



Acta de Correcciones al Proyecto de Grado Ingeniería de Sistemas y Computación

Fecha: 20 de febrero de 2024.

Autores: Luis Alberto Salazar Gómez y Guido Ernesto Salazar Muñoz.

Nombre del Proyecto de Grado: ColaboraFari VR. Creación de un entorno virtual colaborativo por medio de un safari para fomentar el aprendizaje sobre los animales en vía de extinción en Colombia.

Director: Andrés Navarro Newball.

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.



Firma de Director(a) del Proyecto de Grado

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana para optar el título de Ingeniero de Sistemas y Computación.

Camilo Rocha

Dr. Hernan Camilo Rocha Niño
Decano de la Facultad de Ingeniería

Gerardo Mauricio Sarria

ING. GERARDO MAURICIO SARRIA
Director Carrera Ingeniería Sistemas y Computación.

Andrés Adolfo Navarro Newball

ING. ANDRÉS ADOLFO NAVARRO NEWBALL
Director(a) Trabajo

J-P-G-C.

ING. Juan Pablo García
Jurado 1

Gerardo Mauricio Sarria

ING. Gerardo Mauricio Sarria
Jurado 2



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali



Res. 2333 del 2012

INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

TRABAJO DE GRADO

ColaboraFari VR. Creación de un entorno virtual colaborativo por medio de un safari para fomentar el aprendizaje sobre los animales en vía de extinción en Colombia.

Autor:

Guido Salazar

Luis Salazar

Docente:

Andrés Navarro

enero, 2024

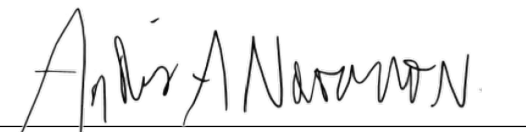
Santiago de Cali, 24 de abril de 2023

Señores **Pontificia Universidad Javeriana Cali.**
Dr. Gerardo Mauricio Sarria Montemiranda
Director de carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación.
Cali.

Cordial Saludo.

Por medio de la presente me permito informarle que los estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación Luis Alberto Salazar Gómez (cod: 8950100) y Guido Ernesto Salazar Muñoz (cod: 8950029) trabajan bajo mi dirección en el proyecto de grado titulado “ColaboraFari VR. Creación de un entorno virtual colaborativo por medio de un safari para fomentar el aprendizaje sobre los animales en vía de extinción en Colombia”.

Atentamente.



Dr. Andrés Adolfo Navarro Newball

Abstract

The animals are beings that inhabit diverse ecosystems on planet Earth; they feed, dwell, and coexist within them. However, due to human evolution, animals are increasingly displaced from their habitats, as humans constantly seek natural resources. The acquisition of these resources damages ecosystems and areas where animals reside. Despite people's diligent efforts to raise awareness through documentaries, zoos, safaris, virtual safaris, etc., it has not been sufficient to generate awareness about endangered animals and their respective causes. Therefore, the proposed project, as a contribution to the described problem, suggests developing a functional prototype that proposes a collaborative virtual reality safari where at least two or more individuals interact to complete missions, following the methodology of collaborative and interactive learning to encourage understanding of endangered animals in Colombia.

Keywords: Virtual Reality, Collaborative Learning, Animals, Collaborative Safari, Virtual Safari, Gamification.

Resumen

Los animales son seres que habitan en diversos ecosistemas del planeta Tierra; se alimentan, habitan y viven en ellos. Sin embargo, debido a la evolución de la humanidad, cada día los animales son desplazados de su hábitat, ya que el hombre siempre está en búsqueda de recursos naturales. Para la obtención de estos recursos, se dañan ecosistemas y zonas donde habitan estos animales. A pesar del arduo esfuerzo de las personas por concientizar a la sociedad mediante documentales, zoológicos, safaris, safaris virtuales, etc., no ha sido suficiente para lograr generar conciencia sobre los animales en peligro de extinción y sus respectivas causas. Por lo tanto, el proyecto que se propone como aporte a la problemática descrita es plantear un prototipo funcional que proponga un safari como entorno virtual en realidad virtual, de manera colaborativa, donde al menos dos o varias personas interactúen realizando misiones con el fin de completar el safari. Esto siguiendo la metodología del aprendizaje colaborativo e interactivo para incentivar el aprendizaje sobre los animales en peligro de extinción en Colombia.

Palabras Clave: Realidad Virtual, Aprendizaje Colaborativo, Animales, Safari Colaborativo, Safari Virtual, Gamificación.

2.1.3.3. Mad City Mystery: Developing Scientific Argumen- tation Skills with a Place-based Augmented Reality Game on Handheld Computers [18]	22
2.1.3.4. VR Animals: Surreal Body Ownership in Virtual Reality Games [19]	22
3. Metodología, Análisis y Diseño	23
3.1. Metodología	23
3.1.1. Etapas del proyecto	23
3.1.2. Tipo de Estudio	24
3.1.3. Lista de Actividades	24
3.1.4. Metodología SCRUM aplicada en el proyecto	25
3.2. Análisis del proyecto	28
3.2.1. Aprendizaje con realidades extendidas	28
3.2.2. Animales en peligro de extinción en Colombia y realidad virtual	29
3.2.3. Investigación de los animales en peligro de extinción	30
3.2.3.1. Mono Tití	30
3.2.3.2. Cóndor	31
3.2.4. Educción de requerimientos	32
3.2.4.1. Requerimientos de investigación	32
3.2.4.2. Refinación de requisitos	33
3.2.5. Criterios de éxito de los requerimientos	34
3.2.5.1. Requerimientos de investigación	35
3.2.5.2. Refinación de requisitos	35
3.2.6. Diagrama de casos de uso	36
3.3. Diseño del proyecto	36
3.3.1. Arquitectura del sistema	37
3.3.2. Diagrama de clases	39
3.3.3. Diagrama de flujo	41
3.3.4. Máquina de Estados Finitos	43
4. Implementación	48
4.1. Dispositivos de desarrollo	48
4.2. Herramientas de desarrollo	49
4.2.1. Unity	49
4.2.2. Meta Quest 2	53
4.2.3. Integración de todos los componentes	54
4.3. Audios en Unity	54
4.4. Implementación de los animales	55
4.4.1. Mono Tití	56
4.4.1.1. Componentes del Asset del Mono Tití	56

4.4.1.2. Animator del Mono Tití	57
4.4.1.3. Nav Mesh Agent Mono Tití	59
4.4.1.4. Componente para el sonido del Mono Tití	60
4.4.2. Cóndor	61
4.4.2.1. Componentes del Asset del Cóndor	61
4.4.2.2. Animator del Condor	62
4.5. Aprendizaje sobre los animales en peligro de extinción	64
4.6. Exhibición sobre algunos animales en peligro de extinción: el Mono Tití y el Cóndor	65
5. Validación del Sistema y Resultados	66
5.1. Validación del Sistema	67
5.1.1. Plan de pruebas del sistema	67
5.1.1.1. Pruebas Realizada	68
5.1.1.2. Plan de pruebas: Etapa I	70
5.1.1.3. Plan de pruebas: Etapa II	71
5.1.1.4. Resultados del plan de pruebas Etapa I y II	72
5.1.2. Pruebas con usuarios	79
5.1.2.1. Población escogida	80
5.2. Resultados	82
5.2.1. Resultados específicos	83
5.2.2. Resultados generales	83
5.2.3. Análisis de los resultados	84
5.2.4. Comentarios adicionales y sugerencias	89
5.2.5. Conclusión de los resultados validados	90
6. Conclusiones y Trabajo Futuro	92
6.1. Conclusiones	92
6.2. Trabajo Futuro	93
Bibliografía	95
.1. Anexo A: Resultados Grupo Focal	100

Introducción

Como dice el Papa Francisco en su libro *Laudato Si* sobre el cuidado de la casa común: "Los recursos de la tierra también están siendo depredados a causa de formas inmediatistas de entender la economía y la actividad comercial y productiva. La pérdida de selvas y bosques implica al mismo tiempo la pérdida de especies que podrían significar en el futuro recursos sumamente importantes, [...]. Cada año desaparecen miles de especies vegetales y animales que ya no podremos conocer, [...]. La inmensa mayoría se extinguen por razones que tienen que ver con alguna acción humana. Por nuestra causa, miles de especies ya no darán gloria a Dios con su existencia ni podrán comunicarnos su propio mensaje. No tenemos derecho." [1]

En el extracto de "Laudato Si", se puede ver que en la actualidad el mundo se encuentra en un constante avance. No obstante, gracias a la necesidad de obtener más recursos, se ocasiona un gran impacto para la naturaleza que se ve reflejado en acciones humanas (por ejemplo, en la tala de árboles, como menciona el Ministerio de Ambiente de Colombia en [2]) y en la crisis ambiental que describe García en [3]. Esta crisis ocasiona que los animales que habitan las zonas naturales se vean afectados y mueran muchos de ellos por día. De hecho, esto refleja una problemática de alto riesgo para la sociedad, pues los animales son necesarios para el ecosistema y para la preservación del planeta.

Con respecto a lo anterior, existe una falta de conocimiento en las personas ante el gran impacto ambiental que ocasiona el hecho de producir bienes que se usan para el consumismo. Uno de los efectos secundarios se ve reflejado en que cada vez más, como se ha descrito anteriormente, nos encontramos con especies animales en peligro de extinción. Precisamente, en el periódico colombiano *El Tiempo* [4], se explica lo ya mencionado. Ante esta situación, no se ha logrado que las personas tomen un grado de conciencia alto ante la extinción de los animales [5].

Para poder solventar la falta de conocimiento e interés ante la extinción animal, existen varias formas de solución [6; 7; 8; 9; 10]. Sin embargo, todavía hay pocas soluciones que intentan atacar esta problemática desde la tecnología, a pesar de que esta ha demostrado ser una buena herramienta para generar interés y fomentar el aprendizaje, sobre todo en las nuevas generaciones [11]. Debido a eso, nace la idea de crear un prototipo en realidad virtual que permita, a través de la colaboración entre dos o más usuarios, generar conciencia sobre los animales en peligro de extinción. Esta idea se basa en la elaboración de un safari virtual nombrado como 'ColaboraFariVR' que permita, junto a la colaboración, la resolución de misiones que admitan la exploración y conocer más de los animales en peligro de extinción. De esa manera, se pretende generar conciencia, entendimiento e interés sobre los animales en las personas, más concretamente en los niños.

Capítulo 1

Descripción del Problema

1.1. Planteamiento del Problema

En el mundo, los animales ya no viven tranquilos en su hábitat, pues el ser humano se ha encargado de destruirlo y desplazar a muchas especies a otros lugares que no cumplen con las condiciones adecuadas para su vida. Factores como la caza de especies no miden el impacto en el ecosistema del lugar y, por consiguiente, el impacto ambiental que esto ocasiona. Es por eso que muchas fundaciones, zoológicos, reservas, etc., ayudan a la protección de los animales en peligro de extinción y, a su vez, se encargan de informar a las personas sobre el problema que enfrentan. Esta problemática afecta la biodiversidad a nivel mundial, donde Colombia no es la excepción, a pesar de ser el segundo país con más biodiversidad del mundo [12].

Según investigaciones realizadas por universidades en [3] y [12], algunos factores que han afectado a la extinción de los animales han sido la tala de árboles, la caza de animales y, en general, el desplazamiento de estas especies de su hábitat natural. Además, según un estudio citado en el periódico El Tiempo, “estas perturbaciones ‘episódicas’ (como la caza, los aviones, la actividad militar o el ocio) provocan un cambio global del 35 por ciento en los desplazamientos (aumento y disminución), mientras que modificaciones del hábitat (como talas, agricultura y urbanización) provocan un cambio del 12 por ciento” [4].

Es relevante destacar que existen diversas maneras de sensibilizar a las personas sobre la situación de los animales en peligro de extinción, tales como documentales, zoológicos, safaris, entre otros. A pesar de que los documentales presentan información y casos reales sobre la extinción de animales, así como sus implicaciones para las personas, estas estrategias no son completamente eficaces, ya que no logran modificar la conducta de muchas personas y, por ende, no tienen un impacto significativo.

Por otro lado, los safaris y zoológicos plantean dificultades para que las personas comprendan y valoren realmente la importancia de los animales debido a la falta de interacción con ellos.

Específicamente en los zoológicos [6], generalmente sucede que no se pueden observar los animales comportándose de manera natural debido al poco realismo que pueden ofrecer las condiciones ambientales en las que se encuentran. Por ejemplo, durante la visita es posible que los animales estén descansando en sus áreas, por lo que permanecerían ocultos y los visitantes no podrían visualizarlos. En otras palabras, no se crea un ambiente interactivo que fomente el interés.

Cabe destacar que la falta de concienciación en las personas respecto a los animales representa un gran problema para la sociedad, ya que no se tiene control sobre las acciones que realizan las personas en los hábitats de los animales. Esto provoca que las especies comiencen a desaparecer, y es entonces cuando varios tipos de animales pueden entrar en la categoría de peligro de extinción. En Colombia, según el Ministerio de Ambiente [2], en el año 2021 se cortaron 174.103 hectáreas de árboles, lo cual genera un grave problema para los animales. La gravedad de lo anterior radica en que aparentemente es un factor que no genera preocupación en las personas, a pesar del daño ambiental que se genera.

Gracias al avance tecnológico, se han desarrollado aplicaciones para el campo de la investigación y del entretenimiento que utilizan herramientas como la Realidad Virtual, Aumentada, Mixtas, entre otras. Estas herramientas son utilizadas no solo para el interés personal, sino también para el aprendizaje en entornos educativos o de investigación. Es por eso, que dentro del marco investigativo de este proyecto y teniendo en cuenta las herramientas actuales disponibles para el aprendizaje y la concientización, se propone desarrollar un prototipo de realidad virtual cuyo objetivo es educar a las personas sobre los animales en peligro de extinción, como se puede encontrar en ciertos zoológicos [6]. Este prototipo consistirá en un escenario virtual que permitirá a los usuarios visualizar, interactuar y aprender sobre los comportamientos, gestos e información relevante de los animales. Los usuarios podrán explorar preguntas como dónde viven, de qué se alimentan, por qué están en peligro de extinción, entre otras. Todo esto se llevará a cabo de manera inmersiva, mediante misiones e interacciones diseñadas para que los usuarios interpreten, comprendan y aprendan sobre la situación que enfrentan ciertos animales en peligro de extinción dentro del territorio colombiano, fomentando el aprendizaje en conjunto mediante la colaboración entre pares.

1.1.1. Formulación

¿Cómo desarrollar un safari colaborativo utilizando realidad virtual para favorecer el aprendizaje acerca de los animales en peligro de extinción?

1.1.2. Sistematización

- ¿Cuáles elementos de un safari son adecuados para generar un entorno virtual colaborativo que favorezca el aprendizaje?
- ¿Cómo diseñar un prototipo de un safari colaborativo que use características para favorecer el aprendizaje?
- ¿Qué elementos o características debe tener el prototipo para que las misiones del safari virtual deban ser solucionadas por dos o mas usuarios?
- ¿Cómo implementar un prototipo que permita ser funcional e integrar las características de un safari que sea colaborativo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo en realidad virtual que fomente la colaboración dentro del aprendizaje de los animales colombianos para niños.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estudiar las características de cuatro animales colombianos en vía de extinción para identificar qué elementos de comportamiento, hábitat y apariencia se pueden incluir en un entorno de realidades expandidas colaborativo.
- Diseñar un sistema basado en una narrativa interactiva preexistente que permita la accesibilidad centrado en los niños.
- Implementar el diseño del prototipo utilizando tecnologías de realidad virtual.
- Validar el prototipo implementado.

1.3. Justificación

Este trabajo de grado forma parte del proyecto “Proyecto colaborativo Colombia-Québec: narrativa, realidad virtual y deficiencias sensoriales” del grupo destino, cuyo objetivo es la creación de un safari virtual llamado “ColaboraFariVR” que permita la colaboración entre dos usuarios para tener una mejor comprensión de los animales en peligro de extinción dentro del territorio colombiano de manera interactiva. Se espera que el proyecto sea de ayuda para fomentar el aprendizaje en los niños y generar más conciencia sobre la problemática, utilizando tecnologías y metodologías innovadoras para su desarrollo.

En Colombia, a pesar de ser el segundo país con más biodiversidad en el mundo, se enfrenta a serios problemas de pérdida de la misma. Dicha pérdida se evidencia, por ejemplo, en formas de extinción de especies y deforestación, que causan pérdidas irreversibles al ecosistema. Se hace notar entonces que la seguridad de las especies de animales autóctonas colombianas se ve afectada por la falta de educación e interés ante dicha problemática.

Ante esta situación, existen ciertas soluciones que van desde espacios físicos de protección animal donde el ser humano puede aprender de ellos (zoológicos, safaris) hasta espacios virtuales donde no hay necesidad de un espacio físico (zoológicos virtuales, juegos). Dichas soluciones no se concentran específicamente en una interacción directa con los animales, sino más bien en adquirir conocimiento de manera tradicional (leer o escuchar la información mientras ves los animales sin interactuar). En otras palabras, somos un agente pasivo a la hora de aprender sobre los animales, su importancia y el peligro que conlleva la extinción de los animales para el planeta y el ser humano.

Para resolver de cierta manera la falta de interés y de educación ante la problemática, se propone usar la tecnología de realidad virtual, que ha demostrado ser una buena herramienta para el aprendizaje [6; 11] y de esta manera ayudar a generar más impacto e interés dentro de las personas, fomentando también la colaboración y el aprendizaje en conjunto.

1.4. Alcances y Limitaciones

El proyecto consistirá en un prototipo funcional en realidad virtual que contenga dos animales, de los cuatro que han sido desarrollados en proyectos anteriores de índole similar. Es importante destacar que estos dos animales seleccionados han sido objeto de un mayor estudio y cuentan con animaciones específicamente diseñadas para su uso en las interacciones del prototipo. Para el diseño y la construcción del prototipo, se utilizará el motor de videojuegos Unity, que ofrece numerosas características útiles a nivel tecnológico para la implementación de elementos como el desarrollo espacial y del entorno (objetos para interactuar en la realidad virtual).

El diseño del prototipo busca que dos usuarios colaboren entre sí mediante la interacción en un entorno virtual y real, donde uno opera dentro de un mundo digital y el otro utiliza un manual en el mundo físico. Esta dinámica promueve la colaboración a través de desafíos y misiones que conducen al aprendizaje, tomando como inspiración el juego 'Keep Talking and Nobody Explodes.'

Este proyecto está dirigido a los niños como usuarios objetivos, ya que se pretende fomentar el aprendizaje de manera innovadora e interactiva. Además, está destinado para su uso dentro del Instituto para Niños Ciegos y Sordos, el cual es un aliado de la Universidad Javeriana y del semillero de Problemas en Computación, donde nace este proyecto. El instituto es un aliado importante para proporcionar apoyo y recomendaciones para la realización de este prototipo.

1.4.1. Entregables

Al finalizar el proyecto se hará entrega de lo siguiente:

- Documento de tesis con el diseño y la planificación del entorno virtual colaborativo, así como el registro de lo realizado y los problemas que se hayan presentado durante el desarrollo.
- Documento que se usará como manual de guía colaborativo para el usuario que no esté usando el dispositivo de realidad virtual.
- Prototipo funcional en realidad virtual del safari colaborativo.

Capítulo 2

Desarrollo del Proyecto

2.1. Marco de Referencia

2.1.1. Áreas Temáticas

De acuerdo al sistema clasificación computacional ACM, las áreas temáticas que abarca el proyecto se muestran en la Figura 2.1

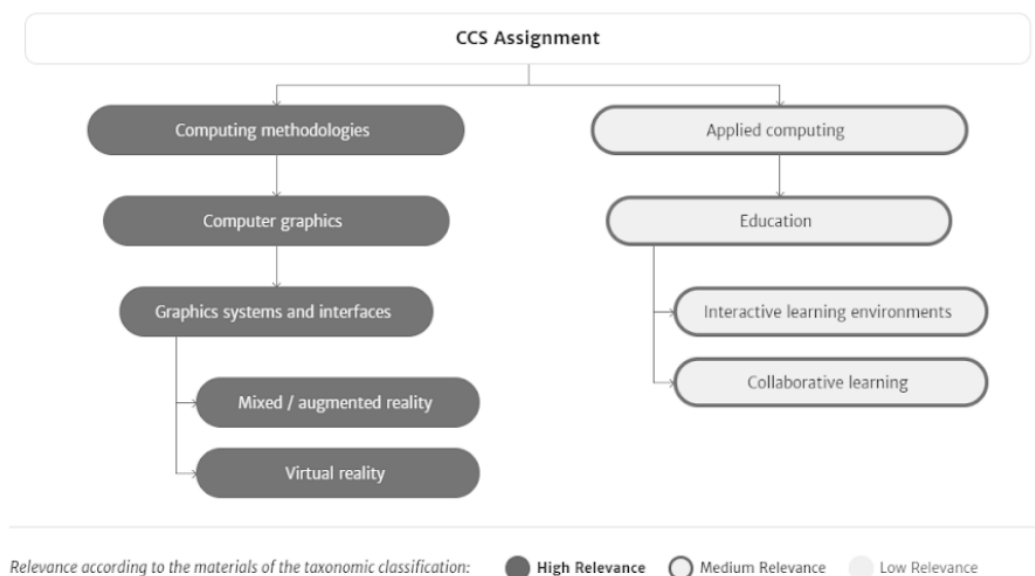


Figura 2.1: Clasificación computacional ACM

2.1.2. Marco Teórico

La realidad virtual ha sido objeto de estudio desde la década de los 50; sin embargo, no fue hasta el año 1989 que se observó la primera unión entre la educación y la tecnología de RV [15]. Siguiendo esta tendencia, dentro del marco de este proyecto se utilizará la tecnología de RV y una narrativa interactiva para crear un prototipo funcional cuyo objetivo es enseñar a los niños sobre los animales en peligro de extinción, promoviendo un aprendizaje colaborativo que les permita aprender en conjunto. Para lograr el objetivo de este proyecto, es necesario definir ciertos conceptos clave, entre los que se encuentran la definición de metaverso, los distintos tipos de realidades que van desde el mundo real hasta la virtualidad, y la narrativa interactiva, entre otros.

