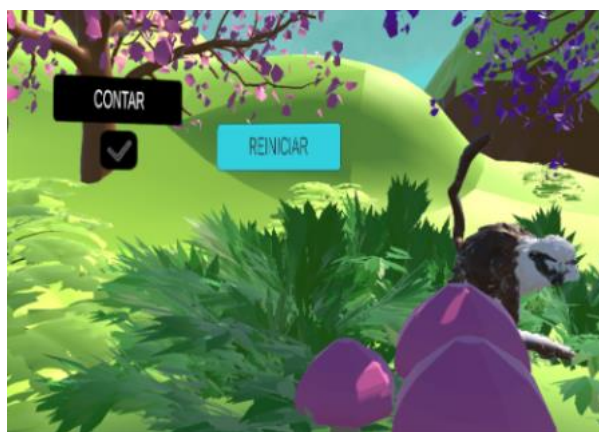


Figura 26: 6.19 Boton contar desactivado en escena

El sistema inicia una secuencia en la que se recorre cada fruta en orden (del 1 al 4), se reproduce una narración que menciona la fruta y la cantidad asociada. Las imágenes de las frutas y sus números se muestran de manera sincronizada, ayudando al niño a relacionar visualmente el concepto numérico con el elemento del cuento. Esta opción conserva la estructura narrativa del monodrama y los tomatillos, pero opcional añade una dimensión educativa extra centrada en el conteo básico del 1 al 4.

6.1.9. Etapa 9: Pulido general y pruebas internas

En esta última fase, se llevaron a cabo mejoras en aspectos técnicos, visuales, ergonómicos e interactivos, además de integrar los hallazgos obtenidos durante la jornada de pruebas en persona con los profesionales del instituto. Con el fin de optimizar la experiencia del usuario, se realizó un meticuloso proceso de refinamiento de todos los elementos visuales, sonoros y de interacción, garantizando un funcionamiento fluido y estable en el entorno inmersivo.

Durante la prueba en persona, los profesionales del instituto hicieron una serie de recomendaciones clave para mejorar la accesibilidad visual. Entre ellas, se destacó la importancia de incluir un fondo blanco en las frutas-botón y en los emojis, para aumentar el contraste y facilitar su identificación por parte de los niños. También se sugirió reducir el uso excesivo del color verde en el entorno y reemplazarlo en parte por tonos de café claros, lo que ayudó a enfocar la atención en los personajes principales y los elementos interactivos. Además, se recomendó cambiar el color del rayo de interacción y aumentar su grosor para mejorar la visibilidad y la precisión del usuario al seleccionar los botones del Canvas en VR.

Estas recomendaciones se implementaron durante esta etapa. El rayo por defecto fue reemplazado por uno morado, más ancho, y configurado con dos estados distintos: un rayo delgado cuando está fuera del área del botón y un rayo más grueso cuando se posiciona sobre él. Este ajuste mejoró notablemente la claridad visual durante la interacción.

Durante las pruebas internas, se identificaron varios aspectos importantes. Se notó que las manos de los niños eran demasiado pequeñas para alcanzar cómodamente el gatillo del control, lo que complicaba la interacción. En cambio, los botones frontales A y B eran accesibles, siendo el botón B el más cercano al pulgar gracias a su ubicación y diseño ergonómico. Además, se observó que el sistema Air Link de las Meta Quest 3S depende en gran medida de la calidad de la señal Wi-Fi, lo que causaba lentitud e interrupciones en áreas con bajo ancho de banda.

A partir de estos hallazgos, se establecieron varias pautas para el trabajo futuro:

- Sustituir el gatillo por el botón B como entrada principal para mejorar la accesibilidad.
- Desactivar las funciones predeterminadas de los botones A, B y Meta, evitando acciones no deseadas por parte de los niños.
- Ajustar el XR Origin para permitir únicamente los movimientos necesarios según la narrativa.
- Reemplazar Air Link por una aplicación APK instalada directamente en las Meta Quest 3S, evitando la dependencia de la red Wi-Fi y asegurando una ejecución más estable.
- Deshabilitar el salto ya que podía provocar comportamientos no deseados, como desconcentrar al usuario del área principal del Canvas.

- Añadir un botón extra en el Canvas principal, que esté específicamente relacionado con el comportamiento de giro del joystick del XR Origin. Este botón permitiría activar o desactivar el giro horizontal de la cámara (rotación izquierda/derecha con joystick), que por defecto está habilitado en los controladores de Meta Quest 3s.