2.1.2.1. Metaverso

Definición: El metaverso, según lo define Park et al. [9], es un espacio virtual que reúne a varios usuarios simultáneamente con el propósito de ofrecer un servicio de contenido extenso con fines sociales. Este concepto, a diferencia de la creencia común, no está asociado con una tecnología específica (realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta, etc.), sino que agrupa varios tipos de interfaces computacionales (realidad virtual, realidad aumentada, computadoras, dispositivos móviles, entre otros) con el objetivo de, como se mencionó anteriormente, brindar servicios que, entre tantas posibilidades, pueden ser utilizados para el aprendizaje colaborativo.

2.1.2.2. Actual reality/virtaul continuum

Definición: El continuo real/virtual es una forma de percibir el mundo, diferenciando entre la realidad y lo virtual. En él se pueden observar las distintas perspectivas que existen para comprender los conceptos de realidad computacional, los cuales conectan el mundo físico y virtual con sus respectivos grados de realidad. En el texto de Farshid et al. [8], se explica cómo la realidad está compuesta por objetos tangibles (es decir, elementos físicos) y objetos virtuales que son reales pero no pueden ser tocados. Como ejemplo de tales objetos se mencionan a Alexa o Siri, los cuales son objetos intangibles pero reales, y por lo tanto, se puede interactuar con ellos. Gracias a lo anterior, se define un nuevo concepto que es lo posible (referido a toda construcción imaginaria de una idea), que combinado con el grado de realidad de los objetos virtuales existentes, nos introduce en uno de los diferentes grados de virtualidad que se definirán a continuación. (Un resumen de estos conceptos se encuentra en la figura 2.2 extraída del texto de Farshid).

- **Realidad Aumentada (AR):** La realidad aumentada, como menciona Farshid et al. [8], se refiere a la integración de información digital sobre objetos del mun-

do real con la finalidad de enriquecer la experiencia del usuario al añadir una capa digital accesible a las personas, sin olvidar que se está en el mundo físico. Para cumplir con dicho objetivo, se necesita el uso de dispositivos tecnológicos como smartphones, gafas inteligentes, tablets, entre otros, que permiten visualizar las capas digitales que se presentan de manera sensorial (sonido, vídeo, gráfico, etc.) o como datos de información.

- **Realidad Virtual (VR):** La Realidad Virtual, según la definición de Zheng et al. [10], es una interfaz muy avanzada entre humano y computador que simula un entorno real de forma virtual. En otras palabras, la VR busca recrear un entorno programable de cualquier contexto, donde la persona se sumerge completamente cambiando su realidad por otra. Además, el entorno de VR se concibió con la idea de transportar al usuario físico a otro espacio virtual que estimule los sentidos, generalmente la visión y el oído. Esto se logra mediante estímulos en el cerebro para que interprete un nuevo entorno distinto al real. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, en realidad, el usuario sigue estando en el mismo espacio físico que ocupaba antes de utilizar el dispositivo de RV.
- **Realidad Mezclada:** En el texto de Farshid et al. [8], se explica que la Realidad Mixta es la unión de la Realidad Virtual (VR) con el mundo real. En otras palabras, se trata de combinar la posibilidad de mezclar ambos mundos en uno, creando nuevas experiencias, objetos y sensaciones. Se menciona como ejemplo el juego Pokémon Go para ilustrar el concepto de Realidad Mixta, ya que el juego logró integrar un personaje virtual al mundo real, rompiendo la barrera entre la realidad y la fantasía con el objetivo de experimentar el mundo imaginario de Pokémon en el mundo físico.
- **Realidad Expandida:** La realidad expandida es un concepto similar a la realidad mixta, pero difiere en el grado de realidad que se experimenta. Mientras que en la realidad mixta se prioriza el mundo real al añadir elementos ficticios dentro de él, en la realidad expandida ocurre lo contrario. Es decir, busca añadir construcciones virtuales de objetos reales, como personas o edificaciones, dentro de un mundo ficticio. Así, a diferencia de la realidad mixta, donde se introducen objetos ficticios al mundo real, en la realidad expandida o virtualidad aumentada se busca integrar representaciones digitales del mundo real. [8]
- **Virtualidad:** El concepto de virtualidad se refiere a lo opuesto de la realidad. Esto significa que es un espacio compuesto totalmente por escenarios ficticios, ya sean posibles o imposibles. Esto no implica que no se puedan representar elementos del mundo real, pero sí indica que la representación no será com-

pletamente fiel a la realidad, lo que distingue la virtualidad de la realidad virtual.

Reality	Augmented Reality	Virtual Reality	Mixed Reality	Augmented Virtuality	Virtuality
The actual world that we experience with all of our senses.	Information and data overlaid on top of the actual world.	A complete digital representation of the actual world.	The introduction of possible elements into an actual world.	The introduction of actual elements into a possible world.	An imaginary world that mostly follows the rules of the actual world.
An actual house.	A realty app provides details of an actual house.	A 3D image of actual furniture. A virtual tour of an actual house.	Simulation of different furniture, virtual or new, in an actual house.	Staging of actual furniture in a new house.	A 3D model for a new house or of new furniture.
Key concept: Physical co-presence of people and objects.	Key concept: Add utility to physical co-presence.	Key concept: Enable perceived presence and full immersion.	Key concept: Adaptation of actual scenarios.	Key concept: Participation in possible scenarios.	Key concept: Vision of a completely different world.

Real

Possible

Actual Reality Continuum

Virtual Reality Continuum

Figura 2.2: Tipos de Realidades Computacionales [8]

2.1.2.3. Aprendizaje Colaborativo

Definición: El aprendizaje colaborativo, según la Universidad EIA en Antioquia, Colombia [13], consiste en la consolidación del aporte individual de cada persona dentro de un grupo mediante técnicas y dinámicas grupales que favorecen el aprendizaje colectivo. Este proceso implica asumir la responsabilidad individual del aprendizaje con el fin de contribuir a los objetivos del grupo. Todo esto se logra a través de una comunicación respetuosa que facilite el intercambio de conocimientos para desarrollar una tarea y construir conocimiento de manera conjunta.

2.1.2.4. Narrativa Interactiva

Definición: Las narrativas interactivas son aquellos tipos de historias que requieren una respuesta directa del usuario que está interactuando con ellas (espectador). Esto puede darse a través de acciones físicas, clics, desplazamientos, interfaces de voz y ventanas emergentes. Esta forma narrativa guía a los usuarios a interactuar con la historia para avanzar en su desarrollo; es decir, la continuación de la historia depende de las acciones que realicen los usuarios. Un ejemplo son los cuadros de diálogo en los videojuegos, donde para avanzar en la trama, el jugador debe elegir

entre diversas opciones proporcionadas, pulsar un botón o realizar una actividad específica indicada por el juego. La narrativa interactiva otorga al usuario el control y la capacidad de decidir cómo continuar la historia que ha sido diseñada [16].

2.1.2.5. Body ownership

Definición: El concepto de "Body ownership" se refiere a la ilusión de hacer que extremidades falsas se perciban como reales. Para lograr este efecto, se engaña al cerebro mediante técnicas de manipulación del tacto que incluso permiten que las extremidades adicionales se sientan reales [21]. Este mismo concepto puede extenderse a cuerpos virtuales, dando lugar a un nuevo concepto conocido como "Virtual Body Ownership".

- **Virtual Body Ownership:** Al igual que el concepto de "Body Ownership", el "Virtual Body Ownership" se refiere a la capacidad de hacer que un cuerpo virtual se sienta como una extensión del cuerpo real de la persona. Para lograr este efecto, Slater et al. [21] explican que las perspectivas juegan un papel importante dentro del "Virtual Body Ownership", lo cual reemplaza la necesidad de técnicas táctiles. Esta característica también se ha comprobado que es efectiva al trabajar con personajes no humanoides, como explican Krekhov et al. en [19]. En dicho trabajo, se proponen diferentes modos de control de avatares animales en VR para medir el nivel de "Virtual Body Ownership". Estos modos difieren en dos vistas principales, que son la primera persona (FPM) y la tercera persona (TPM). (Un resumen de dichos modos se puede ver en la Figura 2.3).

Modos de control

- **First Person Mode:**
 - **Full Body (FB):** Mapear los movimientos de las personas al avatar virtual del animal implica que, dependiendo de las características propias de los animales, es necesario crear distintas formas de mapeo con las extremidades. Por ejemplo, en el trabajo de Krekhov et al. [19], se explica que si se desea controlar un avatar arácnido, se puede lograr que los brazos muevan las patas delanteras mientras que los pies muevan cada uno tres patas.
 - **Half Body (HB):** Al igual que el modo FB, el modo FPM mapea los movimientos de las personas al avatar virtual, pero con la diferencia de que solo la parte inferior del cuerpo de la persona moverá al avatar. Esto permite que durante la experiencia de realidad virtual (VR) se pueda estar de pie. Por ejemplo, Krekhov et al. [19] explican que para

simular el movimiento de un tigre, la pierna izquierda de la persona moverá ambas extremidades izquierdas del avatar del tigre, mientras que la pierna derecha moverá las extremidades derechas.

- **Third Person Mode:**

- **Avatar Sticks to Cam (3CAM):** El avatar animal se encuentra frente al jugador. Este avatar, dependiendo del movimiento de la persona, se moverá o rotará, pero con la característica de que siempre mantendrá la vista hacia adelante por defecto. [19]
- **Agent Navigation (3NAV):** El comportamiento es similar al del modo 3CAM; la diferencia radica en que el avatar animal estará mirando hacia la persona y, por ende, se moverá de manera que parezca que el avatar la sigue. [19]
- **Cam Follows Avatar (3FOL):** El modo estándar de movimiento, similar al utilizado en los juegos clásicos, implica que la persona se convierte en la cámara que sigue al avatar. Por lo tanto, los movimientos de la persona no moverán al avatar, sino la cámara. Esto significa que los movimientos de la persona trasladarán la cámara de tal manera que la traslación y rotación sean alrededor del avatar. [19]

Control Modes		
FB: Full Body (FPM). Player posture is mapped to the whole virtual body. Mapping depends on the animal, see Figures 2-5 for details.	HB: Half Body (FPM). Lower body mapped to all limbs of an animal, e.g., moving the left leg triggers movements of the two left limbs of a tiger. Compared to FB, players remain in an upright posture for tiger and spider.	3CAM: Avatar Sticks to Cam (TPM). The avatar is in front of the player (cf. Figure 12) and translated in sync upon player movement or rotation. A default walking animation is applied and the avatar always looks forward.
3NAV: Agent Navigation (TPM). Similar to 3CAM, but avatar walks towards the target on its own, leading to a more natural movement and rotation	3FOL: Cam Follows Avatar (TPM). Default TPM known from non-VR games. Player “is a cam” that follows the avatar. Player rotation triggers cam translation and rotation around the avatar.	

Figura 2.3: Modos de Control para VBO en tecnología VR [19]

2.1.2.6. Gamificación

Definición: Según Kurniawan et al. [20], la gamificación se refiere al uso de elementos, mecánicas y diseño de juegos dentro del ambiente educativo con la finalidad de motivar y comprometer al estudiante dentro del proceso de aprendizaje. Existen varios elementos para llevar a cabo la gamificación, siendo los más utilizados: puntos de juego, medallas, tabla de posiciones, barra de progresos, niveles, etc.

2.1.3. Trabajos Similares

2.1.3.1. Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns [17]

Este trabajo trata sobre un proyecto de tecnología educativa llamado “Quest Atlantis”, el cual es un espacio virtual para la enseñanza inmersiva donde se fomenta el aprendizaje al asumir un rol dentro de la propia narrativa del juego. Dicha narrativa consiste en recuperar el conocimiento perdido de Atlantis a través de una serie de misiones educativas, donde el usuario final (niños entre 9 y 12 años) interactúa con otros personajes conocidos como mentores (administradores, alumnos mayores, profesores) o entre ellos para fomentar el aprendizaje académico y social.

La relación de este trabajo con el proyecto propuesto radica en la característica de que se crea un entorno virtual educativo que pretende, a través de la gamificación, educar a los niños. La gran diferencia entre los dos proyectos radica en que la colaboración en “Quest Atlantis” no es fundamental, mientras que en “ColaboraFariVR” es un punto principal.

2.1.3.2. Virtual Reality for Education? [6]

Este trabajo trata sobre una propuesta de “Zoo Atlanta” para educar a jóvenes sobre el comportamiento de los gorilas dentro de un ambiente real usando la tecnología de VR. En otras palabras, en el trabajo de Don Allison & Hodges se propuso usar la tecnología para que los jóvenes aprendieran de primera mano el comportamiento de los gorilas dentro de su propia comunidad. Esto se debe a que en las visitas locales al zoológico la observación no era suficiente para entender el estilo de vida de estos animales. Además, este trabajo mostró que estas herramientas son una buena propuesta para el aprendizaje.

La relación de este trabajo con el proyecto propuesto radica en la creación de un entorno virtual que permite relacionarse con los animales de manera interactiva, lo cual es fundamental para el proyecto “ColaboraFariVR”.

2.1.3.3. Mad City Mystery: Developing Scientific Argumentation Skills with a Place-based Augmented Reality Game on Handheld Computers [18]

Este trabajo trata sobre una propuesta de AR en dispositivos de mano para fomentar la argumentación a través del juego “Mad City Mystery”. En el juego, se tiene una narrativa que consiste en asumir un rol dentro de ella (detective, científico, policía, etc.) para resolver un asesinato. Lo anterior se logra mediante la discusión entre los participantes y descubriendo pistas en el entorno. Para cumplir este fin, se debe tener un buen entendimiento de la profesión de tu propio personaje para desarrollar habilidades de investigación y argumentación.

La relación de este trabajo con el proyecto propuesto radica en la narrativa que obliga al estudiante a interactuar con otros para lograr un fin determinado, característica vital para el desarrollo del proyecto “ColaboraFariVR” y su componente colaborativo.

2.1.3.4. VR Animals: Surreal Body Ownership in Virtual Reality Games [19]

Este trabajo trata sobre un estudio de los modos de control para VBO que existen a la hora de transferir el cuerpo humano a un avatar no-humanoide en VR (ver Figura 2.3). Los resultados mostraron que ciertas visiones, principalmente las FB, resultaron ser adecuadas en promedio para sentir que el cuerpo virtual era el propio. No obstante, se observó un agotamiento significativo al manejar el cuerpo, ya que las mecánicas resultaban agotadoras al tener que emular los movimientos de los animales en la realidad.

La relación de este trabajo con el proyecto propuesto radica en el comportamiento que existe a la hora de crear un avatar animal dentro de la tecnología VR, un punto importante que será utilizado dentro de “ColaboraFariVR”.

Capítulo 3

Metodología, Análisis y Diseño

3.1. Metodología

Para la realización de esta investigación, se optó por emplear la metodología ágil SCRUM. Esta metodología, definida en el manifiesto de Scrum [22] como “Scrum es un marco de trabajo liviano que ayuda a las personas, equipos y organizaciones a generar valor a través de soluciones adaptativas para problemas complejos”, permitió la elaboración de este proyecto al dividirlo en Sprints (entregas con un rango de tiempo) que facilitaron la creación del prototipo y la identificación de problemáticas y errores que surgieron con el tiempo.

Considerando lo anterior, es necesario definir las metodologías ágiles para comprender las dinámicas y el propósito que llevó a su uso. Se puede observar en el Manifiesto Ágil [23] que estas metodologías están diseñadas para proyectos con requisitos cambiantes y poco definidos, enfocados en generar valor y un software funcional que pueda mejorarse a lo largo del tiempo. En este caso, se definieron algunos requisitos derivados de los objetivos establecidos en el Capítulo 1, Sección 2, que proporcionaron una guía de trabajo para desarrollar valor en el proyecto, teniendo en cuenta su finalidad: un prototipo de desarrollo de software. Por esta razón, toda la investigación y elaboración del proyecto siguieron las prácticas de desarrollo de software ágil, incluyendo etapas como diseño, pruebas, validación, despliegue y revisión.

3.1.1. Etapas del proyecto

La elaboración del proyecto se dividió en varias etapas definidas a continuación:

- **Requerimientos:** Planificación de las características, objetivos y funcionalidades del prototipo definidas por el tutor de tesis y nosotros.

- **Diseño:** Estructuración y realización de los diagramas, estructuras y conceptos del prototipo en VR.
- **Pruebas:** Las pruebas del sistema y los resultados obtenidos de la implementación bajo unos criterios de calidad definidos.
- **Revisión:** Repetición de las etapas anteriores en caso de encontrar algún problema o para elaborar un prototipo más robusto a partir de mejores ideas e implementaciones.

3.1.2. Tipo de Estudio

El proyecto es un estudio exploratorio, ya que pretende ser una fase preliminar (prototipo) para crear una herramienta novedosa que, a través de la colaboración, fomente el aprendizaje y pueda ser utilizada en futuros estudios más profundos sobre el tema.

Para el desarrollo del prototipo, se siguió la metodología SCRUM, donde a través de Sprints se permite ir generando valor al proyecto, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, desde la investigación hasta la elaboración del prototipo.

3.1.3. Lista de Actividades

A lo largo del desarrollo del prototipo, se llevaron a cabo una serie de actividades para cada objetivo establecido al principio de la investigación. Estas actividades consistieron en:

- Objetivo 1:
 - Se tomó información de páginas o bases de datos oficiales del Gobierno Colombiano sobre los animales.
 - Se validaron y analizaron las características de los animales (comportamiento, hábitat, apariencia e interacciones).
 - Se simulaban las características en los entornos de realidades expandidas.
- Objetivo 2:
 - Se seleccionó la mejor narrativa que se adecuara al contexto de la investigación y funcionara para los niños con las condiciones mencionadas.
 - Se diseñó una estrategia para la colaboración de varios usuarios en el entorno (misiones, actividades, rutas, entre otros).

- Se juntaron las estrategias de la actividad 2 con la narrativa de la actividad 1 para vincular a todas las personas en el cumplimiento de las misiones.
- Se diseñó la estructura del prototipo para el entorno virtual.
- Objetivo 3:
 - Se seleccionaron las tecnologías de realidades expandidas que se pueden usar para implementar el sistema diseñado.
 - Se implementó la estructura del prototipo en la tecnología de realidad expandida seleccionada.
 - Se programó e implementó la narrativa en el prototipo.
 - Se ajustaron las estrategias de colaboración con respecto a la narrativa en el prototipo.
- Objetivo 4:
 - Se realizaron pruebas para encontrar errores y problemas existentes en el prototipo.
 - Se realizaron pruebas para evaluar el funcionamiento del sistema con respecto al cumplimiento de la narrativa.
 - Se realizaron pruebas para evaluar si el objetivo principal cumplía con el propósito educativo para las personas que usaron el prototipo.

3.1.4. Metodología SCRUM aplicada en el proyecto

Basándonos en las tareas mencionadas previamente y siguiendo la metodología Scrum definida al inicio de este capítulo, el proyecto se ejecutó en 9 sprints. Cada sprint tuvo una duración aproximada de 20 días. En algunos casos, se amplió la duración del sprint debido a compromisos académicos u otras limitaciones de tiempo para completar las tareas, con el fin de reducir la cantidad de sprints y priorizar las actividades planificadas.

- **Sprint 1:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones:
 - Investigar artículos e información relacionados con safaris virtuales aplicados en realidades extendidas.
 - Analizar el comportamiento, información y características de los animales utilizados para este proyecto.

- Analizar y experimentar con el entorno de demostración (proporcionado por la Pontificia Universidad Javeriana Cali) y con sus assets.
- Probar el funcionamiento del mundo de demostración con los visores de realidad virtual Meta Quest 2.
- **Sprint 2:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones (este sprint se extendió 5 días más por problemas al elaborar el nuevo terreno):
 - Diseñar el terreno virtual donde se desarrollarán las interacciones de los animales.
 - Analizar y experimentar con las funcionalidades de los animales importados en el entorno de demostración (código, interacciones, errores, entre otros).
- **Sprint 3:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones:
 - Elaborar la narrativa para las interacciones del espacio virtual.
 - Diseñar la estructura de la primera interacción.
 - Diseñar la sincronización de las interacciones que se planearon en el proyecto.
- **Sprint 4:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones:
 - Aplicar las correcciones propuestas en la narrativa de las interacciones.
 - Desarrollar el entorno de la interacción del Mono Tití (assets, rutas, diálogos, objetos, entre otros).
 - Desarrollar e la guía del safari que acompaña a los usuarios en el mundo virtual (diálogos y diseño de interfaz).
- **Sprint 5:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones (este sprint se extendió 5 días más por problemas al elaborar el nuevo terreno):
 - Desarrollar y corregir aspectos del entorno de la interacción del Mono Tití (assets, rutas, diálogos, objetos, entre otros).
 - Desarrollar y corregir el guía del safari que acompaña a los usuarios en el mundo virtual (diálogos y diseño de interfaz).
- **Sprint 6:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones:
 - Sincronizar los diálogos del guía del safari con la interacción del Mono Tití.

- Diseñar la interacción del Cóndor.
- Desarrollar y corregir el guía del safari que acompaña a los usuarios en el mundo virtual (diálogos y diseño de interfaz).
- Probar y validar la interacción del Mono Tití y revisar posibles errores.
- **Sprint 7:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones:
 - Sincronizar y corregir los diálogos del guía del safari con la interacción del Mono Tití.
 - Desarrollar la interacción del cóndor (espacio en el mundo virtual, objetos, animaciones, interacciones, entre otros).
 - Corregir errores de sincronización general del guía del safari y mejorar el sistema de recompensas (trofeos o medallas en la interfaz gráfica).
 - Reorganizar el archivo general del proyecto cambiando assets, objetos y componentes.
- **Sprint 8:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones (este sprint se extendió 5 días más por problemas al elaborar el nuevo terreno):
 - Desarrollar y corregir la interacción del cóndor (espacio en el mundo virtual, objetos, animaciones, interacciones, entre otros).
 - Sincronizar los diálogos del guía del safari con la interacción del Cóndor.
 - Probar y validar la interacción del Cóndor y revisar posibles errores.
 - Diseñar la guía para el usuario que esté en el mundo real sin usar las gafas de VR para ayudar y colaborar con el otro jugador que se encuentra inmerso en este.
- **Sprint 9:** En este sprint se realizaron las siguientes asignaciones (este sprint se extendió 5 días más por problemas al elaborar el nuevo terreno):
 - Sincronizar los diálogos del guía del safari con la interacción del Cóndor.
 - Probar y validar la interacción del Cóndor y revisar posibles errores.
 - Validar que todo el proyecto en general funcione bien sin errores críticos y que cada una de las interacciones funcione bien en conjunto y por separado.

Como se puede observar, anteriormente se definieron la forma en la que se realizaron los sprints y todas las tareas elaboradas. Sin embargo, en varios sprints se tuvo que

ampliar el tiempo de entrega y repetir varias actividades, ya que se encontraron errores al momento de hacer las pruebas y validaciones del sistema.

3.2. Análisis del proyecto

Durante el desarrollo e investigación del proyecto, se realizaron hallazgos y avances muy significativos para nuestro aprendizaje sobre realidades extendidas, animales en peligro de extinción y, no menos importante, la habilidad para solucionar problemas. Sin embargo, también enfrentamos varios retos que complicaron el desarrollo del proyecto. No obstante, mediante el análisis y la comprensión de la investigación, pudimos ofrecer soluciones, dejando margen de mejora.

Es importante recalcar que el proyecto surge debido a la tendencia cambiante del aprendizaje. En otras palabras, el aprendizaje en el mundo está evolucionando, y por eso muchos profesores e investigadores están utilizando la gamificación como una herramienta fundamental [24]. En este contexto, se ha identificado un panorama muy interesante que combina las realidades extendidas y la educación. El propósito de esta combinación es acercar al ser humano a experiencias virtuales que simulen la realidad de la manera más precisa posible. Por ejemplo, López [25], presentó un juego serio llamado ScrumVR, el cual intenta mostrar los conceptos clave de la metodología ágil scrum mediante una experiencia interactiva que simula la primera semana de trabajo. Estas experiencias son distintas pero igualmente interesantes para las personas, y pueden ser útiles también para los niños [17]. Es por esto que, como resultado, se decidió enfocar el proyecto en el desarrollo de un prototipo en VR que pudiera acercar a niños, jóvenes y adultos al aprendizaje consciente sobre los animales en peligro de extinción mediante la gamificación y la tecnología.

Teniendo en cuenta lo anterior y los sprints mencionados previamente, se decidió hacer énfasis en el diseño del prototipo durante los sprints 1-3. Esto implicó avanzar desde la narrativa hasta la estructuración de todo el mundo virtual, incluyendo su funcionamiento e interacción con los usuarios. Posteriormente, se llevó a cabo el desarrollo del prototipo virtual en los sprints 4-9, durante los cuales se abordaron problemas e inconvenientes que surgieron durante el proceso de desarrollo. Es importante destacar que uno de los mayores desafíos fue diseñar las interacciones de los usuarios y vincularlas con los dispositivos de VR.

3.2.1. Aprendizaje con realidades extendidas

Anteriormente se mencionó que la gamificación tuvo resultados positivos en la educación [6; 9; 15; 17; 18; 20; 24; 25; 26]. Sobre todo, se destacó que se pudo mejorar este enfoque basándose en la experiencia de cada persona inmersa en los procesos.

Por esta razón, el objetivo del prototipo que se está desarrollando en este proyecto es contribuir con una herramienta para el aprendizaje a través de la gamificación, en lugar de proporcionar una solución definitiva. Los resultados mostrarán qué tan efectivo es y qué aspectos deben mejorarse para desarrollar un sistema más sólido.

Además, como se puede ver en [26], las realidades extendidas permiten aumentar la capacidad de percepción de las personas, pues el nivel de inmersión es mayor y, por lo tanto, permite generar un concepto de profundidad en el entendimiento de las interacciones. Estimula al cerebro para que tenga un mayor grado de concentración y retenga mayor información. Por esta razón, establece un buen indicador como método de educación, ya que sugiere que las personas pueden aprender y retener más información sobre un tema utilizando estos dispositivos. Esto genera un nuevo nivel de cognición para las personas y permite mayor accesibilidad para todos, pues enseña un mismo tema a diferentes personas de manera innovadora, interactiva y flexible.

3.2.2. Animales en peligro de extinción en Colombia y realidad virtual

Durante la elaboración de este proyecto, fue importante desde el principio entender cuál era la problemática a tratar durante la investigación. Gracias al profesor Andrés Navarro, se encontró una temática que se pudo abordar desde el ámbito social y tecnológico, mezclando también otras áreas como la educación y la preservación de los animales en Colombia. Es por eso que el análisis que se hace en esta investigación es cómo está relacionado el aprendizaje sobre los animales en peligro de extinción y la realidad virtual como posible aporte a una solución de este tema.

Al principio de este documento se ha abordado la discusión sobre los factores que han afectado a los animales y los han puesto en peligro de extinción. Colombia no ha sido una excepción, como se puede observar en [3; 4; 12]. No obstante, se han propuesto ciertas soluciones a esta problemática, tal como se evidencia en [2; 7; 14]. Algunas de estas soluciones han utilizado la tecnología como medio de divulgación y para concienciar a las personas. Es por ello que, considerando los beneficios que aporta la tecnología en la educación sobre este tema [6; 7], si se desea analizar el efecto que tienen los animales en peligro de extinción en el ecosistema y en las personas, entonces la tecnología, más específicamente la tecnología de realidades extendidas, puede ser una herramienta invaluable. Como se ha demostrado anteriormente, las realidades extendidas permiten a las personas estimular de manera cognitiva el cerebro para interpretar estímulos sensoriales y fortalecer la concentración para entender este fenómeno. Es decir, se puede lograr un aprendizaje profundo sobre la problemática de los animales de manera interactiva.

3.2.3. Investigación de los animales en peligro de extinción

Previamente, en la sección [1.2.2](#), se habló de un objetivo específico importante en la investigación, que es la recopilación de información sobre características de los animales en peligro de extinción. Para lograr este objetivo, se obtuvieron los assets desarrollados en otros proyectos de la misma índole. Además, se utilizaron unas historias cortas (también desarrolladas en otros proyectos) que sirvieron de base para generar las mecánicas en los niveles. La historia corta del mono tití se basó en llevar a un mono perdido a reunirse con su familia y alimentarlos con su comida favorita, el tomatillo. Mientras que la historia corta del cóndor se centró en enseñarle a un cóndor bebé a volar.

En adición, se realizó una investigación en Internet a través de páginas como National Geographic u organizaciones de protección de animales, lo cual sirvió como guía para realizar la narrativa interactiva que derivó en los diálogos, junto con la información de las historias del manual. En los siguientes apartados se explicará a fondo cómo se desarrolló esta investigación por animal y lo que se recolectó.

3.2.3.1. Mono Tití

Como se mencionó anteriormente, la información para poder entender el comportamiento de los monos titís se obtuvo de páginas como National Geographic o de organizaciones de protección de animales [\[27\]](#) ; [\[29\]](#). A continuación, se detallará la información recolectada que fue utilizada dentro del prototipo y el manual.

- **Viven en las selvas:** Los monos titís viven en las selvas que se extienden desde Paraguay hasta Guyana, también se ubican en Costa Rica y Panamá. Esta información fue de vital relevancia para desarrollar el terreno donde se ubicaría el nivel del tití.
- **Son pequeños:** Los monos titís miden unos 20 centímetros más o menos, por lo que son capaces de caber en la palma de las manos. Esta información sirvió para tener una idea de cómo debían ser los monos dentro del prototipo. Según la mecánica del nivel descrita anteriormente, se decidió que el mono perdido siguiera estas especificaciones.
- **Son muy protectores con su grupo:** Los monos titís tienen una estructura familiar compleja, lo que los hace muy protectores con su grupo y agresivos con otros. Esto dio la idea de hacer que dentro del mundo virtual los monos atacaran cuando el pequeño no estuviera con su grupo familiar.
- **Son territoriales:** Los monos titís son territoriales y suelen marcar sus zonas con excremento. Esta característica dio la idea del proyectil a usar como ataque dentro del mundo.

- **Son omnívoros:** Los monos titís suelen comer frutas y ciertos tipos de insectos. Esto los hace vitales para el ecosistema porque son un elemento de dispersión de semillas en la selva. Además, con sus heces, al digerir las frutas, generan un gran fertilizante. Esta idea, junto con la historia corta descrita anteriormente, generó la manera de ganar el nivel al alimentar con tomatillos a los monos de la familia del tití.
- **Destrucción de su hábitat natural:** Una de las principales causas por las que el tití está en peligro de extinción es la destrucción de su hábitat. Esta causa es la principal razón por la que se quiere enseñar sobre el mono tití. De esto nació gran parte de la historia contada por Manuela dentro del mundo y la historia del manual.

3.2.3.2. Cónдор

La información sobre el cónдор, al igual que la del mono tití, se obtuvo de páginas de internet como National Geographic, fundaciones de protección al cónдор e información de portales oficiales de gobiernos como los de Argentina [30; 31; 32]. Al igual que con el mono tití, a continuación se detallará la información recolectada y cómo fue utilizada dentro del prototipo.

- **Viven en los Andes:** El cónдор es un ave autóctona de la cordillera de los Andes. Esta información fue de vital importancia para desarrollar el contexto del mundo donde se llevará a cabo el nivel del cónдор.
- **Ave voladora más grande del mundo:** El cónдор Andino se destaca por ser el ave voladora más grande del mundo. Cuando sus alas se extienden, éstas llegan a medir 3 m de largo. Esta característica fue vital para desarrollar la mecánica principal del nivel. A diferencia del nivel del tití, cuya mecánica fundamental era alimentar a los animales, en este nivel la manera de ganar el juego es visualizar al cónдор volar por su hábitat enseñándole a volar.
- **Símbolo nacional:** El cónдор es un símbolo nacional en varios países de Latinoamérica (Colombia, Chile y Ecuador) por donde se extiende la cordillera de los Andes. Esta información resalta la importancia de aprender sobre el cónдор, ya que es un símbolo de fuerza y libertad.
- **Carroñeros:** El cónдор se alimenta principalmente de carroña y no se dedica a cazar. Esto significa que no mata animales como el ganado, sino que se encarga de consumir los restos de animales muertos, previniendo la propagación de enfermedades y manteniendo el equilibrio natural en su hábitat. Es importante conocer esta información, ya que debido a esta razón, el cónдор tiene una mala reputación en las granjas, siendo considerado responsable de la muerte del

ganado cuando la realidad es diferente.

- **Peligro de extinción:** El cóndor es un animal en peligro de extinción debido a causas humanas como la deforestación, urbanización y expansión agrícola. Además, como se mencionó anteriormente, tiene una mala fama entre los agricultores, lo que aumenta su caza furtiva e ilegal a pesar de existir leyes preventivas en varios países.

Varios de los puntos mencionados anteriormente fueron usados para crear la historia narrativa contada por Manuela dentro del prototipo. Además, mucha de esta información resultó relevante en el manual para generar impacto y enseñanza dentro del prototipo.

3.2.4. Educción de requerimientos

Este proyecto forma parte del desarrollo de software, por lo que sigue un proceso necesario para su construcción. Además, para su elaboración se sigue una metodología ágil, lo que implica un proceso para desarrollar un producto y revisar si cumple con los requisitos establecidos. Por lo tanto, una parte fundamental del desarrollo de software es el levantamiento de requisitos.

El proceso para llevar a cabo el levantamiento de requisitos se dividió en dos secciones: 1) Requerimientos de investigación y 2) Requerimientos refinados. En la primera sección se detallan todos los requisitos primitivos establecidos al inicio de la investigación, mientras que la segunda parte consiste en la refinación de estos requisitos, adaptándolos para el ambiente de desarrollo.

3.2.4.1. Requerimientos de investigación

1. Se necesitan revisar artículos sobre realidades extendidas, animales en peligro de extinción en Colombia y VR.
2. Se requiere evaluar la experiencia del usuario con la VR.
3. Se necesita investigar y analizar la relación entre las realidades extendidas y el aprendizaje sobre los animales en peligro de extinción en Colombia.
4. Se requiere diseñar y planificar las interacciones del prototipo con el usuario utilizando las gafas de VR.
5. Se requiere diseñar y planificar las interacciones del prototipo con el usuario que no está utilizando las gafas de VR.
6. Se necesita evaluar e investigar la herramienta de desarrollo para integrar el entorno virtual con las gafas de VR.

7. Se necesita diseñar un mundo virtual (terreno, interacciones, física, entre otros) para integrarlo con las gafas de VR.
8. Se requiere diseñar un documento que sirva como guía para el usuario que no está en el mundo virtual.

3.2.4.2. Refinación de requisitos

En esta sección se refinaron los requisitos establecidos en la sección anterior, extendiendo su definición y necesidad en requisitos generales y requisitos específicos.

1. El usuario debe visualizar correctamente el mundo virtual.
2. El usuario necesita poder interactuar con los animales implementados en el mundo (mono tití y cóndor).
 - a) El mono tití debe caminar en dirección al usuario virtual.
 - b) El mono tití debe atacar al usuario cuando entre al área de ataque con la comida incorrecta o al árbol incorrecto.
 - c) El cóndor debe empezar a volar cuando el usuario empiece el juego dentro del nivel del cóndor.
3. El usuario debe poder interactuar con objetos dentro del mundo virtual.
 - a) El usuario debe poder agarrar cualquier comida en los pedestales del mundo.
 - b) El usuario debe poder lanzar la comida dentro del mundo.
 - c) El usuario debe poder agarrar la comida del suelo en caso de haberla soltado.
 - d) El usuario debe poder activar los botones de los niveles del cóndor.
4. El usuario debe poder caminar usando los mandos de las gafas de realidad virtual dentro del mundo virtual.
5. El usuario requiere usar las gafas de realidad virtual para interactuar directamente con el mundo virtual.
6. El usuario virtual y del mundo real deben poder interactuar para avanzar en la narrativa.
7. El usuario del mundo real debe poder explicar las instrucciones de los niveles al usuario virtual para completar las interacciones.

8. El usuario debe poder visualizar los diálogos del guía del safari a través de las gafas de realidad virtual.
9. El usuario debería poder escuchar sonidos en las gafas de realidad virtual cuando se complete alguna interacción con sonido.
 - a) El usuario debe poder escuchar el sonido del tití cuando este sea alimentado.
 - b) El usuario debe poder escuchar el sonido de aceptación cuando el cóndor atraviesa los aros y se hace una posición de manos correcta.
 - c) El usuario debe poder escuchar el sonido de negación cuando el cóndor atraviesa los aros y se hace una posición de manos incorrecta.
10. El usuario debe poder realizar los niveles en el orden que desee.
11. Los textos del mundo virtual deben aparecer a medida que el usuario los vaya leyendo.
12. El usuario debe poder visualizar los trofeos cuando complete un nivel.
 - a) El usuario debe visualizar el trofeo de la cereza cuando termina de alimentar al mono tití.
 - b) El usuario debe visualizar el trofeo del cóndor cuando obtiene 10 puntos al finalizar el nivel.
13. El usuario necesita visualizar que los colores de los objetos dentro del mundo virtual se muestren correctamente y estén bien definidos.
14. Los sonidos en el mundo real deben durar al menos 3 segundos para que el usuario en el mundo virtual los perciba.
15. El usuario debe visualizar correctamente a los animales en el mundo virtual en cuanto a colores y animaciones.
16. La ruta del safari necesita tener indicaciones visuales para que el usuario comprenda cómo ir.
17. El usuario debe poder visualizar la variedad de comida que hay dentro del nivel del tití.

3.2.5. Criterios de éxito de los requerimientos

Es importante mencionar que, para validar que los requisitos se cumplan, se deben definir una serie de criterios de aceptación que permitan saber cuándo un requisito

está implementado en el proyecto. Además, estos criterios son generalizados para entender el éxito de varios de los requerimientos, ya que algunos de estos son similares en cuanto a objetivo que se refiere.

3.2.5.1. Requerimientos de investigación

- Éxito en la revisión de artículos.
- Evaluación positiva de la experiencia del usuario.
- Diseño y planificación efectivos de las interacciones.
- Éxito en la evaluación e investigación de la herramienta de desarrollo.
- Éxito en el diseño del mundo virtual.
- Diseño efectivo del documento guía para usuarios que no están en el mundo virtual.

3.2.5.2. Refinación de requisitos

- Visualización correcta y funcional del mundo virtual desarrollado.
- Interacción exitosa con los animales implementados en el mundo virtual.
- Correcta interacción con los objetos dentro del mundo virtual.
- Habilidad para caminar utilizando los mandos de las gafas de VR.
- Uso efectivo de las gafas de VR para interactuar con el mundo virtual.
- Colaboración exitosa entre los usuarios que prueban el prototipo.
- Uso efectivo del manual por parte del usuario sin gafas de VR.
- Correcta visualización de los diálogos del guía del safari en el mundo virtual.
- Correcta audición de los sonidos emitidos por las gafas de realidad virtual.
- Individualidad de los niveles diseñados en el prototipo.
- Correcta interacción sin importar el orden por parte del usuario en cada nivel.
- Visualización correcta mientras se está leyendo los diálogos del guía del safari.
- Visualización correcta de trofeos y recompensas obtenidos al completar interacciones en las gafas.
- Visualización correcta y definida de los colores de los objetos dentro del VR.

- Validación exitosa del tiempo transcurrido de los sonidos cuando se emiten en el mundo virtual.
- Visualización correcta de los animales con los colores y cuando se ejecuta su respectiva animación.
- Clara diferenciación del color del camino entre los niveles del safari.
- Visualización correcta de las indicaciones visuales para guiar al usuario a donde debe ir.
- Correcta diferenciación, visualmente, entre los tipos de alimentos en el nivel del tití.

3.2.6. Diagrama de casos de uso

Como parte de la metodología de desarrollo ágil de software, a continuación se mostrará y se explicará el diagrama de casos de uso propuesto para el prototipo desarrollado (ver Figura 3.1), ya que este cumple con todas las acciones e interacciones planteadas en el mundo virtual. Además, se detallará la interacción de los animales desarrollados (mono tití y cóndor) con el ambiente y el usuario, las animaciones e interacciones independientes de los animales y los sonidos emitidos dentro de los niveles.

Todas las acciones disponibles en el mundo virtual están representadas en el diagrama de casos de uso. De hecho, algunas acciones derivan de otras, como el desbloqueo de recompensas al interactuar con los animales, que son específicas y tienen una relación indirecta con los usuarios. Es por eso que el *Usuario VR* está vinculado a una acción general (en este caso, la interacción con los animales), donde esta acción general se extiende (relaciona) a otras acciones dentro del mundo que son más específicas, como la interacción con el mono tití y el cóndor. En el diagrama de casos de uso, se pueden observar otras acciones que no son realizadas directamente por el *Usuario VR*, pero que lo afectan indirectamente. Estas acciones incluyen la lectura de la guía de interacciones, que realiza el *Usuario Mundo Real*, para guiar al *Usuario VR* a través de las misiones.