Simultáneamente, se implementaron aspectos funcionales esenciales, como:

- La suavidad de las transiciones entre animaciones, evitando saltos bruscos.
- La sincronización entre la narración, la aparición de las frutas, los íconos emocionales y las reacciones de los personajes.
- La posición, tamaño y legibilidad de los elementos interactivos dentro del campo visual del visor.
- El funcionamiento estable de las tres fases narrativas definidas para el prototipo.
- La correcta operación del botón de conteo y las vibraciones hápticas asociadas.
- El uso del botón reiniciar, incluido para facilitar procesos de depuración y validación interna.
- Cambiar el grosor y color del rayo (ver Figura 6.23).
- La restricción de teletransportaciones durante fase 1 y fase 2.
- Estética final del juego (ver Figura 6.24)



Figura 27: 6.20 Nuevo color y ancho del rayo



Figura 28: 6.21 Juego finalizado

En resumen, esta fase de pulido fue clave para reforzar el prototipo, asegurando que su funcionamiento técnico, narrativo y sensorial estuviera completamente alineado con los objetivos pedagógicos del proyecto y las necesidades específicas de accesibilidad que planteó el instituto.

Capítulo 7

Validación del Sistema y Resultados

7.1. Plan de Pruebas

En este proyecto se creó un plan desarrollado siguiendo las recomendaciones del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, asegurando que cada prueba respondiera a las necesidades sensoriales del grupo objetivo de niños de 5 a 12 años con discapacidad visual o auditiva. Es importante decir que este trabajo involucró sujetos humanos en su investigación. La aprobación de todos los procedimientos y protocolos éticos y experimentales fue otorgada por el Comité de Ética de la Investigación del Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca (Research Ethics Committee INCS) bajo la solicitud N° INV-2020-007, el 30 de junio de 2020, y se realizó conforme a las resoluciones 8430 (1994) y 2378 (2008) del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.

El objetivo principal del plan de pruebas fue asegurar que el prototipo cumpliera adecuadamente con los requisitos funcionales y no funcionales definidos durante las etapas previas de diseño. El sistema tiene que alcanzar su propósito, generando la experiencia inmersiva y accesible a través de la narrativa La familia Tití y Los Tomatillos.

Para verificarlo, se tuvo en cuenta no solo el desempeño técnico del prototipo, sino también si sus interacciones eran adecuadas, fáciles de usar y coherentes con el entorno educativo.

7.1.1. Alcance de Pruebas

Las pruebas del prototipo se realizan en un entorno controlado. Durante este proceso se revisa que las interacciones sean claras, que el sistema responda de forma adecuada y que la secuencia del videojuego avance según las acciones del usuario. También se verifica que todos los estímulos visuales, sonoros y hápticos estén activos en el momento correcto dentro de cada animación, permitiendo que la experiencia se sienta completa y coherente para los niños.

Asimismo, se evalúa si la interfaz es sencilla de usar, si su navegación resulta comprensible y atractiva para los niños. Para ello, se consideran las capacidades sensoriales de los usuarios, garantizando que la experiencia no genere confusión.

7.1.2. Verificación de Requerimientos

Prueba	Resultado
RF1. Navegación secuencial	Se confirmó que la navegación entre escenas y animaciones se realizó de forma continua, sin errores ni interrupciones. Los niños percibieron el recorrido como cómodo y fácil de seguir gracias a su estructura lineal. Además, las instrucciones cortas y claras facilitaron la experiencia, permitiendo que avanzaran sin ninguna confusión.
RF2. Interacción básica con elementos del entorno	Las interacciones se activaron correctamente mediante gestos simples a través del controlador, sin confusión para el usuario.
RF3. Reproducción de audio narrativo	La narración de cada escena se reprodujo con claridad y en el momento adecuado.
RF4. Activación de estímulos hápticos	Las vibraciones se activaron correctamente en los momentos clave de la historia.
RF5. Representación visual accesible	Los elementos visuales mantuvieron contraste, tamaño y forma adecuados para garantizar accesibilidad, los niños con baja medida visual pudieron diferenciar las frutas por su tamaño y colores llamativos.
RF6. Recreación del entorno natural	El entorno virtual reprodujo de forma adecuada elementos del hábitat del mono tití, manteniendo la narrativa.
RNF1 – Accesibilidad por Rango de Edad	La interfaz y los elementos interactivos se presentaron de manera clara, simple y adecuada para niños entre 5 y 12 años.
RNF2 – Compatibilidad con Meta Quest 3s	El prototipo funcionó correctamente en el dispositivo Meta Quest 3s.