3.3. Diseño del proyecto

En esta sección se especificará el diseño del proyecto, es decir, cómo está constituida la arquitectura y estructura general mediante diagramas Unified Modeling Language (UML), Entity Component System (ECS), de flujo y máquina de estados finitos. De esta manera, se podrá visualizar y entender desde otra perspectiva el funcionamiento

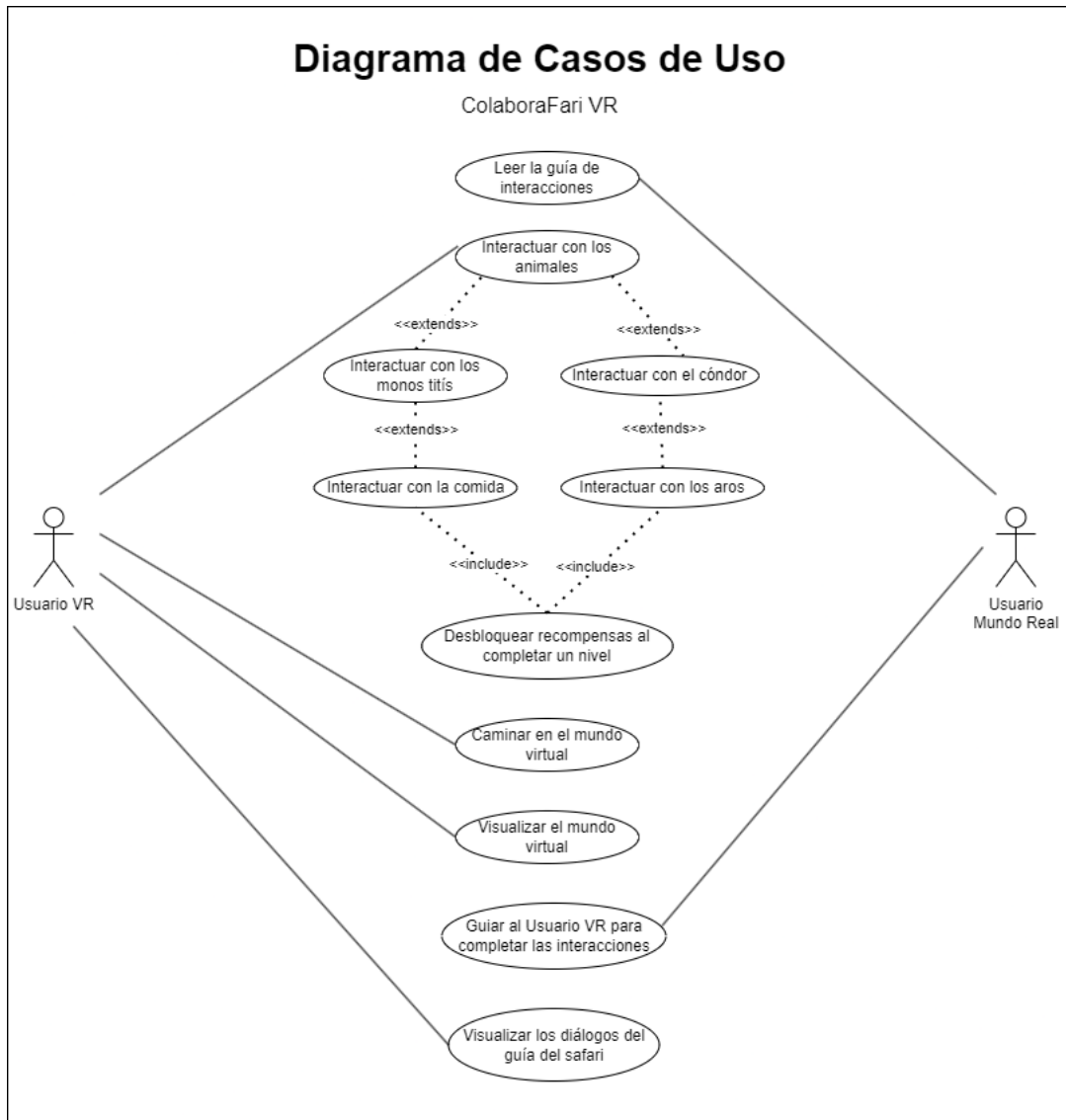


Figura 3.1: Casos de uso del prototipo de Realidad Virtual ColaboraFari VR.

y estructura del sistema.

3.3.1. Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema muestra la composición del proyecto y cómo está constituido a simple vista. En otras palabras, se visualizarán los objetos y entidades que el proyecto contiene. Este sistema fue realizado a través del motor de videojuegos Unity; es por eso que las aplicaciones desarrolladas en este motor usan la arquitec-

tura ECS, la cual forma toda una estructura de objetos y entidades generando un prototipo para el mundo virtual.

Para entender el funcionamiento de esta arquitectura, Nurminen [33] define ECS como una composición distinta a la programación orientada a objetos. El ECS utiliza diseños orientados a los datos, como se aplica en Unity actualmente, empleando un modelo de composición sobre herencia donde los datos y la lógica están separados. Es decir, las propiedades de las entidades generadas se pueden definir con componentes genéricos, pequeños y reutilizables que no contienen lógica en sí mismos.

Estos componentes se pueden definir también cómo:

- **Entidades:** Las entidades se pueden entender como el núcleo del sistema, ya que son las instancias que representan un concepto específico a nivel ideológico. Estos son agentes no funcionales que tienen un valor único en el sistema [33].
- **Componentes:** Son tipos genéricos, pequeños y reutilizables que se definen como las propiedades para generar las interacciones entre entidades. Los componentes también suelen asociar entidades para generar otros comportamientos [33].
- **Sistemas:** Los sistemas se definen como agentes globales (un proceso) los cuales pueden ser invocados en cualquier parte. Además, estos se interesan por usar componentes activos de diferentes entidades y pueden consultarlos sin restricciones [33].

La arquitectura ECS (figura 3.2) es una visión muy general del proyecto. En esta se puede observar que las entidades son unidades esenciales y específicas. Los componentes engloban varias entidades y pueden generar interacciones entre estas, es decir, pueden agruparlas. Por último, los sistemas son procesos que pueden utilizar componentes de distintas entidades y consultar diferentes estados.

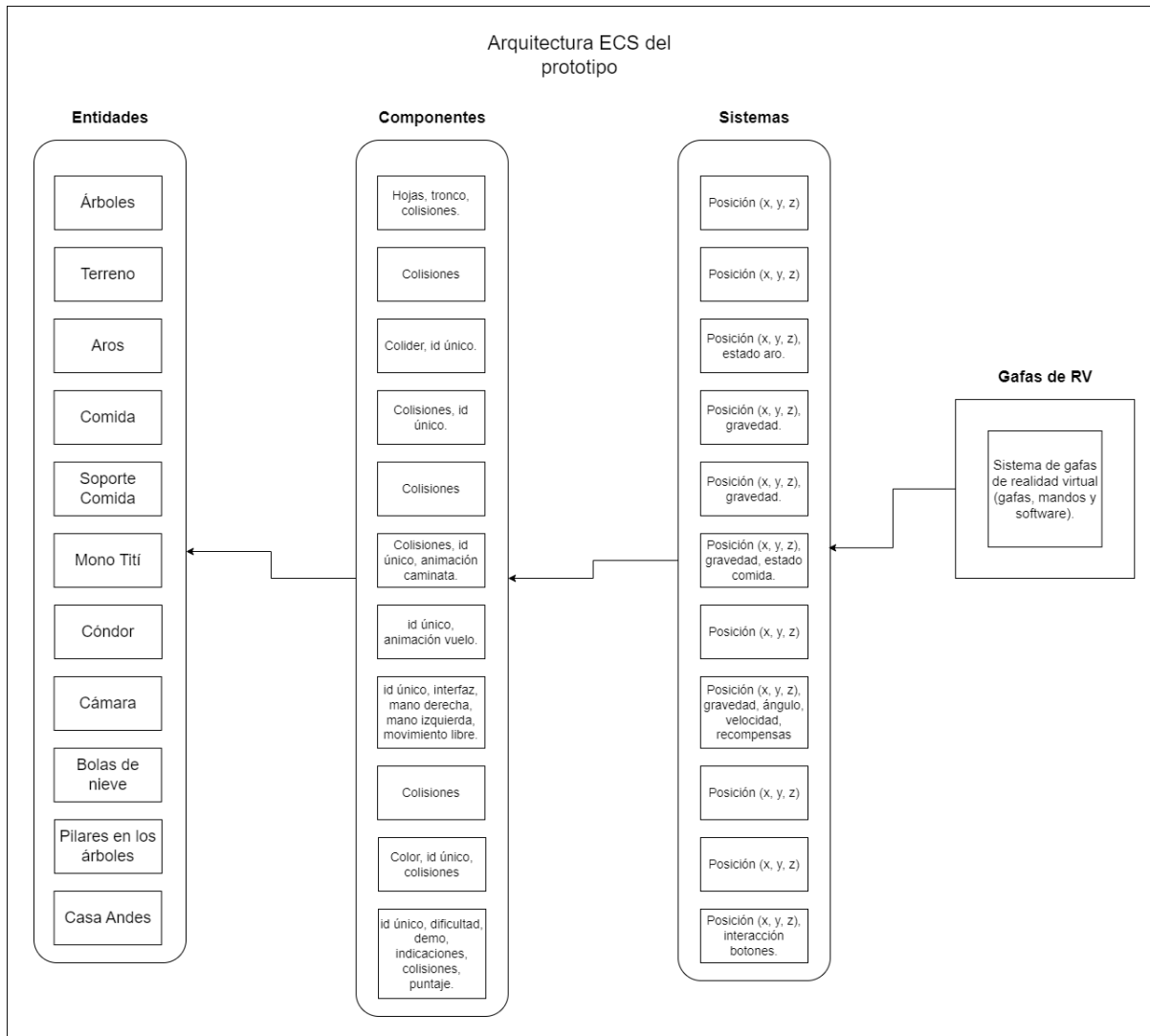


Figura 3.2: Diagrama de arquitectura ECS.

3.3.2. Diagrama de clases

Un diagrama de clases entra en los diagramas UML, que según Bell [34], se tratan de diagramas que permiten modelar aplicaciones en computación. Con este lenguaje, se pueden hacer diagramas que se entienden de manera estándar para todas las personas afines a esta área. Por esta razón, los diagramas de clases pertenecen a los diagramas UML, ya que se modelan las interacciones, objetos y relaciones que existen en el sistema.

Por lo tanto, sabiendo qué significa un diagrama de clases, procederemos a mostrar

el diagrama desarrollado para este sistema. Esto con el objetivo de obtener una comprensión más profunda acerca del prototipo desarrollado en esta investigación. Como se puede observar en la Figura 3.3, el diagrama de clases muestra que la mayoría de objetos se relacionan entre sí mediante composición, debido a la estructura del prototipo al estar desarrollado como un mundo virtual. Es por esto que la mayoría de objetos existen siempre y cuando exista una clase más general de la cual componerse. Dichas clases generales son aquellas como la Animación o el Sonido, que son independientes de otras clases. También se presenta herencia en el sistema a través de la clase Animal, de donde heredan el mono tití y el cóndor. Esta característica beneficia al sistema, ya que permite su extensión en caso de añadirse nuevos animales al mundo virtual.

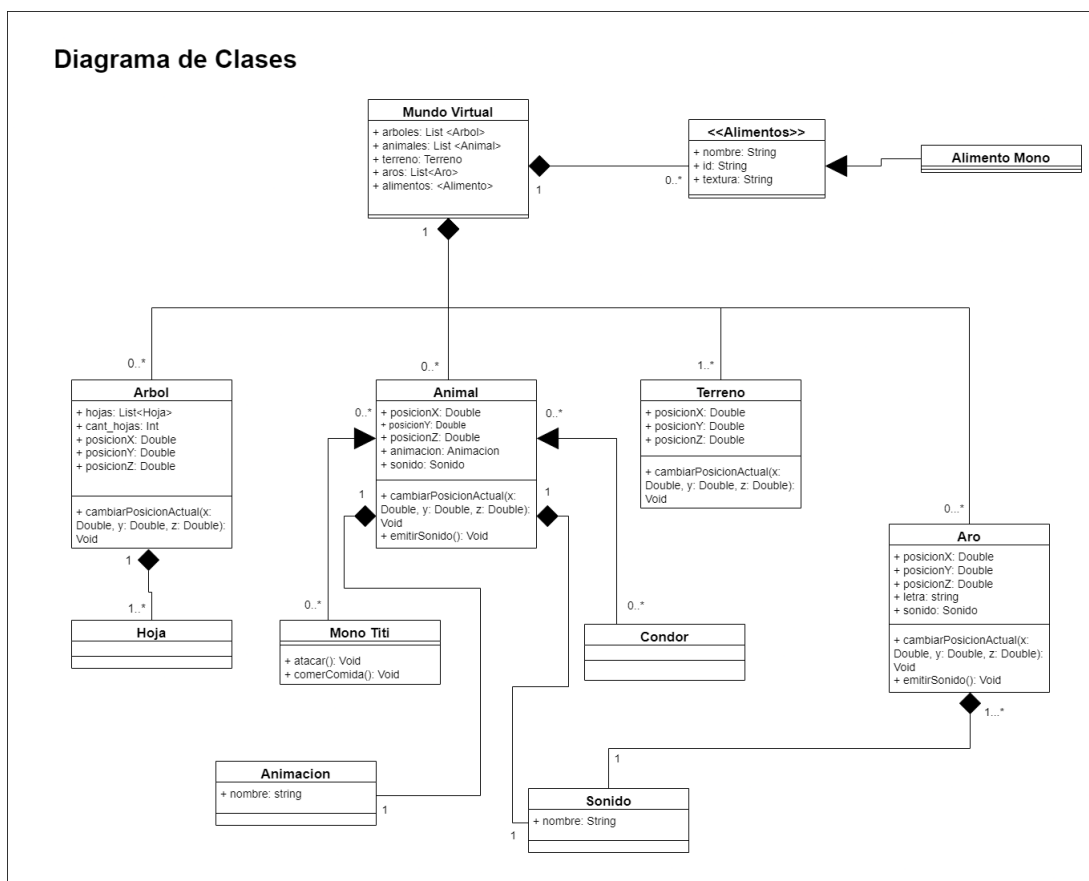


Figura 3.3: Diagrama de Clases.

3.3.3. Diagrama de flujo

Para avanzar en la ilustración y representación de este proyecto, es crucial comprender la lógica detrás del sistema. En otras palabras, debemos entender las posibles rutas o acciones que se pueden tomar en el prototipo. Para esto, contamos con los diagramas de flujo, los cuales, según Manene [35], se utilizan para expresar e ilustrar la lógica de un programa y las interacciones que tiene en el campo de la ciencia de la computación.

“Los diseñadores utilizan diagramas de flujo para especificar un programa de manera general, de modo que tanto las empresas como los usuarios técnicos tengan un entendimiento común de cómo funciona y encaja” [35]. Según lo anterior, para obtener una mejor perspectiva del sistema que se está desarrollando, es necesario representarlo con varios diagramas. Por lo tanto, junto con los diagramas anteriores, también se presenta un diagrama de flujo adicional.

Como se puede ver en la Figura 3.4, el diagrama de flujo es representado desde la perspectiva del jugador. En él se evidencian las interacciones que el jugador tiene con los objetos y con los niveles. Cabe destacar que para lograr obtener los trofeos de los niveles, se deben hacer las interacciones correctas con los objetos adecuados. Para terminar el juego, se deben obtener todos los trofeos del mundo, donde cada nivel se puede realizar de manera independiente. En otras palabras, el jugador tiene libertad para completar los niveles en el orden que desee sin repercusiones.

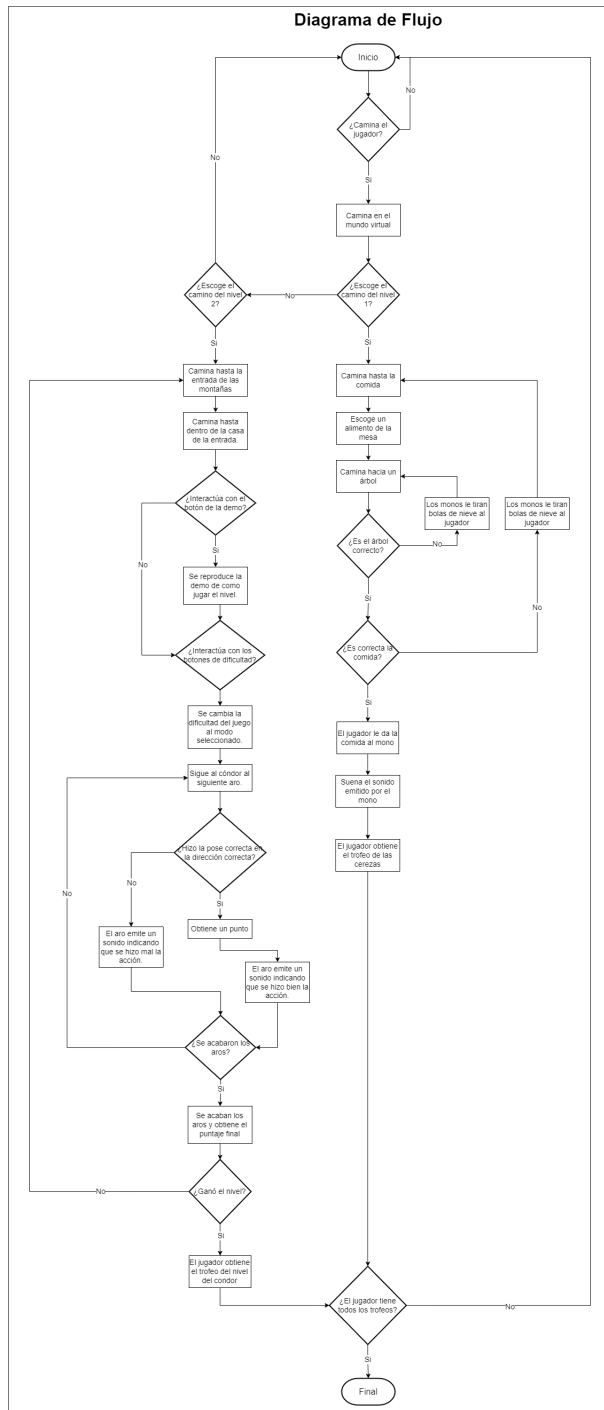


Figura 3.4: Diagrama de Flujo.

3.3.4. Máquina de Estados Finitos

En esta sección, se mostrará un diagrama que ilustra y explica cada uno de los diferentes estados que puede tomar el Mono Tití y el Cóndor con respecto a sus interacciones. Estos diagramas son máquinas de estados, que según Lee [36], se conocen como un grafo que contiene un número finito de estados y produce salidas en transiciones entre estados después de recibir entradas determinadas por el estado actual en el que se encuentran. Además, se utilizan para elaborar circuitos secuenciales, programas de computación y protocolos de comunicación.

Dentro de la teoría de máquinas de estados finitos, que se describe en [36], existen dos tipos: las máquinas de estados finitos de Mealy y de Moore.

- **Moore:** las máquinas de estados finitos de Moore son conocidas porque determinan la salida en la transición entre un estado y otro por el estado en el que actualmente se encuentra la máquina.
- **Mealy:** las máquinas de estados finitos de Mealy son conocidas porque determinan la salida en la transición entre estados por el estado en el que actualmente se encuentra la máquina y por las entradas que recibe el estado.

Para este proyecto, se van a representar las máquinas de estados usando las máquinas de estado finitas de Moore. En el diagrama, se verán las entradas representadas por las interacciones que realiza el usuario en dicho estado en el que se encuentra la máquina, y el estado determinará la salida del programa. Algunas de estas entradas representan que no se haga una acción, y esto puede ocasionar que los animales vuelvan a estados previos.

Cómo se puede observar en la Figura 3.5, pasar de un estado a otro depende de las transiciones que se ejecuten, determinadas por las entradas que recibe cada transición. Dichas transiciones están asignadas por medio de una letra. A continuación, se encuentran las explicaciones de cada letra como entrada para que se ejecute cada transición y en la tabla 3.1 se presenta la explicación y las salidas de los estados.

- **A:** Esta transición representa que no se realiza alguna acción; esta acción solo sucede cuando el juego se crea y se pasa al estado IDLE.
- **B:** Esta transición está representada por la entrada de estar en el árbol correcto y del alimento correcto. Pasando al estado de bajar del árbol.
- **C:** Esta transición se hace cuando la entrada para saber si el mono está en el suelo está activada y se tiene la comida correcta, pasando al estado de moverse.
- **D:** Esta transición se hace automáticamente al finalizar la acción del sonido,

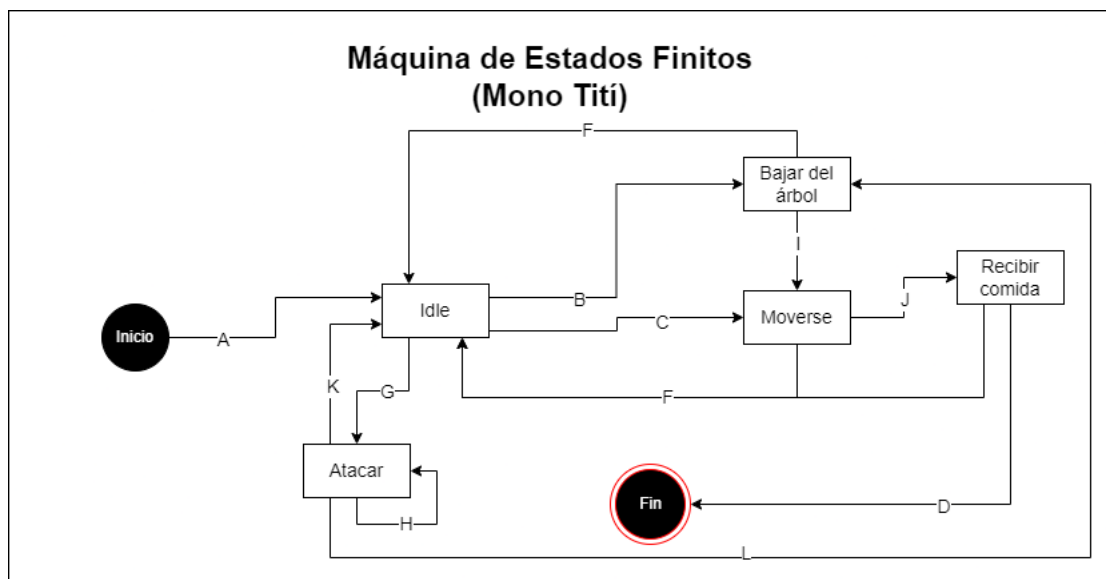


Figura 3.5: Máquina de Estados Finitos del Mono Tití.

simbolizando que ya no hay acciones para realizar por parte del mono tití.

- **F:** Esta transición se hace cuando el usuario no está cerca de los monos titís, lo que genera que no haya acción posible para el mono, volviendo al estado IDLE.
- **G:** En caso de que el jugador no tenga el alimento correcto o no esté en el árbol correcto, el mono lo atacará tirándole bolas de nieve.
- **H:** Si el jugador sigue sin tener el alimento correcto o no está en el árbol correcto, el mono seguirá tirándole bolas de nieve.
- **I:** Cuando la señal de tocar el suelo se activa, procederá al estado de moverse.
- **J:** En el estado en que el mono se esté moviendo, el jugador puede darle comida para continuar y activar el sonido.
- **K:** El jugador sale de la zona de interacción con el mono (igual al estado F).
- **L:** Si el usuario consigue el alimento correcto y se encuentra en el árbol correcto mientras el mono está en el estado de atacar, el mono procede a pasar al estado de bajar del árbol, ya que se tienen todas las entradas para ejecutarlo.

Estado	Explicación	Entradas	Valor de la entrada
IDLE	Estado default del mono	Movimiento Vertical	Inactivo
		Movimiento Horizontal	Inactivo
		Ataque	Inactivo
		Animación	Inactivo
		Sonido	Inactivo
Bajar del árbol	Descender del árbol	Movimiento Vertical	Activo
		Movimiento Horizontal	Inactivo
		Ataque	Inactivo
		Animación	Activo
		Sonido	Inactivo
Atacar	Se ataca al jugador en caso de no estar en el árbol correcto o con la comida correcta	Movimiento Vertical	Inactivo
		Movimiento Horizontal	Inactivo
		Ataque	Activo
		Animación	Activo
		Sonido	Inactivo
Moverse	El titi se mueve a la posición del jugador	Movimiento Vertical	Inactivo
		Movimiento Horizontal	Activo
		Ataque	Inactivo
		Animación	Activo
		Sonido	Inactivo
Recibir comida	El titi recibe la comida correcta del jugador	Movimiento Vertical	Inactivo
		Movimiento Horizontal	Activo
		Ataque	Inactivo
		Animación	Activo
		Sonido	Activo

Tabla 3.1: Explicación de los estados del mono tití

En esta investigación, además de haber desarrollado dentro del prototipo al mono tití, también se desarrolló al cóndor. Por lo tanto, al igual que con el tití, a continuación se mostrará la máquina de estados del cóndor en el proyecto.

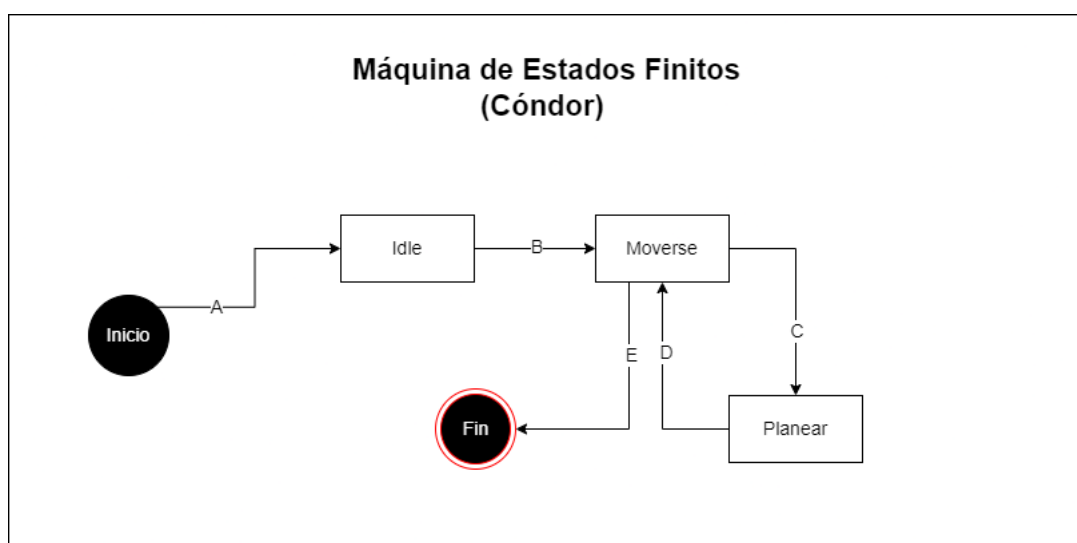


Figura 3.6: Máquina de Estados Finitos del Cóndor.

Como se puede observar en la Figura [3.6](#), la máquina de estados del cóndor es sencilla en comparación con la del mono tití, ya que el cóndor, como interacción principal, tiene la acción de volar mientras pasa por unos aros durante el juego. Al igual que con el mono tití, a las transiciones se les asignaron letras para describir las entradas que hay entre transiciones, y en la tabla [3.2](#) se ve la explicación de los estados.

- **A:** Esta transición ocurre cuando el cóndor se crea dentro del mundo y pasa al estado IDLE, que es el estado de inactividad.
- **B:** Esta transición se realiza cuando el nivel se inicia, pasando al estado de movimiento o vuelo.
- **C:** Cuando el cóndor está en el estado de vuelo y llega a la zona cercana al aro, pasa al estado de planeo. En dicho estado, la velocidad del cóndor disminuye (una acción externa es que se activa un temporizador que representa el tiempo necesario para que el cóndor vuele por el aro más cercano).
- **D:** Al salir de la zona del aro, se vuelve al estado de movimiento (esto se identifica visualmente dentro del mundo cuando el temporizador se agota), por lo que la velocidad del cóndor vuelve a ser la original.
- **E:** Cuando el cóndor ya no tiene más ruta, se terminan los estados del mismo, lo que simboliza que el nivel ha llegado a su fin.

Estado	Explicación	Entradas	Valor de la entrada
IDLE	Estado default del cóndor	Movimiento	Inactivo
		Animación	Inactivo
Moverse	El cóndor empieza a seguir el camino para llegar a los aros	Movimiento	Activo
		Animación	Activo
Planear	El cóndor disminuye su velocidad para pasar por el aro	Movimiento	Activo
		Animación	Inactivo

Tabla 3.2: Explicación de los estados del cóndor

Capítulo 4

Implementación

4.1. Dispositivos de desarrollo

Para el desarrollo de este proyecto, fue necesario utilizar computadoras con tarjetas gráficas que ofrecieran un gran procesamiento computacional. Además, se emplearon dispositivos de VR de la Pontificia Universidad Javeriana Cali para realizar las respectivas pruebas. Los equipos utilizados durante la investigación contaron con las siguientes especificaciones:

Computador 1: Laptop Personal 1

- **Procesador:** 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-11800H @ 2.30GHz 2.30GHz.
- **RAM:** 16,0 GB.
- **Tarjeta Gráfica:** NVIDIA GeForce RTX 3060 de 6,0 GB.

Computador 2: Laptop Personal 2

- **Procesador:** 10th Gen Intel(R) Core(TM) i5-10300H CPU @ 2.50GHz 2.50GHz.
- **RAM:** 16,0 GB.
- **Tarjeta Gráfica:** NVIDIA GeForce GTX 1650 de 4,0 GB.

Computador 3: Computador de la Pontificia Universidad Javeriana Cali

- **Procesador:** 12th Gen Intel(R) Core(TM) i7.
- **RAM:** 32,0 GB.
- **Tarjeta Gráfica:** NVIDIA GeForce RTX 3060 de 12,0 GB.

Dispositivo de VR: Gafas de Realidad Virtual Meta Quest 2

Las gafas de VR constan de un conjunto de tres dispositivos. Incluyen un visor inalámbrico que cuenta con un sistema de cómputo integrado para la reproducción en un espacio de 360°, así como aplicaciones con un sistema operativo propio. Además, posee cuatro cámaras integradas para medir el espacio físico en el que se encuentra el usuario. También cuenta con dos mandos (controles), los cuales están equipados con varios sensores y botones para la movilización y el manejo de aplicaciones.

4.2. Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo de este proyecto, fue necesario diseñar y elaborar todo el sistema con la ayuda de algunas herramientas para crear interacciones, niveles y diálogos de manera rápida, manejable y comprensible. Por eso, se decidió utilizar el motor de videojuegos Unity, que además incluye extensiones que facilitan la creación de entornos en VR.

4.2.1. Unity

Unity es un software reconocido como un motor de videojuegos. Sin embargo, las aplicaciones que se pueden crear con este software son bastante amplias, ya que, al ser un motor de videojuegos, tiene la capacidad de producir animaciones, renderizaciones y assets que permiten la construcción de entornos. Estos entornos van más allá de solo videojuegos, incluyendo animaciones. Además, Unity cuenta con una gran disponibilidad de documentación e información. La comunidad es enorme, por lo que es posible encontrar soluciones a errores o problemas utilizando los foros y la documentación.

Otra ventaja que posee Unity es que sus controladores para dispositivos de VR están bastante actualizados y son generales. En otras palabras, permiten una gran variedad de dispositivos VR para probar el proyecto realizado. Es importante añadir que Unity utiliza como lenguaje de los scripts C#. Esto quiere decir que todo el desarrollo del proyecto está enfocado en este lenguaje, que además de poseer una gran extensión de librerías, plugins y buena documentación, es un lenguaje bastante intuitivo.

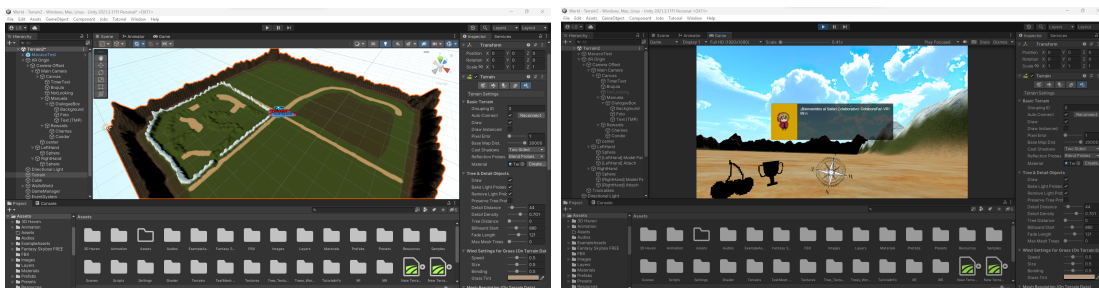
El paradigma en que están orientados los scripts en C#, es de programación orientada a objetos. Debido a esto, se pudo desarrollar un proyecto enfocado en cómo interactúan los objetos (assets) con el usuario. Algunas dependencias que se usaron en este sistema, fueron utilizadas para el dispositivo de realidad virtual, específicamente, para la cámara (visualización del mundo virtual), los mandos del dispositivo (movimiento e interacciones de agarrar y tirar cosas), y el reconocimiento de las

posiciones de los mandos con respecto a una orientación, tomando en cuenta la posición en los ejes X y Y de los mandos, y el ángulo que se forma con respecto al pecho del jugador.

Todo lo mencionado anteriormente es una muestra de por qué se decidió usar Unity, ya que es un software, a comparación de otros, el más completo, integrado y funcional de todos. Además, al contar con una gran comunidad, una buena documentación, una cantidad enorme de dependencias y la facilidad para conectar los objetos del sistema, hace que sea un software eficiente y capaz de cumplir con los requerimientos del proyecto.

Al final de esta etapa de desarrollo del proyecto, se pudo obtener diferentes resultados, tales como:

1. Creación de un terreno virtual (Figura 4.1) donde se encuentran los dos niveles del prototipo. Es un espacio grande y amplio para que el usuario se sienta en un safari real. Este mundo cuenta con límites para que el jugador no pueda salirse ni traspasarlo (Figura 4.1a). En este mundo se encuentran dos especies de animales (el mono tití y el cóndor), los cuales tienen un terreno apropiado a su hábitat. Esto se debe a que en las justificaciones para esta investigación, estaba el uso de las realidades extendidas para simular espacios reales y precisos del hábitat de los animales.



(a) Mundo Virtual en Unity: vista periférica (b) Mundo Virtual en Unity: vista real

Figura 4.1: Mundo Virtual en Unity

2. La división de las secciones del sistema en diferentes escenas (Figura 4.2) significa que cada uno de los componentes del sistema está separado en escenas diferentes para ahorrar memoria al ejecutar el prototipo. Esto se debe a que solo se carga la escena de un nivel si se encuentra dentro del rango aceptado. Además, de esta manera fue más sencillo separar los elementos de cada nivel generando orden. También, se segmentó la secuencia del sistema, lo que hizo reconocible saber elementos claves del sistema. Por ejemplo: dónde se inicia, dónde están las interacciones y dónde termina el prototipo.

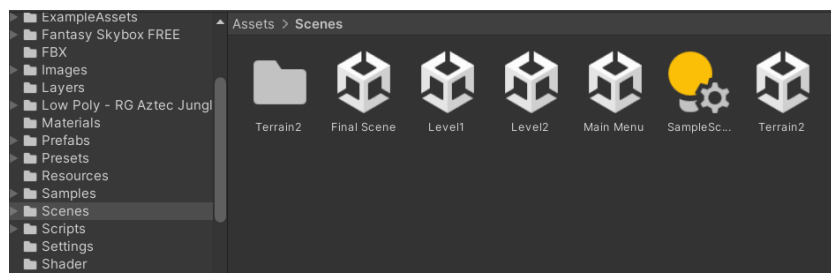
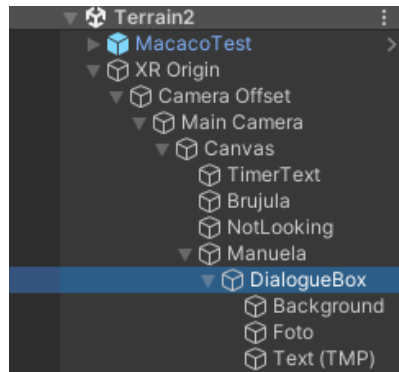


Figura 4.2: Escenas del sistema.

3. Cabe mencionar que gracias a la herramienta de Unity, la sincronización de los diálogos se pudo realizar mediante la comunicación que se puede establecer entre los objetos de la escena (Figura 4.3a). Esto permitió que la narración interactiva se desarrollara de manera correcta, dependiendo de las interacciones que realizara el usuario. Esta característica resultó fundamental, ya que al hacer todo correctamente, la historia avanza y de esta manera se crea la guía del safari (ver Manuela en la Figura 4.3b), encargada de mencionar todo el contexto del mundo para guiar al usuario que esté en el mundo virtual.
4. Por último, gracias a la forma en que Unity administra las carpetas y archivos del proyecto, se logró organizar los scripts en diferentes carpetas sin comprometer su relación con los objetos (Figura 4.4). La creación de scripts en el proyecto fue vital para su reutilización en varios objetos, lo que ayudó a reducir la cantidad de código. Además, los objetos en Unity almacenan la referencia del script, lo que significa que, en caso de mover el objeto en la escena o los scripts en las carpetas, se mantienen los componentes y variables en el objeto.

Cabe recalcar que, para el diseño de todo este proyecto en Unity, se utilizaron assets de uso libre obtenidos de manera gratuita de la tienda de Unity y de la Pontificia Universidad Javeriana para su modificación.



(a) Funcionamiento de los diálogos: objeto



(b) Funcionamiento de los diálogos: en juego

Figura 4.3: Funcionamiento de los diálogos en Unity

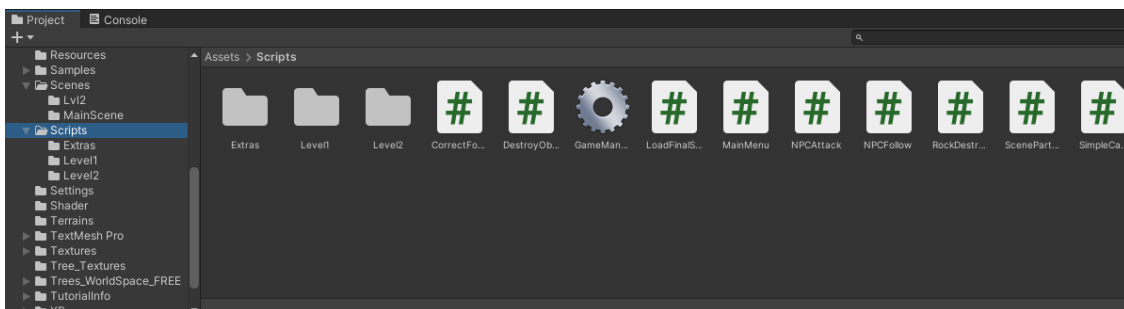


Figura 4.4: Scripts del proyecto.

4.2.2. Meta Quest 2

El Meta Quest 2 permitió la visualización del mundo virtual. Con él se llevaron a cabo diferentes pruebas para probar la funcionalidad del prototipo. Adicionalmente, mediante este dispositivo se logró que los usuarios pudieran interactuar con el mundo virtual y sus diferentes elementos. El dispositivo cuenta con el modo desarrollador, el cual se utilizó para las diversas pruebas donde se evaluaron los resultados y se identificaron los errores encontrados durante la fase de pruebas.

El objetivo con este dispositivo fue hacer que los usuarios se sintieran literalmente en otro mundo. Al mirar a su alrededor, debían sentir que su realidad era la del mundo virtual. Al utilizar los mandos y caminar libremente por el mundo, debían sentir que realmente se encontraban en un safari. Gracias a estos dispositivos que permiten las realidades expandidas, se pudo programar distintas interacciones utilizando a favor las funcionalidades disponibles.



Figura 4.5: Gafas de realidad virtual Meta Quest 2

En la Figura [4.5](#) se muestra el dispositivo de realidad virtual que se utilizó para realizar las pruebas y la visualización del mundo virtual.

4.2.3. Integración de todos los componentes

En la etapa de integración, que fue fundamental para iniciar el desarrollo del prototipo, se implementaron todos los componentes mencionados anteriormente, junto con sus dependencias y complementos, para la elaboración de este sistema en Unity. Esto se logró gracias a las diversas configuraciones que ofrece el software Unity, donde se unieron dependencias, activos, controladores y complementos para este propósito. En consecuencia, esta información se puede observar en la Tabla [4.1](#).

<i>Dependencias y/o Plugins</i>		
Editor de Código	Dispositivo de Realidad Virtual	Mundo Virtual
Visual Studio Code Editor	Oculus XR Plugin	Test Framework
Visual Studio Editor	OpenXR Plugin	TextMeshPro
JetBrains Rider Editor	XR Interaction Toolkit	Timeline
No registra más dependencias	XR Plugin Management	Unity UI
No registra más dependencias	No registra más dependencias	Version Control
No registra más dependencias	No registra más dependencias	Universal RP

Tabla 4.1: Tabla de dependencias y/o plugins.

4.3. Audios en Unity

Otro aspecto importante a destacar del proyecto son los audios que se emiten dentro del prototipo. Por una parte, en el nivel del mono tití, se tiene que uno de ellos emite un sonido cuando se le da de comer en el árbol correcto. Esta interacción indica que el nivel fue realizado correctamente para luego proceder a mostrar los diálogos del guía sobre la narrativa para darle continuidad a la historia. Esto se puede ver en la Figura [4.6](#).