Como se puede observar, se cumplió satisfactoriamente con los requerimientos establecidos, garantizando que el prototipo respondiera de manera adecuada a las necesidades de accesibilidad, funcionalidad y usabilidad definidas para el proyecto.

7.1.3. Pruebas con Usuarios

Las evaluaciones de usuario se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto para Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca, con la participación de niños de diferentes edades y condiciones sensoriales. El propósito fue evaluar la accesibilidad, usabilidad e interacción del prototipo, verificando la capacidad de adaptación en distintos perfiles funcionales dentro del rango de 5 a 12 años.

Cada niño tuvo la oportunidad de interactuar libremente con la experiencia de Realidad Virtual utilizando el visor Meta Quest 3s. Durante el proceso, los profesionales del Instituto observaron atentamente sus reacciones, comentarios, dificultades y comportamientos, ofreciendo retroalimentación inmediata sobre los aspectos que podían mejorarse. Las sesiones se realizaron de manera individual, garantizando que cada participante viviera su propia experiencia.

Perfiles de participantes:

Usuario 1: Niña de 8 años, estudiante de primero A, con diagnóstico de baja visión.

Usuario 2: Niño de 6 años, estudiante de primero A, con diagnóstico relacionado con la percepción sonora.

Usuario 3: Niño de 9 años, estudiante de primero B, con diagnóstico relacionado con la percepción sonora.

Las pruebas con los usuarios permitieron valorar con mayor precisión los elementos esenciales del prototipo, analizando tanto la comprensión narrativa como la interacción usuario-prototipo dentro de los distintos perfiles sensoriales. Durante las sesiones se observaron de cerca las reacciones de los niños al ingresar al menú y al momento en que se activaban los estímulos auditivos y hápticos. Tanto los niños como los profesionales del Instituto aportaron comentarios esenciales, los cuales resultaron fundamentales para identificar mejoras orientadas a optimizar la accesibilidad y el funcionamiento general del prototipo. Todas las pruebas se realizaron conforme al reglamento ético establecido y contaron con la autorización previa de los profesionales del Instituto.

7.1.4. Evaluación de pruebas

Como parte del proceso de validación, se entrevistó a los profesionales responsables de la intervención con los niños. Su opinión permitió comprender cómo el prototipo aportaba a los procesos narrativos y de comprensión que trabajaban habitualmente en el aula y en las sesiones terapéuticas de cada día.

El equipo profesional que participó en la validación estuvo conformado por tres audiólogas, una especialista en baja visión y el coordinador de investigación del Instituto. Su experiencia en el trabajo directo con niños con discapacidad sensorial permitió analizar el prototipo desde perspectivas clínicas y pedagógicas.

Los profesionales resaltaron que el prototipo se ajustaba muy bien a lo que habían solicitado y que era coherente con el trabajo narrativo que ya realizaban con los niños a partir del cuento adaptado. Mencionaron que la experiencia de realidad virtual no buscaba inventar una historia nueva, sino permitir que los niños “aterrizaran la experiencia narrativa” que ya habían trabajado previamente en clase, fortaleciendo así su comprensión a través del videojuego.

También indicaron que los elementos interactivos estaban bien contextualizados con el cuento, lo que permitía a los niños identificar acciones, alimentos y situaciones que ya habían visto en las actividades terapéuticas. Esto era especialmente importante para los niños con discapacidad auditiva, quienes a menudo necesitaban apoyo adicional para comprender, recordar y adaptar la historia. Según los terapeutas, la herramienta tecnológica ayudaba a complementar ese proceso, ya que muchos niños requerían más que una lectura tradicional: necesitaban interactuar, visualizar la secuencia de la historia o reconstruirla mediante dibujos o actividades guiadas.

En general, los terapeutas consideraron que el prototipo sí aportaba a mejorar la comprensión narrativa, reforzaba la secuencia del cuento y permitía vincular la experiencia virtual con el trabajo pedagógico que ya realizaban con los niños. Este tipo de herramienta demostró mejorar de manera significativa la forma en que los niños procesaban y entendían la historia.

Preguntas realizadas a los profesionales del instituto durante la evaluación:

¿Considera que el videojuego complementa el trabajo narrativo que ustedes ya realizan con el cuento en clase y terapia?
¿Los elementos interactivos (frutas y animaciones) están bien contextualizados con la historia?
¿Cree que la experiencia de realidad virtual ayuda a que los niños comprendan y recuerden mejor la secuencia del cuento?
¿Este tipo de herramienta facilita la accesibilidad de la historia para niños con diversidades sensoriales?

¿Qué recomendaciones tendría para mejorar la accesibilidad visual y la claridad de los elementos dentro del entorno del juego?

Respuestas de los profesionales del instituto durante la evaluación:

Pregunta 1	
¿Considera que el videojuego complementa el trabajo narrativo que ustedes ya realizan con el cuento en clase y terapia?	
Resultados	
Opción de respuesta	Cantidad de Profesionales
Si	5
En parte	0
No	0

Puntos de Observación:

- El videojuego sí complementa el trabajo porque permite “aterrizar la experiencia narrativa” que ya trabajan en clase.
- Reitera que los niños necesitan este tipo de apoyo para entender mejor el cuento.
- Se destaca que no se debe crear otra historia, debe mantenerse la misma narrativa del cuento.
- Señala que el videojuego apoya el proceso porque la narrativa ya está construida previamente con los cuentos del proyecto.
- Recomienda continuar alineando el videojuego con la misma historia para evitar confusión.

Pregunta 2	
¿Los elementos interactivos (frutas, objetos, animaciones) están bien contextualizados con la historia?	
Resultados	
Opción de respuesta	Cantidad de Profesionales
Si	3
En parte	2
No	0

Puntos de Observación:

- Sí están contextualizados, pero sugiere revisar los contrastes visuales.
- Se recomendó la técnica de alto contraste (usar fondos blancos con objetos oscuros (o viceversa) para facilitar que el niño identifique la forma)
- Colores más brillantes para diferenciar mejor los objetos.
- El uso de colores vibrantes como (rojo más vivo, amarillo brillante, etc.).

Pregunta 3	
¿Cree que la experiencia de realidad virtual ayuda a que los niños comprendan y recuerden mejor la secuencia del cuento?	
Resultados	
Opción de respuesta	Cantidad de Profesionales
Si	5
En parte	0
No	0

Puntos de Observación:

- Sí, especialmente útil para niños con discapacidad auditiva.
- Comenta que a estos niños les cuesta apropiarse de la historia solo con lectura.
- Se recomienda reforzar la secuencia del cuento con visuales, manteniendo actividades donde el niño reconstruya lo que paso, así se refuerza la memoria y comprensión.

Pregunta 4	
¿Este tipo de herramienta facilita la accesibilidad de la historia para niños con diversidades sensoriales?	
Resultados	
Opción de respuesta	Cantidad de Profesionales
Si	5
En parte	0
No	0

Puntos de Observación:

- Sí, porque los niños necesitan ver la historia de forma más concreta.
- Usar estímulos variados (audio, vibración, imágenes grandes).
- Recomienda que la narrativa se mantenga simple y directa para no sobrecargar.

Pregunta 5	
¿Qué recomendaciones tendría para mejorar la accesibilidad visual y la claridad de los elementos dentro del entorno del juego?	
<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el contraste entre el suelo y las frutas, para que resalten más. • Usar colores más brillantes en objetos clave. • Revisar el tamaño y la ubicación de los botones que los niños usan al jugar para que les resulten más cómodos, y asegurarse también de que el casco se ajuste bien a su cabeza. 	

Preguntas realizadas a los niños del instituto durante la evaluación:

¿Te gustó el videojuego?
¿Te pareció fácil o difícil el videojuego?
¿Te sentiste cómodo jugando?