Por otro lado, en el nivel del cóndor se emiten dos tipos de sonidos. El primero indica que la acción principal del nivel se hizo correctamente, y el otro indica que la acción se hizo de manera incorrecta. Estos sonidos los emiten los aros cuando el cóndor los atraviesa, con la finalidad de retroalimentar al usuario mediante el sonido. Esto se muestra en la Figura [4.7](#).

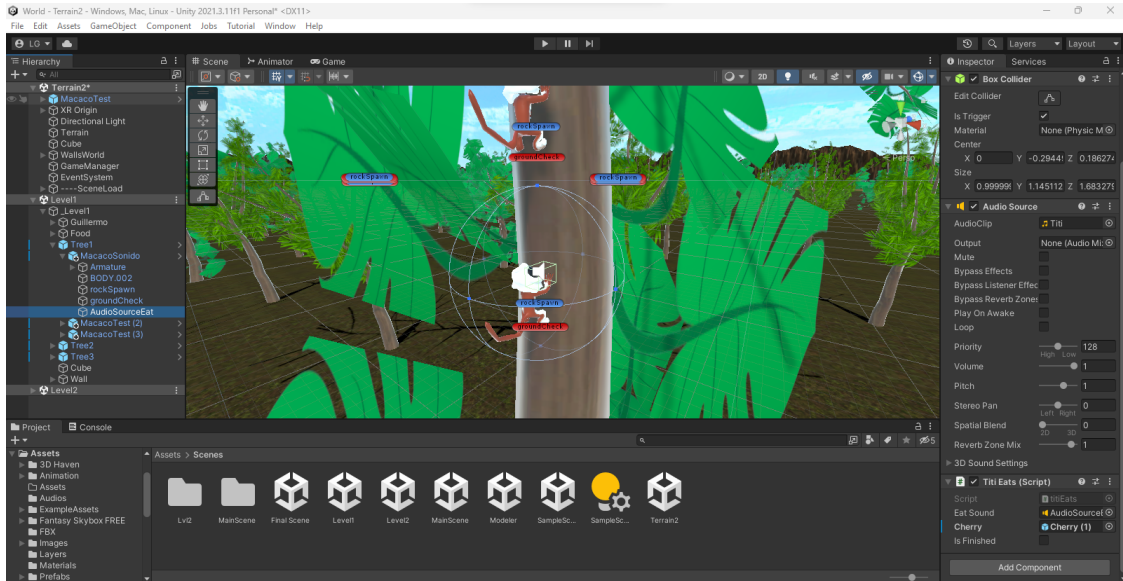
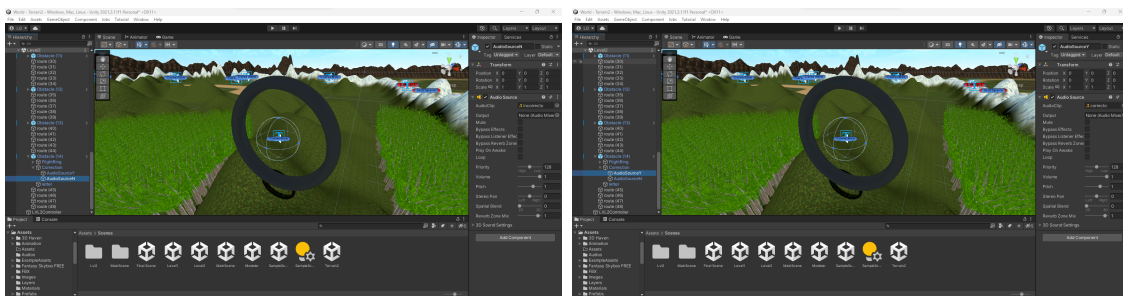


Figura 4.6: Audio Mono Tití en el Mundo Virtual.



(a) Nivel del cóndor: Audio **incorrecto** (b) Nivel del cóndor: Audio **correcto**

Figura 4.7: Audios del nivel del cóndor en el mundo virtual

4.4. Implementación de los animales

Previamente, se ha mencionado que se han desarrollado animales como modelos 3D en otros proyectos similares. En esos proyectos se crearon cuatro animales: el mono tití, el cóndor, el oso de anteojos y el jaguar. Además, se produjeron una serie de animaciones que sirvieron para dar realismo al prototipo. En esta sección, se hablará sobre los componentes que se añadieron a los dos assets (mono tití y cóndor) para que funcionaran dentro del entorno virtual.

4.4.1. Mono Tití

Dentro del prototipo virtual, el animal más complejo de desarrollar fue el mono tití. Esto se debe a que, como se observó en los diagramas de estado, cuenta con una amplia variedad de acciones. Por lo tanto, requiere varios componentes y scripts para llevar a cabo estas acciones. Es importante destacar que hay tres tipos diferentes de monos en el prototipo: el mono bebé, que te acompaña durante el recorrido en busca de su familiar; los monos más grandes que se encuentran en los árboles, con la capacidad de atacar y moverse; y por último, el mono que recibe la comida. Dado que los tres monos comparten características muy similares, solo se mostrarán los componentes del último mono, ya que, al ser el más completo, abarca en su totalidad la complejidad que se presentó en el desarrollo del nivel.

4.4.1.1. Componentes del Asset del Mono Tití

El mono tití, como se puede observar en la figura 4.8b, tiene asociados 5 GameOb-jects. El primero es el padre de todos los GameObjects, donde se encuentran ciertos componentes que se explicarán más adelante (figura 4.9). Los dos primeros, identificados como Armature y BODY.002, son GameObjects que venían con el asset entregado por la Universidad. El primero sirve para generar el rig del animal (es decir, su estructura de animación) para poder llevar a cabo las animaciones que se explicarán más adelante, mientras que el segundo es el cuerpo del animal. Además, se observan otros 2 GameObjects: rockSpawn y AudioSourceEat. El primero de estos sirve como indicación de dónde aparecerá el proyectil que se utilizará para atacar al jugador, y el segundo es el GameObject que generará el sonido del nivel, que se activa cuando el jugador alimenta al mono.

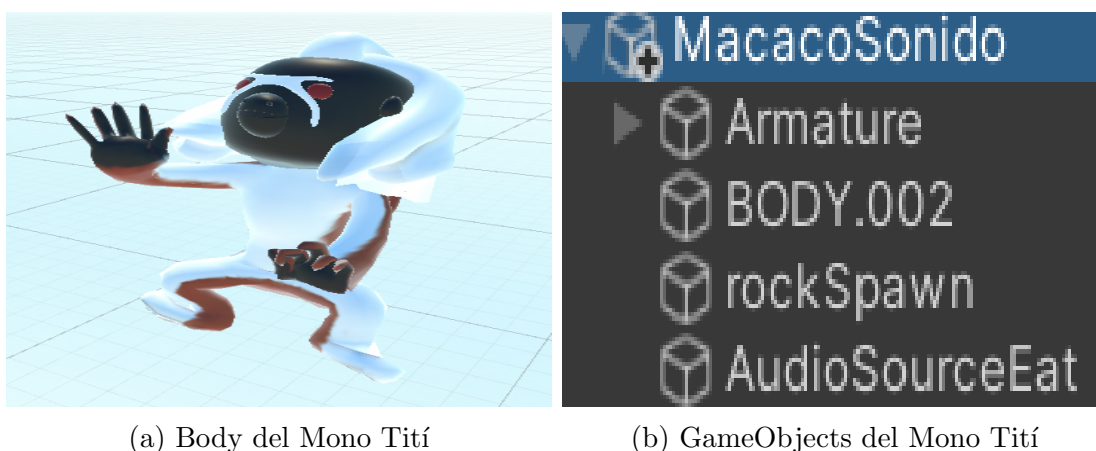


Figura 4.8: Asset del Mono Tití

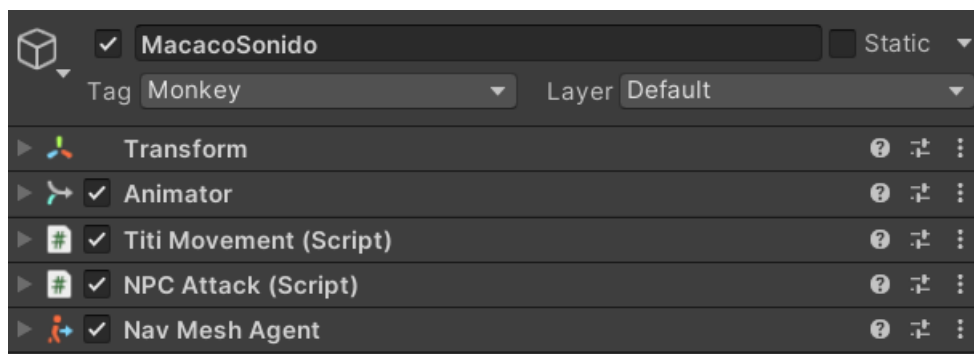


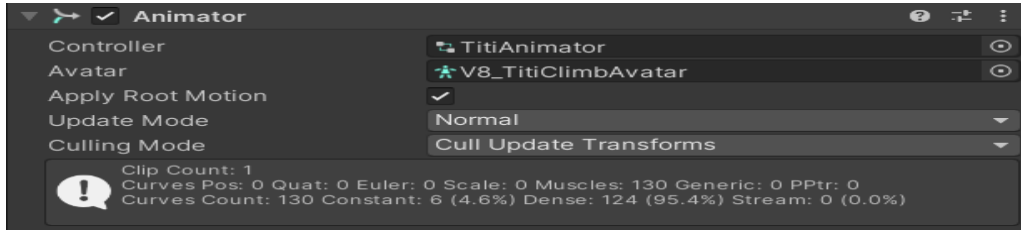
Figura 4.9: Componentes del Mono Tití

Como se mencionó anteriormente, todos los monos comparten los componentes que se ven en la figura 4.9 (solo el mono bebé no comparte el script de ataque). Dos de estos componentes son scripts que se encargan del movimiento del animal y el ataque. Hay un componente que lo tienen todos los GameObjects que se crean en Unity, que es el Transform. Dicho componente sirve para efectuar las tres características básicas de cualquier objeto dentro de un mundo virtual: posición, rotación y escalado. Los otros dos componentes son el Animator y el Nav Mesh Agent, que serán explicados a continuación.

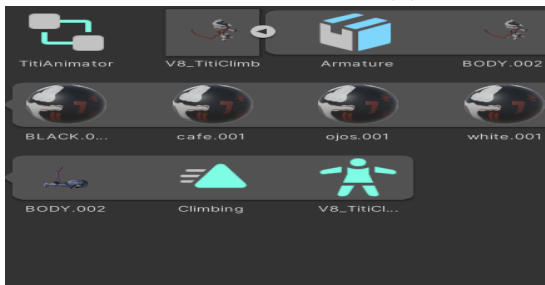
4.4.1.2. Animator del Mono Tití

El componente Animator dentro de Unity se utiliza para realizar las animaciones de cada avatar dentro de un mundo virtual. Como se puede observar en la figura 4.10a, este componente consta de un controlador y un rig. El controlador es una máquina de estados que especifica cuándo deben ejecutarse las animaciones, mientras que el rig es el avatar del asset (en este caso, el tití) que define cómo deben moverse las extremidades durante la animación (ambos componentes se pueden ver en las figuras 4.10b y 4.10c).

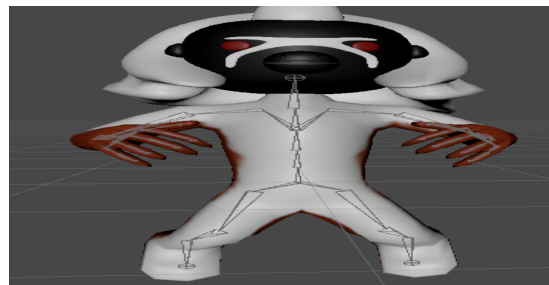
La máquina de estados del componente Animator se puede ver en la figura 4.11. En la imagen se aprecia cómo existen solamente dos estados: un estado predeterminado, cuando no se desea que el mono tití realice una animación, y el estado de movimiento llamado “Climbing”, que es cuando el mono tití comienza a moverse. Para poder realizar estos estados, se utiliza un parámetro ‘movement’ de tipo booleano. Este parámetro sirve para realizar las transiciones que se pueden observar en la figura 4.11b y 4.16c, donde para pasar del estado predeterminado a “Climbing”, la variable tiene que estar en verdadero, y la transición contraria, donde la variable es falsa.



(a) Animator del mono tití

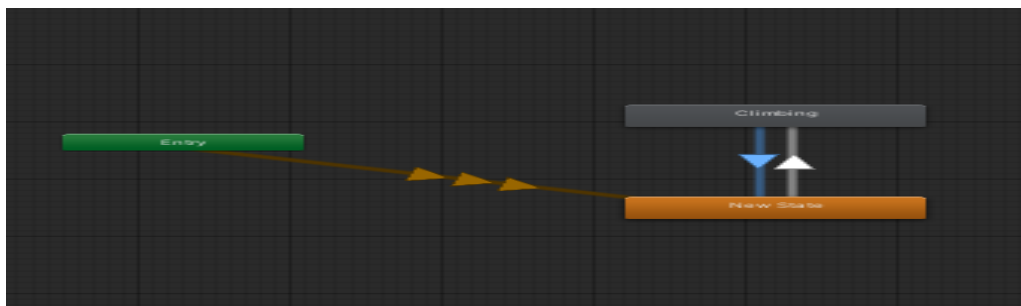


(b) Controlador del mono tití

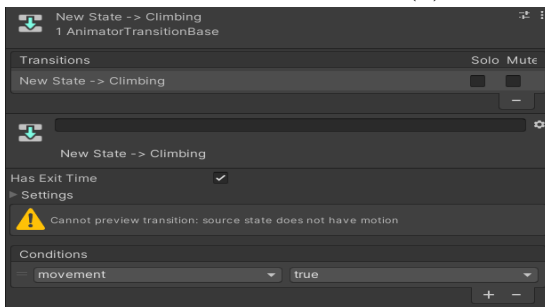


(c) Rig del mono tití

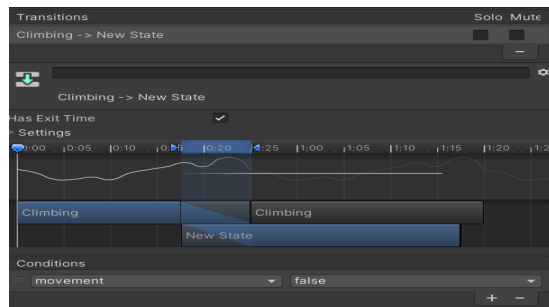
Figura 4.10: Componente Animator del mono tití



(a) Maquina de estados



(b) Transición 1



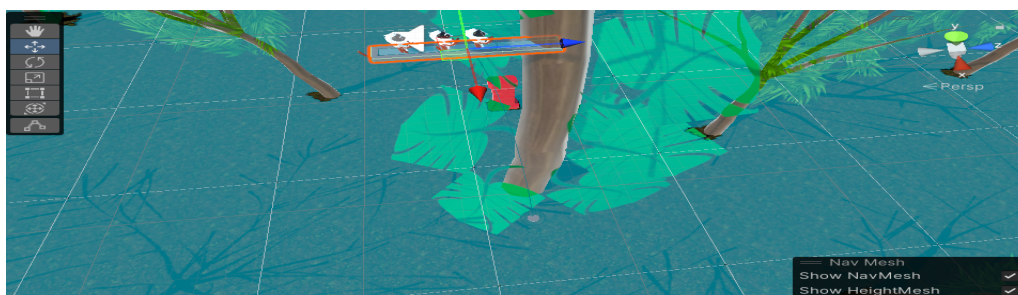
(c) Transición 2

Figura 4.11: Maquina de estados del controller del mono tití

4.4.1.3. Nav Mesh Agent Mono Tití

El componente Nav Mesh Agent sirve para permitir que un avatar se desplace dentro del mundo virtual mediante el uso de inteligencia artificial. Este componente se encarga de detectar objetos que bloquean el movimiento o que no se pueden atravesar, así como de evitar colisiones entre objetos móviles en el mundo, como otros Agentes de Navegación o el jugador. Como se puede observar en la figura 4.12, el componente cuenta con varios parámetros que mejoran el realismo del movimiento del objeto. Uno de los más importantes es la prioridad para esquivar; cuanto más bajo sea el número, más relevancia tendrá el objeto. Debido a esta relevancia, otros agentes tenderán a esquivarlo.

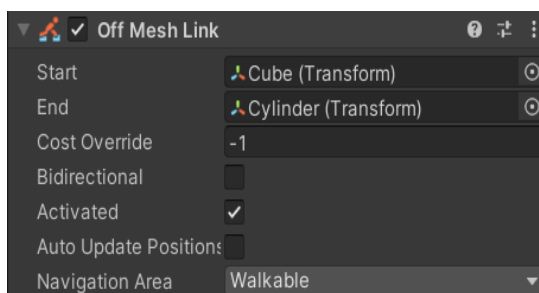
Sin embargo, para que un agente se mueva utilizando un Nav Mesh Agent, es necesario crear un Nav Mesh. El Nav Mesh es un área por la que los agentes podrán moverse, y para lograrlo se deben especificar ciertos parámetros, como objetos que son transitables y una distancia por la cual los agentes podrán subir en caso de existir una elevación en el terreno. También es posible crear conexiones entre terrenos disconexos mediante el uso de Nav Links. Estos son zonas u objetos a través de los cuales los agentes podrán saltar para desplazarse de un lugar a otro. Esto es utilizado con los monos para que puedan bajar de la rama en la que se encuentran e interactúen con el jugador.



(a) Zona de movimiento valida



(b) Nav Mesh Agent del mono tití

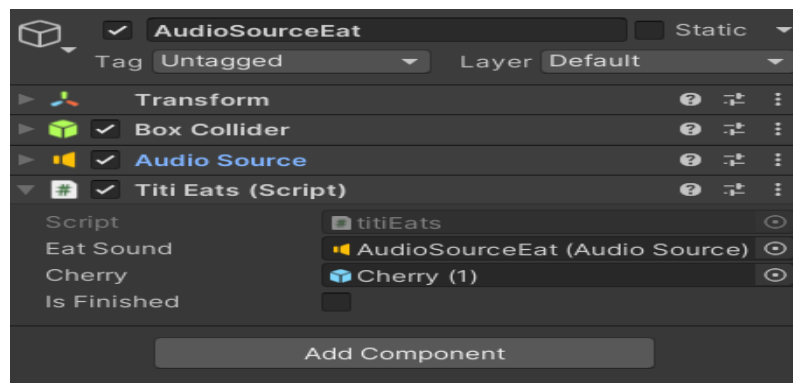


(c) Nav Mesh Link para el salto

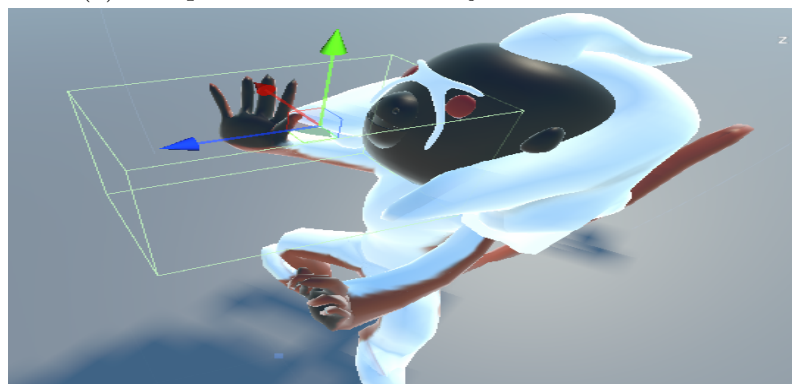
Figura 4.12: Componente Nav Mesh para el mono tití

4.4.1.4. Componente para el sonido del Mono Tití

Previamente, en la sección 4.3, se mencionó que en el nivel del mono tití existe un sonido que se reproduce cuando el jugador alimenta al mono. Para esto, también se mencionó que se creó un GameObject llamado AudioSourceEat. Este GameObject tiene unos componentes que sirvieron para cumplir con las interacciones. Como se puede ver en la figura 4.13a, el GameObject cuenta con 3 componentes aparte del Transform. El primero es un Box Collider que tiene activada la opción de trigger, con el objetivo de saber cuándo un objeto con collider entra dentro del área. Esta información es recogida por el script TitiEats, el cual, al detectar que el GameObject conocido como Cherry (1) entra dentro del área, emite el sonido asociado al componente Audio Source. Este componente se encarga de los audios del juego; a través de él se puede emitir un sonido, ajustar su volumen, distancia de audición, entre otras características.



(a) Componentes del GameObject AudioSourceEat



(b) Body del mono tití con los componentes del GameObject AudioSourceEat

Figura 4.13: GameObject AudioSourceEat

4.4.2. Cónдор

El desarrollo del cónдор fue más sencillo que el del mono tití. Esto se debe a las interacciones que realiza el cónдор. En el caso del cónдор, no hay diferencia entre los que se encuentran dentro del mundo virtual.