Pregunta 1	
¿Te gustó el videojuego?	
Resultados	
Opción de respuesta	Cantidad de niños
Si	3
Mas o menos	0
No	0

Pregunta 2	
¿Te pareció fácil o difícil el videojuego?	
Resultados	
Opción de respuesta	Cantidad de niños
Si	3
Mas o menos	0
No	0

Pregunta 3	
¿Te sentiste cómodo jugando?	
Resultados	
Opción de respuesta	Cantidad de niños
Si	3
Mas o menos	0
No	0

Conclusiones de las pruebas

Las pruebas realizadas con los niños y los profesionales del Instituto permitieron confirmar que el prototipo cumplía con su propósito principal, ofrecer una experiencia inmersiva y accesible que permitiera a los usuarios interactuar de manera clara con la narrativa del cuento. Los profesionales destacaron que el juego se integraba de una forma correcta con las actividades que ellos desarrollaban, ya que mantenía la coherencia de la historia. se observaron aspectos positivos, como el interés de los niños y su capacidad para seguir la secuencia del cuento dentro del entorno virtual. También se identificaron mejoras necesarias, a partir de sus recomendaciones. En conjunto, los resultados mostraron que el prototipo era funcional, el cual aportaba a fortalecer su accesibilidad y usabilidad en futuras actividades.

7.2 Trabajo Futuro

Para trabajos futuros, se propone mejorar la accesibilidad del prototipo mediante ajustes específicos en las interacciones del usuario. Entre las principales recomendaciones se encuentran reemplazar el uso del gatillo por el botón B como entrada principal y desactivar las funciones predeterminadas de los botones A, B y Meta, con el fin de evitar acciones involuntarias.

Otro punto importante sería la limitación de los movimientos permitidos dentro del XR Origin únicamente a los necesarios según la narrativa, deshabilitando funciones como el salto para evitar desplazamientos bruscos fuera del área principal. Además, se plantea desarrollar una versión del prototipo en formato APK para instalarla directamente en las Meta Quest 3S, eliminando la dependencia de la red Wi-Fi y garantizando una ejecución más estable. También se propone mejorar el sistema de navegación añadiendo un botón en el Canvas principal, el cual permita activar o desactivar el giro horizontal del joystick. Esto ayudaría a adaptar la experiencia a diferentes usuarios, especialmente a aquellos que necesitan un entorno más estable para evitar mareos o desorientación, haciendo la interacción más cómoda y segura.

Finalmente, se recomienda continuar perfeccionando elementos técnicos y narrativos del prototipo. Entre las líneas de trabajo futuras se incluye mejorar la suavidad de las transiciones entre animaciones, reforzar la sincronización entre la narración y la aparición de los elementos interactivos, y ajustar el tamaño, la posición y la legibilidad de los objetos dentro del visor. También será importante mejorar la estabilidad de las fases narrativas, ajustar el funcionamiento del botón de conteo y sus vibraciones hápticas, y revisar el rendimiento del botón de reinicio. Estos ajustes harán que el prototipo funcione mejor y sea más accesible para los niños.

7.3 Conclusiones

El desarrollo del prototipo inmersivo basado en el cuento La familia Tití y Los Tomatillos permitió evidenciar que la realidad virtual puede convertirse en una herramienta accesible, especialmente en procesos educativos dirigidos a niños con diversidades sensoriales. Nuestra intención al desarrollar este tipo de tecnología fue demostrar que la realidad virtual puede tener un propósito verdaderamente significativo cuando se diseña con empatía y se construye a partir de las necesidades reales de quienes la utilizarán. Crear esta experiencia no solo abrió nuevas posibilidades para los niños, sino que también nos permitió, como futuros profesionales, comprender la importancia de diseñar pensando en ellos y en lo que realmente necesitan.

A lo largo de este proyecto se desarrollaron de manera completa todas las fases del proceso, se implementaron las fases de análisis, diseño, implementación y validación, lo que permitió construir un prototipo que no solo cumplió con los objetivos iniciales, sino que también integró las recomendaciones y el acompañamiento constante del Instituto de Niños Ciegos y Sordos del Valle del Cauca. Su retroalimentación fue clave para entender qué necesitaban realmente los niños, interacciones simples, emociones claras, movimientos cómodos y un entorno que les brinde la oportunidad de desarrollarse plenamente como personas y conocer lo que sucede en el mundo que los rodea.

Aunque el proceso de evaluación fue guiado principalmente por los profesionales del Instituto, también tuvimos la oportunidad de realizar pruebas directas con los niños, lo cual enriqueció aún más el desarrollo del proyecto, las observaciones de los profesionales permitieron validar que la experiencia era coherente, comprensible y segura. Cada ajuste en la narrativa, cada animación y cada mecánica surgió del deseo de crear un entorno donde los niños pudieran explorar la historia a su ritmo, y con una guía clara durante todo el recorrido.

La implementación confirmó que herramientas como Unity, Blender y Meta Quest 3s son suficientes para crear experiencias inmersivas accesibles sin requerir equipos especializados o difíciles de manejar.