4.4.2.1. Componentes del Asset del Cónдор

El cónдор, como se puede observar en la figura 4.14b, tiene asociados dos GameOb-
jects. El primero es el padre del otro GameObject, donde se encuentran los compo-
nentes que se explicarán más adelante (figura 4.14c). El GameObject identificado
como Condor1 es el asset proporcionado por la Universidad Javeriana, donde, al
igual que con el mono tití, viene el cuerpo del animal y los puntos para realizar el
rig del animal. Este rig también fue usado para realizar la animación del cónдор,
que tiene más variaciones que la del mono tití.

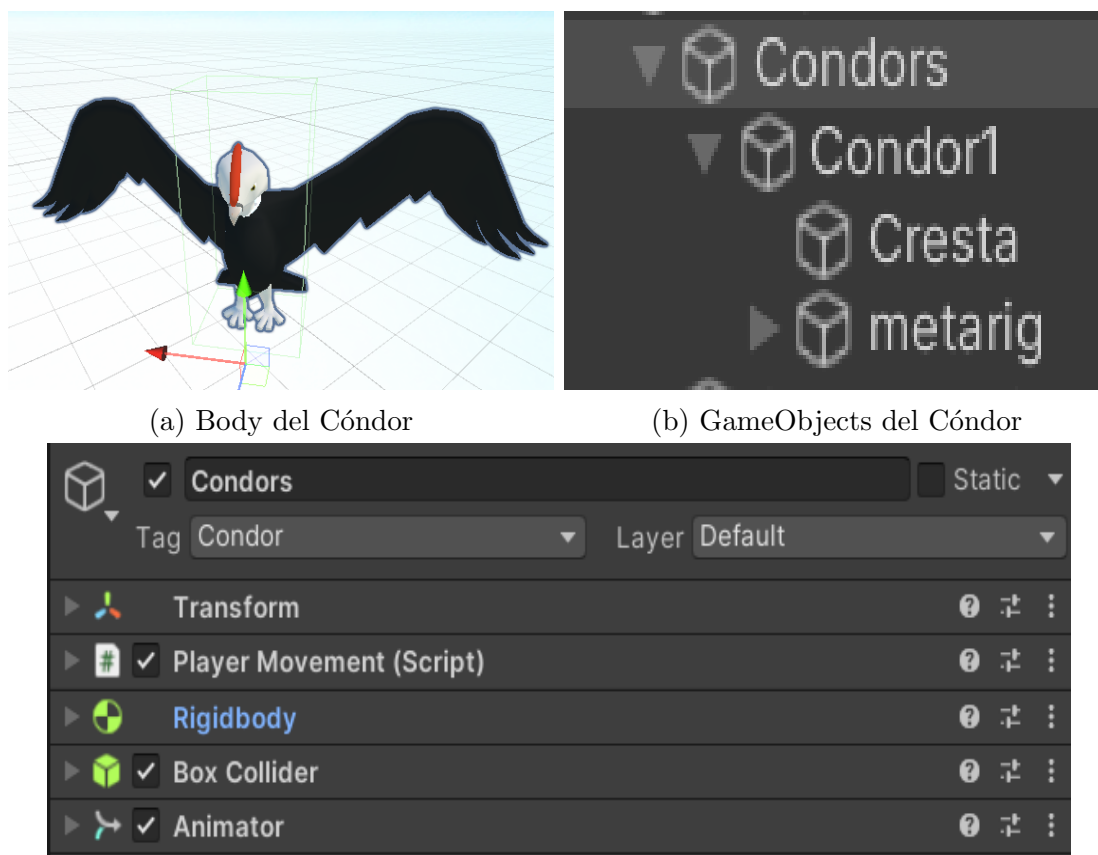
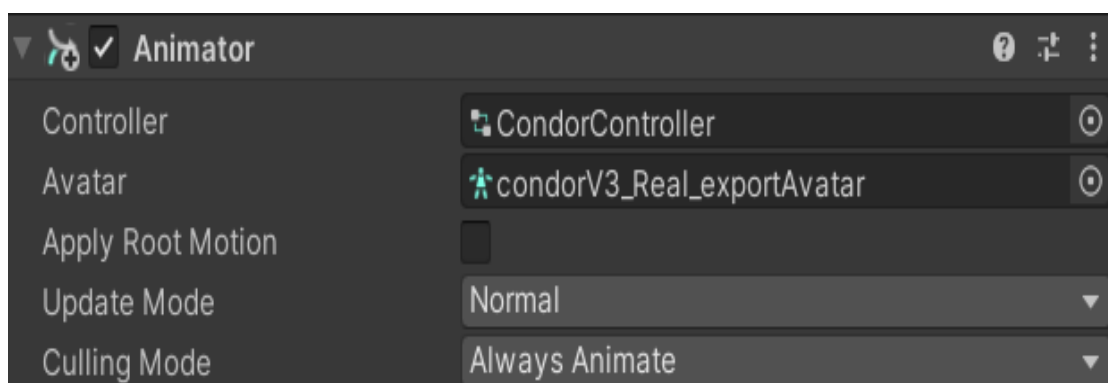


Figura 4.14: Asset del Cónдор

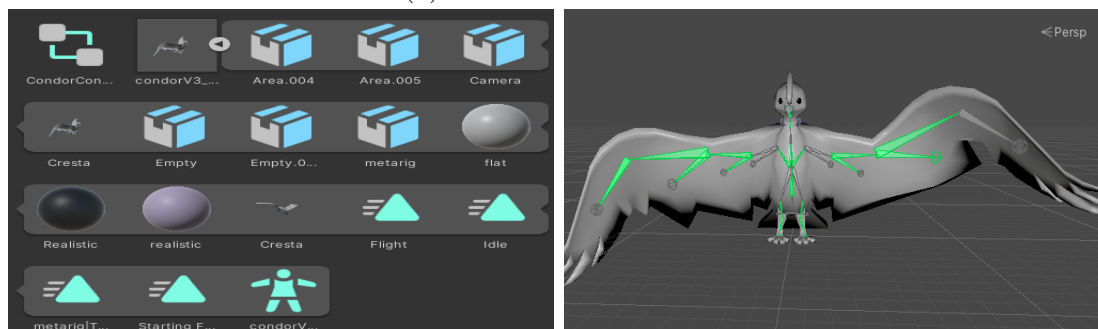
Los componentes del cóndor se dividen en 4, sin contar el Transform. El Box Collider sirve para evitar que el cóndor atravesase objetos del mundo y también para ser detectado por los colliders de los aros del nivel. Estos, como se mencionó en la sección 4.3, son los encargados de emitir un sonido cuando el cóndor pasa por ellos. También se utiliza un componente Rigidbody que permite aplicar físicas al movimiento del animal. Esto mejora la sensación de movimiento en comparación con efectuar el movimiento directamente en el Transform del objeto, como lo hace el script Player Movement. Por último, se emplea un componente Animator que se detallará a continuación.

4.4.2.2. Animator del Condor

Al igual que con el mono tití, el componente Animator (figura 4.15a) del cóndor se compone de un controlador y un rig (figuras 4.15b y 4.15c, respectivamente). Al igual que con el mono, para las animaciones se crea una máquina de estados dentro del controlador que se puede visualizar en la figura 4.16.



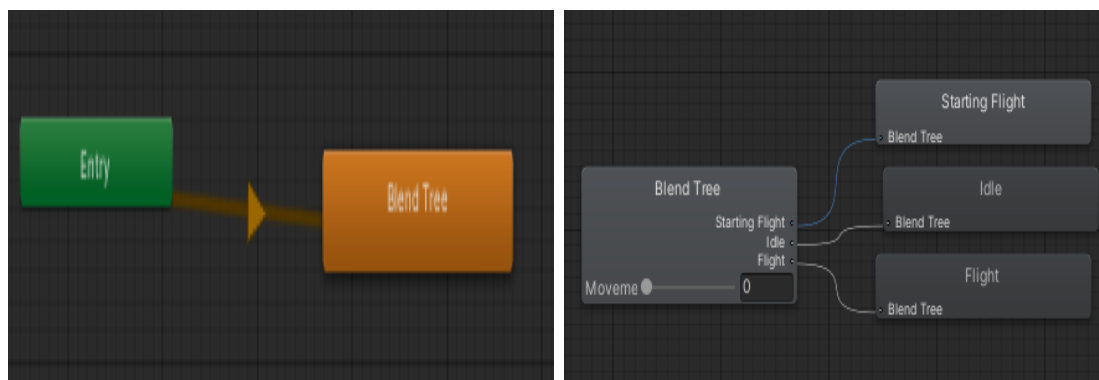
(a) Animator del cóndor



(b) Controlador del cóndor

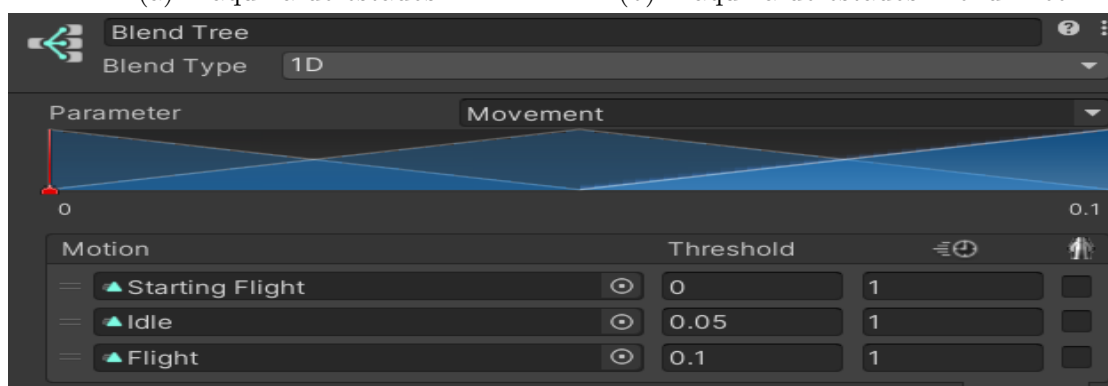
(c) Rig del cóndor

Figura 4.15: Componente Animator del cóndor



(a) Maquina de estados

(b) Maquina de estados Blend Tree



(c) Data Blend Tree

Figura 4.16: Maquina de estados del controller del cónдор

En la figura, concretamente en [4.16a](#), se aprecia que solo hay un estado dentro del controlador. No obstante, este estado es un Blend Tree, por lo que se compone de varios subestados que se empezarán a ejecutar dependiendo del valor que tome un parámetro, en este caso, el parámetro Movement. Estos subestados se pueden ver en la figura [4.16b](#), donde se cuentan con tres tipos distintos de animaciones. La primera efectúa al inicio del vuelo del cónдор donde este abre sus alas; la segunda es un estado donde tiene las alas abiertas que sirvió para simular la actividad de planear dentro del mundo virtual; el último es la animación de vuelo en donde el cónذور sube y baja sus alas para simular el vuelo. En la figura [4.16c](#) se puede ver que los estados transicionan según la variable Movement, que es utilizada en los diferentes scripts del nivel del cónذور.

4.5. Aprendizaje sobre los animales en peligro de extinción

La elaboración de este proyecto se centró en el aprendizaje de las personas, ya que uno de los objetivos principales de la investigación era facilitar el aprendizaje mediante un prototipo de VR sobre los animales en peligro de extinción en Colombia. Era fundamental que los usuarios aprendieran sobre sus dinámicas y características con el fin de generar conciencia sobre la problemática de los animales en peligro de extinción de manera interactiva, entretenida y colaborativa.

Es por medio de Unity que se pudo elaborar un prototipo que pudiera cumplir con las expectativas y los objetivos de la investigación. Con la ayuda de la VR y la colaboración entre usuarios, se desarrolló un prototipo destinado a facilitar el aprendizaje y la comprensión de la problemática por parte de los usuarios. Se buscó integrar las nuevas tecnologías con una narrativa interactiva para atraer al usuario y hacer la experiencia más divertida. Además, se hizo hincapié en la colaboración humana mediante un manual [37], ya que según la Universidad EIA, el aprendizaje colaborativo se basa en que: “La comunicación es la base del aprendizaje, y su eficacia es mayor cuando se lleva a cabo en un ambiente de interacción y conocimientos compartidos.” [13]

Es por eso que, teniendo en cuenta lo anterior, los resultados obtenidos en las pruebas muestran que los usuarios fueron capaces de adaptarse al mundo virtual y completar los niveles al interactuar con sus respectivos compañeros. En este sentido, la colaboración fue clave para entender las mecánicas y obtener información sobre los animales. No obstante, a pesar de que el trabajo muestra una buena recepción por parte de los usuarios, se deben realizar más investigaciones sobre el tema para comprobar su eficacia en comparación con soluciones de carácter individual. Además, es necesario verificar si el aprendizaje difiere cuando los usuarios se conocen previamente o no.

4.6. Exhibición sobre algunos animales en peligro de extinción: el Mono Tití y el Cóndor

Como se ha mencionado previamente, uno de los objetivos primordiales de este proyecto está ligado al componente educativo. De esta manera, en el desarrollo y ejecución de la investigación, se pueden evidenciar aspectos importantes de animales emblemáticos en la región colombiana. Estos son el mono tití y el cóndor andino. En torno a estos animales, están diseñadas todas las interacciones programadas en el prototipo. Gracias a ellos, se realizó la implementación de características y dinámicas que hacen sentir al usuario que está conviviendo y aprendiendo sobre estos animales. Estas características son:

- Entender el terreno y ecosistemas del hábitat de los animales a través de acciones como caminar, percibir y escuchar. Al aplicar estas acciones con gafas de realidad virtual, los usuarios logran identificar estas características del hábitat.
- Aprender sobre los aspectos físicos de los animales. Con el uso de dispositivos de VR, se suele alterar el sentido de la percepción. Los objetos dentro del mundo virtual pueden ser de diferentes tamaños en comparación con la vida real. Esto se debe a las diferencias en el tamaño del terreno y de los objetos. Sin embargo, en el mundo virtual diseñado se intentó implementar dimensiones del terreno similares a las de un entorno real, lo que hizo necesario aplicar lo mismo con los animales para que sus características fueran más realistas e inmersivas. En algunos casos, se aumentó el tamaño de algunos animales para poder identificar mejor sus características físicas.
- Por último, es importante identificar los sonidos emitidos en los niveles. Esto ayuda a estimular más sentidos del usuario y a aumentar el nivel de inmersión para los jugadores. Estos sonidos proporcionan una retroalimentación diferente a la visión, ya que permiten al jugador identificar si realizó una acción correctamente o no. Por ejemplo, en el nivel del cóndor, al obtener un punto por realizar una acción correcta, se emite un tipo de audio específico, mientras que al perder un punto, se emite otro tipo de audio diferente. Lo mismo ocurre en el nivel del mono tití. El jugador sabe que le ha dado comida al mono correcto cuando este emite el sonido característico de los monos titís.

Capítulo 5

Validación del Sistema y Resultados

Para validar el sistema que se ha diseñado y desarrollado, deben existir métodos y procesos que permitan ejecutar un plan de pruebas desde lo más general hasta lo más específico. Esto significa que, para validar que todo el proyecto se ha realizado de manera correcta, se utilizarán los siguientes conceptos como base para formar un plan de pruebas robusto y seguro.

- **Paradigma Shift-Left Testing:** Según Vaddadi [38], el paradigma Shift-Left Testing consiste en revisar el código mientras se está elaborando y no esperar hasta el final del sprint o del proyecto. Para esto se incluyen actividades de calidad desde el inicio del proyecto, con el fin de evitar riesgos o problemáticas tempranas y tener una mejor capacidad de análisis de calidad en cada etapa del proceso. Es decir, se implementa un plan de pruebas.
- **Paradigma Shift-Right Testing:** Según Vaddadi [38], el paradigma Shift-Right Testing consiste en hacer las pruebas al final de cada ciclo. En otras palabras, las pruebas se realizan en producción, esto con el objetivo de encontrar y solucionar problemas cuando el software está en etapa de producción. Aquí se pueden identificar nuevos escenarios y solucionar los problemas que actualmente tiene el proyecto. Esto se considera parte esencial de un buen plan de pruebas para mitigar los errores que no se consideraron en la etapa de desarrollo.

5.1. Validación del Sistema

Para describir la validación del sistema, se va a explicar el plan de pruebas planteado. Para esto, es necesario ver cómo se organizó el desarrollo del proyecto para encontrar errores y problemas.

5.1.1. Plan de pruebas del sistema

En el diseño del plan de pruebas, se decidió probar distintas funcionalidades durante el desarrollo. Esto con el propósito de verificar la correctitud del sistema elaborado, ya que de esta manera se corrigieron errores (tanto esenciales como específicos) en el desarrollo del prototipo.

Entonces, para que el plan de pruebas haya tenido sentido durante todo el desarrollo del proyecto, este se dividió en dos etapas que siguieron los paradigmas mencionados al inicio de este capítulo. Se hicieron pruebas durante el desarrollo del proyecto y cuando se terminó la fase de desarrollo. En ambas etapas se realizaron las mismas pruebas para encontrar errores. No obstante, se llevaron a cabo pruebas adicionales en la etapa de testeo para encontrar más errores y solucionarlos, mejorando así el prototipo con cada prueba que se realizaba. Durante las dos etapas de pruebas, se tomó en consideración los requisitos planteados durante el diseño del proyecto.

Para recordar los requisitos mencionados en el Capítulo 3, estos se describen a continuación.

1. El usuario debe visualizar correctamente el mundo virtual.
2. El usuario necesita poder interactuar con los animales implementados en el mundo (mono tití y cóndor).
3. El usuario debe poder interactuar con objetos dentro del mundo virtual.
4. El usuario debe poder caminar utilizando los mandos de las gafas de realidad virtual dentro del mundo virtual.
5. El usuario necesita utilizar las gafas de realidad virtual para interactuar directamente con el mundo virtual.
6. Tanto el usuario virtual como el del mundo real deben poder interactuar para avanzar en la narrativa.
7. El usuario del mundo real debe ser capaz de explicar las instrucciones de los niveles al usuario virtual para completar las interacciones.

Cabe mencionar que, en cada etapa del plan de pruebas para el paradigma Shift-Left Testing, se realizaron pruebas adicionales. Estas consistían en, una vez terminado

un componente del Sprint, ejecutar el proyecto y evidenciar el porcentaje de calidad del componente. Se prestó especial atención a si presentaba errores o no, así como a si funcionaba como se esperaba o no.

5.1.1.1. Pruebas Realizada

Como se dijo anteriormente, en las dos etapas del plan de pruebas se llevaron a cabo tests con respecto a los requisitos educidos en el Capítulo 3. Para los requisitos se realizaron pruebas específicas que se describen a continuación.

1. **Prueba #1:** Visualizar de manera correcta el mundo virtual.
 - a) **Procedimiento:** Se diseñó y realizó el mundo virtual a medida que se avanzaba en el sprint. Se llevó a cabo la prueba utilizando las gafas de realidad virtual.
 - b) **Resultados esperados:** Se logró visualizar de manera correcta el mundo virtual mediante el uso de las gafas Meta Quest 2. Todos los aspectos diseñados hasta antes de realizar la prueba (características físicas y lógicas) se visualizaron correctamente. Además, la visión dentro del mundo era de 360 grados utilizando el visor de realidad virtual. Cabe destacar que no existe una función de rotación de cámara dentro del juego, por lo que el jugador debe rotar su cuerpo en el mundo real para rotar en el mundo virtual.
2. **Prueba #2:** Interactuar con los animales implementados en el mundo.
 - a) **Procedimiento:** Se diseñaron y desarrollaron los animales en los diferentes niveles del mundo. Luego se utilizaron las gafas de realidad virtual para ejecutar la interacción programada en cada nivel y se visualizaron en la consola los mensajes indicando el éxito o fracaso de la prueba. Se realizó una prueba de éxito y una de fracaso para este requisito.
 - b) **Resultados esperados:**
 - 1) Se logró interactuar con los dos animales elaborados en el mundo virtual de manera individual, obteniendo una retroalimentación positiva que indicaba que se ejecutó de manera correcta la interacción.
 - 2) No se pudo interactuar con los animales y la consola del software indicaba los errores generados por la ejecución del programa.
3. **Prueba #3:** Interactuar con objetos dentro del mundo virtual.
 - a) **Procedimiento:** Se integraron y diseñaron assets con los que se pudiese interactuar dentro del mundo. Para ello, se hicieron pruebas para agarrar

un objeto, soltarlo, tirarlo y presionarlo. Todo lo anterior se realizó usando los mandos y las gafas de realidad virtual para ejecutar y visualizar las pruebas.

b) Resultados esperados:

- 1) Se agarró el objeto deseado con alguno de los dos mandos.
- 2) Se soltó el objeto que se había agarrado anteriormente con los mandos.
- 3) Se tiró el objeto a una distancia lejana del usuario, usando el movimiento de los mandos. Este objeto era el mismo que se había agarrado en el resultado 1.
- 4) Se presionó un objeto, visualizando el cambio de material del mismo.