Se concluye que el prototipo de La familia Tití y Los Tomatillos cumple con los objetivos planteados y establece una base sólida para futuras mejoras, incluyendo ajustes de diseño, ampliación de actividades y una mayor inclusión de usuarios con diferentes condiciones sensoriales y motrices.

Bibliografía

- [1] Puente, E. de la, García, M. T., & Rodríguez, B. R. (2023). *Discapacidad visual y auditiva. Conceptos, características e implicaciones. Prohominum: Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 5(3), 55 -70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9140113>
- [2] Lopez, A. B., Restrepo Bustamante, F. A., & Preciado Mesa, Y. P. (2006). *Accesibilidad académica: un concepto en construcción. Nombre de la revista o fuente si está disponible. Disponible en* <http://www.esvial.org/wp-content/files/CAFVIR2015pp59-66.pdf>
- [3] Ferreira, R. S., Xavier, R. A. C., & Ancieto, A. S. R. (2021). *La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223 -241. <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.728>
- [4] Orihuela, J. L. (1997). *Narraciones interactivas: El futuro no lineal de los relatos en la era digital. Palabra-Clave*, (37), 37-46.
- [5] AcademiaLab. (s. f.). *Máquina de estados finitos. En Academia-Lab. Recuperado el 11 de junio de 2025, de* <https://academia-lab.com/enciclopedia/maquina-de-estados-finitos/>
- [6] Gómez, M. D. C. G. (2010). *Aulas multisensoriales en educación especial. Estimulación e integración multisensorial en los espacios Snoezelen. Disponible en:* https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=Gv_rNUZWo4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Aulas+multisensoriales+en+educaci%C3%B3n+especial&ots=pP11OvJL Nt&sig=Ajn9D-47OYU16yfuT4piAku_-7M#v=onepage&q=Aulas%20multisensoriales%20en%20educaci%C3%B3n%20especial&f=false
- [7] ÁNGEL GUARÍN, P. C. *Centro de servicios y estimulación para niños en situación de discapacidad sensorial. [S. l.: s. n.]. Disponible en:* <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=sso&db=cat09387a&AN=cbc.oai.edge.ja.veriana.folio.ebsco.com.fs00001130.fc541943.4ca5.5cb0.9e67.d67db1b9f86f&lang=es&site=eds-live&scope=site>. Acceso en: 3 feb. 2025.
- [8] Navarro-Newball, A. A. (2023). «Realidades expandidas inteligentes para la innovación en la cultura digital». *Periferica*, 24. Disponible en: <https://doi.org/10.25267/periferica.2023.i24.12>
- [9] *Extended Realities for Sensorially Diverse Children. (2024, 1 agosto). IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore. Disponible en: https://ieeexplore.ieee.org/document/10582493*

[10] REYES VERA, J. M. *Máquinas Abstractas De Estados Y Sus Aplicaciones*. *Revista Educación en*

Ingeniería, [s. l.], n. 13, p. 55–62, 2012. Disponible en:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=sso&db=fap&AN=77485132&lang=es&site=eds-live&scope=site>. Acceso en: 3 feb. 2025.

[11] RAHMATINEZHAD, M.; AHMADI, A.; AHMADI, M. *A Neural Assembly-Based State Machine Design*. 2024 IEEE 67th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), *Circuits and Systems (MWSCAS)*, 2024 IEEE 67th International Midwest Symposium on, [s. l.], p. 656–659, 2024. DOI 10.1109/MWSCAS60917.2024.10658665. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=sso&db=edsee&AN=edsee.10658665&lang=es&site=eds-live&scope=site>.

[12] Pérez-Salas, C. P. (2008). *Realidad Virtual: Un Aporte Real para la Evaluación y el Tratamiento de Personas con Discapacidad Intelectual*. *Terapia Psicológica*, 26(2), 253-262. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78511540011>

[13] Tenemaza, M., Ramírez, J., & De Antonio, A. (2014). *Realidad Aumentada Adaptativa*. *Revista Politécnica*, 34(2), 1-11. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78511540011>

[14] Navarro-Newball, Andres Adolfo et al. (2022). *Building Augmented and Virtual Reality Experiences for Children with Visual Diversity*. Disponible en:

<https://diglib.org/items/89a82f97-2f05-4a81-92fd-4f1413e97d70>