4. Prueba #4: Caminar usando los mandos del dispositivo de realidad virtual en el mundo.

a) Procedimiento: Se desarrolló un objeto con una cámara que tuviera integradas dependencias para que el jugador, por medio de los mandos del Meta Quest 2, pudiera moverse en todos los ejes del mundo, exceptuando el eje y, que le permite moverse de manera vertical en el mundo. En otras palabras, se inhabilitó la opción de volar.

b) Resultados esperados: Se caminó sobre el mundo en cualquier dirección (exceptuando el eje y) hasta colisionar con los límites de este o con algún objeto que tuviera un collider.

5. Prueba #5: Usar las gafas de realidad virtual para interactuar directamente con el mundo.

a) Procedimiento: Se estableció una conexión entre el software desarrollado y las gafas de realidad virtual Meta Quest 2. De esta forma, se realizó la prueba para verificar la visualización del mundo virtual en los Meta Quest 2 y la capacidad de interacción con este.

b) Resultados esperados: Se visualizó correctamente de manera directa el mundo virtual y se pudo interactuar con el terreno y los objetos disponibles para ello.

6. Prueba #6: Verificar la colaboración entre los usuarios en el prototipo.

a) Procedimiento: Se ejecutaron los dos niveles desarrollados y el jugador que tenía los Meta Quest 2 jugó sin la ayuda del usuario con el manual en el mundo real. En otras palabras, el usuario con las gafas VR no tenía

pistas ni ayudas para terminar la historia. Además, se realizó una prueba con la ayuda del usuario que tiene el manual.

b) Resultados esperados:

- 1) El jugador pudo completar el nivel del mono tití sin tomarse mucho tiempo. Para esto, escogió el alimento correcto y se dirigió al árbol correcto para alimentar al mono adecuado.
- 2) El jugador pudo completar el nivel del mono tití, pero le tomó más tiempo del esperado e intentó con todas las combinaciones entre alimentos, árboles y monos.
- 3) El jugador no pudo completar el nivel del mono tití, al no saber que hacer.
- 4) El jugador no completó el nivel del cóndor, ya que no conocía las acciones que debía realizar ni cuándo realizarlas.
- 5) El jugador pudo completar con dificultad el nivel del cóndor con la ayuda del usuario que tiene el manual, ya que este le indicó las interacciones correctas a realizar.
- 6) El jugador completó el nivel del cóndor con la ayuda del usuario que tiene el manual, ya que este le indicó las acciones que debía realizar en el orden correcto y en el momento adecuado.

7. Prueba #7: Verificar el uso del manual del usuario cuando no se están utilizando las gafas de realidad virtual.

- a) Procedimiento:** Para esta prueba, se pidió al usuario que jugará con las gafas VR y se esperó a que el jugador solicitara ayuda al usuario con el manual que contenía pistas y respuestas para continuar con el nivel.
- b) Resultados esperados:** Después de jugar cada nivel del juego, en cada uno después de un tiempo, el jugador solicitó la ayuda de su compañero con el manual porque no sabía cómo continuar con las interacciones de dicho nivel.

5.1.1.2. Plan de pruebas: Etapa I

En la Etapa I del plan de pruebas se ejecutaron las pruebas mencionadas anteriormente. No obstante, el desarrollo de cada sprint se dividió en un procedimiento iterativo hasta verificar el buen funcionamiento del prototipo dentro del sprint trabajado. Esto con la finalidad de entregar y dar visto bueno al sprint. El procedimiento fue el siguiente:

1. Desarrollar los componentes del sprint hasta alcanzar un porcentaje de aceptación determinado por los desarrolladores.
2. Realizar pruebas según el sprint y el componente que se esté elaborando.
3. Llevar a cabo evaluaciones exploratorias para verificar si hay algún problema dentro del proyecto. Para ello, se utilizan marcas en el código que indiquen el funcionamiento, de manera que, en caso de fallas, se pueda visualizar la ejecución del proyecto a través de la consola.

Este procedimiento del plan de pruebas fue repetido durante el desarrollo de todo el prototipo, con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento del mismo. De esta manera, se podían corregir errores antes de que se hicieran más complejos y difíciles de detectar. De hecho, esta etapa del plan de pruebas se realizó básicamente en todo el desarrollo del sistema. Una vez terminado el desarrollo del prototipo y estuviera listo para probar con la población seleccionada, se pasó a la segunda etapa del plan de pruebas (que consiste en realizar las mismas pruebas y otras adicionales) pero con el sistema terminado, para obtener los resultados de esta investigación.

5.1.1.3. Plan de pruebas: Etapa II

Para la Etapa II del plan de pruebas, se decidió llevar a cabo el mismo procedimiento mencionado anteriormente: ejecutar las pruebas descritas y tener en cuenta los requisitos para corregir errores visuales, de tiempo y estéticos del sistema. Durante esta etapa, se realizaron otras pruebas exploratorias. Es fundamental resaltar la importancia de continuar con más pruebas exploratorias para asegurar una evaluación exhaustiva del sistema.

Algunas pruebas que se hicieron adicionalmente al plan de pruebas anterior fueron:

- Buscar errores en los límites del mundo, verificando las esquinas, árboles, objetos y fracciones de terreno.
- Verificar los colliders y caminos inaccesibles del mundo.
- Realizar las interacciones de diferentes maneras, es decir, mezclando las interacciones de cada nivel. Para ser más preciso, se realizaron pruebas llevando a cabo las interacciones de un nivel y, a la mitad de estas, salir del nivel para ir al otro nivel y hacer las interacciones de este último. De esta manera, se pudo medir si los diálogos y las interacciones seguían funcionando correctamente.
- Utilizar diferentes modelos visores de VR para verificar los cambios visuales y sensoriales que ocurren en el mundo.

- Utilizar los visores de VR durante un período prolongado para medir si el rendimiento se mantiene después de varios minutos de uso (30 a 45 minutos).
- Conectar los visores directamente al equipo que ejecuta el proyecto mediante conexión inalámbrica o una red wifi, con el propósito de medir qué opción ofrece un mejor rendimiento y comodidad al usuario.

5.1.1.4. Resultados del plan de pruebas Etapa I y II

Ahora bien, después de definir los planes de prueba, es importante verificar los resultados obtenidos durante todo el desarrollo. Para ello se mostrarán seis tablas para visualizar los errores y los casos que tuvieron un buen porcentaje de aprobación. Cabe recalcar que los datos que se encuentran registrados en las tablas son: *la cantidad de casos exitosos o fallidos / cantidad de pruebas hechas*.

Es importante mencionar que en algunos sprints se hicieron con más o menos pruebas que en otros debido a las actividades que se tenían por realizar en cada uno. Sin embargo, como se mencionó en los planes de prueba, en cada sprint se ejecutó el mismo plan de prueba para medir los porcentajes de aceptación o fallo con lo que se había desarrollado hasta el momento.

<i>Ejecución del Plan de Pruebas Etapa I (Casos Exitosos)</i>						
	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6
Prueba #1	9/10	3/8	4/5	10/20	14/20	22/30
Prueba #2	4/4	6/8	3/5	11/15	11/20	23/25
Prueba #3	8/8	4/5	5/5	9/12	17/18	15/22
Prueba #4	9/10	10/10	3/3	8/15	12/20	22/26
Prueba #5	17/20	15/15	4/5	9/10	3/12	18/20
Prueba #6	2/2	5/5	5/10	13/15	14/15	8/20
Prueba #7	1/1	3/3	2/10	11/15	13/15	19/20

Tabla 5.1: Ejecución del Plan de Pruebas Etapa I (1/2).

<i>Ejecución del Plan de Pruebas Etapa I (Casos Exitosos)</i>			
	Sprint 7	Sprint 8	Sprint 9
Prueba #1	10/10	3/8	4/5
Prueba #2	13/15	21/22	30/30
Prueba #3	20/20	25/30	28/30
Prueba #4	10/10	15/16	18/20
Prueba #5	8/11	10/11	14/15
Prueba #6	13/15	18/25	23/30
Prueba #7	11/17	20/25	28/35

Tabla 5.2: Ejecución del Plan de Pruebas Etapa I (2/2).

<i>Ejecución del Plan de Pruebas Etapa I (Casos Fallidos)</i>						
	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6
Prueba #1	1/10	5/8	1/5	10/20	6/20	22/30
Prueba #2	0/4	2/8	2/5	4/15	9/20	2/25
Prueba #3	0/8	1/5	0/5	3/12	1/18	7/22
Prueba #4	1/10	0/10	0/3	7/15	8/20	4/26
Prueba #5	3/20	0/15	1/5	1/10	9/12	18/20
Prueba #6	0/2	0/5	5/10	2/15	1/15	12/20
Prueba #7	0/1	0/3	8/10	4/15	2/15	1/20

Tabla 5.3: Ejecución del Plan de Pruebas Etapa I (1/2).

<i>Ejecución del Plan de Pruebas Etapa I (Casos Fallidos)</i>			
	Sprint 7	Sprint 8	Sprint 9
Prueba #1	0/10	5/8	1/5
Prueba #2	2/15	1/22	0/30
Prueba #3	0/20	5/30	2/30
Prueba #4	0/10	1/16	2/20
Prueba #5	3/11	1/11	1/15
Prueba #6	2/15	7/25	7/30
Prueba #7	6/17	5/25	7/35

Tabla 5.4: Ejecución del Plan de Pruebas Etapa I (2/2).

Resumen del Plan de Pruebas Ejecutado						
	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6
Casos Exitosos	90,9 %	85,2 %	60,5 %	69,6 %	70 %	77,9 %
Casos Fallidos	9,1 %	14,8 %	39,5 %	30,4 %	30 %	22,1 %
Total de Casos Exitosos	50	46	26	71	84	127
Total de Casos Fallidos	5	8	17	31	36	36
Total de Casos Ejecutados	55	54	43	102	120	163

Tabla 5.5: Resumen Plan de Pruebas Etapa I (1/2).

Resumen del Plan de Pruebas Ejecutado			
	Sprint 7	Sprint 8	Sprint 9
Casos Exitosos	86,7 %	81,8 %	87,9,5 %
Casos Fallidos	13,3 %	18,3 %	10,9 %
Total de Casos Exitosos	85	112	145
Total de Casos Fallidos	13	25	18
Total de Casos Ejecutados	98	137	165

Tabla 5.6: Resumen Plan de Pruebas Etapa I (2/2).

Como se puede observar en las figuras [5.1](#), [5.2](#), [5.3](#), y [5.4](#), cada prueba se ejecutó por cada sprint, haciendo una tabla de *pruebas vs sprints*, por eso, en todos los sprints se obtuvo más del 50 % en casos exitosos cuando se ejecutaron las pruebas.

Sin embargo, es importante recalcar que a medida que se avanzaba en los sprints, se encontraban más errores debido a problemas con la sincronización de los objetos en el desarrollo de Unity. Además, en las figuras [5.5](#) y [5.6](#) se puede observar el resumen del Plan de Pruebas Etapa I, donde “Casos Exitosos” y “Casos Fallidos” corresponden al porcentaje de los casos exitosos y fallidos respectivamente. De esta manera, se puede comparar la cantidad de casos realizados y su aprobación de manera general para cada sprint. Como se ha mencionado en la investigación, durante los sprints se encontraron varios problemas y errores que se fueron solucionando a medida de estos.

Para las pruebas de la etapa II, se llevó a cabo el mismo proceso mencionado previamente. No obstante, se añadió una característica adicional que corresponde a los requisitos no funcionales. Para registrar esta información, se crearon cuatro tablas, aunque la cantidad de casos realizados en cada tabla no fue demasiada. Esto se debió a que se corrigieron muchos problemas durante la etapa I del plan de pruebas. Sin embargo, al encontrar errores más complejos, se ejecutaron más casos de prueba para abordar estos problemas.

<i>Ejecución del Plan de Pruebas Etapa II</i>						
Pruebas	Casos	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5
Prueba#1	Exitosos	5/5	8/10	3/4	9/13	9/9
	Fallidos	0/5	2/10	1/4	4/13	0/9
Prueba#2	Exitosos	3/3	9/10	4/4	13/15	19/20
	Fallidos	0/3	1/10	0/4	2/15	1/20
Prueba#3	Exitosos	5/5	1/1	7/8	15/15	15/16
	Fallidos	0/5	0/1	1/8	0/15	1/16
Prueba#4	Exitosos	3/3	8/9	5/5	11/12	17/17
	Fallidos	0/3	1/9	0/5	1/12	0/17
Prueba#5	Exitosos	5/6	6/6	5/5	14/15	20/20
	Fallidos	1/6	0/6	0/5	1/15	0/20
Prueba#6	Exitosos	3/3	3/3	8/10	19/20	20/20
	Fallidos	0/3	0/3	2/10	1/20	0/20
Prueba#7	Exitosos	0/0	2/2	4/5	8/10	15/20
	Fallidos	0/0	0/2	1/5	2/10	5/20

Tabla 5.7: Plan de Pruebas Etapa II (1/2).

<i>Ejecución del Plan de Pruebas Etapa II</i>					
Pruebas	Casos	Sprint 6	Sprint 7	Sprint 8	Sprint 9
Prueba#1	Exitosos	11/15	20/20	15/20	20/23
	Fallidos	4/15	0/20	5/20	3/23
Prueba#2	Exitosos	18/18	19/20	27/30	29/30
	Fallidos	0/18	1/20	3/30	1/30
Prueba#3	Exitosos	20/22	15/15	20/21	25/27
	Fallidos	2/22	0/15	1/21	2/27
Prueba#4	Exitosos	21/23	15/15	15/15	18/20
	Fallidos	2/23	0/15	0/15	2/20
Prueba#5	Exitosos	17/20	20/22	17/22	27/30
	Fallidos	3/20	2/22	5/22	3/30
Prueba#6	Exitosos	28/30	28/30	16/20	25/27
	Fallidos	2/30	2/30	4/20	2/27
Prueba#7	Exitosos	17/21	19/20	20/20	15/22
	Fallidos	4/21	1/20	0/20	7/22

Tabla 5.8: Plan de Pruebas Etapa II (2/2).

<i>Resumen del Plan de Pruebas Ejecutado</i>						
	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6
Casos Exitosos	87.5 %	88.2 %	81.1 %	89.2 %	90.9 %	88 %
Casos Fallidos	12.5 %	11.8 %	18.9 %	10.8 %	9.1 %	11.7 %
Total de Casos Exitosos	28	45	43	107	140	168
Total de Casos Fallidos	4	6	10	13	14	23
Total de Casos Ejecutados	32	51	53	120	154	191

Tabla 5.9: Resumen Plan de Pruebas Etapa II (1/2).

<i>Resumen del Plan de Pruebas Ejecutado</i>			
	Sprint 7	Sprint 8	Sprint 9
Casos Exitosos	95.1 %	89.6 %	90 %
Casos Fallidos	5 %	10.4 %	10.1 %
Total de Casos Exitosos	173	164	197
Total de Casos Fallidos	9	19	22
Total de Casos Ejecutados	182	183	219

Tabla 5.10: Resumen Plan de Pruebas Etapa II (2/2).

Como se puede detallar en las figuras [5.7](#) y [5.8](#), se registran el mismo tipo de datos, que son los casos de cada tipo (exitoso o fallido) sobre la cantidad de casos ejecutados por prueba en cada sprint. Además, por cada prueba se puede observar tanto los casos exitosos como los casos fallidos que se ejecutaron por cada sprint. Sin embargo, lo más importante que se debe considerar son las figuras [5.9](#) y [5.10](#), las cuales resumen todos los datos mostrados de las pruebas. Nuevamente, las pruebas de la etapa II tuvieron mejores resultados, ya que en comparación con los resultados en la etapa I (figuras [5.5](#) y [5.6](#)), el porcentaje de aprobación de los casos ejecutados en todos los sprints fue mayor al 80 %, lo cual demuestra una mejora en comparación con la etapa I. La mayoría de errores registrados fueron corregidos y se mejoró el sistema para evitarlos nuevamente.

5.1.2. Pruebas con usuarios

Las pruebas con usuarios se llevaron a cabo una vez que el desarrollo del prototipo estuviera finalizado y validado mediante el plan de pruebas descrito en la sección anterior.

Del 14 al 18 de enero de 2024, se llevó a cabo la primera validación del sistema con diferentes personas seleccionadas voluntariamente. Se les preguntó si deseaban participar en la validación del sistema, explicándoles detalladamente en qué consistía toda la idea del prototipo, el contexto de la historia y cómo debían interactuar. Cada sesión de validación fue realizada por parejas, ya que el proyecto requiere la colaboración de dos personas para llevar a cabo todas las interacciones durante la ejecución del prototipo.

Estas sesiones de validación se llevaron a cabo en uno de los laboratorios de computación del edificio Guayacanes de la Pontificia Universidad Javeriana Cali (Figura

5.1). Se utilizaron los equipos descritos en el Capítulo 4, en la sección de dispositivos de desarrollo. Es importante destacar que se realizaron pruebas con menores de edad, acompañados en todo momento por un adulto. Además, una de las pruebas se llevó a cabo en una casa.



(a) Distribución Física del Laboratorio

(b) Conexión de los Meta Quest 2

Figura 5.1: Imagen del laboratorio de computación donde se hicieron las pruebas en la Pontificia Universidad Javeriana Cali

5.1.2.1. Población escogida

Antes de hablar de la población escogida para las pruebas, hay que recordar que la población objetivo del proyecto son los niños. En la sección 1.4, se mencionó que un aliado importante para el proyecto es el instituto para niños ciegos y sordos. Con el instituto se planea, a futuro, realizar pruebas con el prototipo para validar el aporte del proyecto a la problemática de los animales en peligro de extinción en niños. Es por eso que, para entender a la población escogida para hacer las validaciones, se tomó en cuenta que el aprendizaje en las personas es diferente. Uno de los factores importantes es la edad de las personas, pues la manera de entender, percibir e interpretar de una persona es muy distinta dependiendo de la edad. Por ejemplo, según García [39], el aprendizaje en los niños tiene un impacto dependiendo de la edad. Si se amplifica a personas adultas, la comparación entre el aprendizaje sobre un tema y la interpretación es diferente medida en un niño y en un adulto. Además, con estas primeras pruebas se buscó entender la dificultad del prototipo para ajustarlo a la capacidad de los niños. También se buscó determinar si el manual del mundo real era entendible para completar los niveles de manera colaborativa sin ayuda de los desarrolladores.

Para esto, se decidió en hacer las validaciones en parejas con los siguientes rangos

de edad:

Grupo	Rango de Edad	Cantidad de parejas
Niños	6-12 años	1
Adolescentes	13-18 años	1
Adultos Jóvenes	14-26 años	3
Adultos	27-59 años	1

Tabla 5.11: Grupos de la Población escogida

El total de personas que participaron en la primera validación fue de 12, siendo el grupo más significativo el de adultos jóvenes. Con ellos, como se mencionó anteriormente, se buscó evaluar la dificultad para completar el prototipo y la claridad de las instrucciones del manual. Esto implica que las respuestas obtenidas fueron precisas, específicas y altamente coherentes. Además, como se ha señalado en [39], el proceso de aprendizaje en los niños varía según la edad. En otras palabras, el aprendizaje difiere entre niños en edad escolar y adolescentes. Es por esto que, a medida que las personas son de mayor edad, es posible obtener un mejor entendimiento de las preguntas y respuestas más sólidas de ellos.

No obstante, los otros tres grupos de edad también ofrecieron información valiosa para el proyecto. El grupo de adultos mostró que un juego puede resultar complicado para personas que no están acostumbradas a jugar videojuegos, mientras que el grupo de niños mostró una mayor interacción con los animales a pesar de no tener tan claras las instrucciones del juego en comparación con los adultos jóvenes.

Antes de iniciar cada prueba con los usuarios, se les explicó el propósito de la prueba, el contexto del proyecto, el contexto de la narrativa y lo que deben hacer de manera general para completar las interacciones. Los resultados obtenidos de estas validaciones se hicieron por medio de grupos focales. Los grupos focales, según Hamui [40], se definen como: “Un espacio de opinión para captar el sentir, pensar y vivir de los individuos, provocando auto-explicaciones para obtener datos cualitativos.” Además, se puede entender como una entrevista grupal entre los investigadores y la población sujeta a las validaciones realizadas.

Para realizar estos grupos focales, se les realizaron a cada pareja tres etapas de preguntas:

1. **Pregunta general antes de iniciar el juego:** ¿Qué opina sobre la problemática de los animales en peligro de extinción?
2. **Preguntas durante el juego:**

- a) ¿Se siente cómodo con los visores?
- b) ¿Es fácil para usted identificar cada objeto en el mundo?
- c) ¿Es fácil para usted leer los diálogos y las imágenes que están a su alrededor?
- d) ¿Son claras las instrucciones del manual?
- e) ¿Cuál es su sensación al ver e interactuar con el mundo virtual?
 - 1) **Preguntas nivel Mono Tití:** ¿Qué aprendió sobre el mono tití?
 - 2) **Preguntas nivel Cóndor:** ¿Qué aprendió sobre el cóndor?

3. Preguntas después del juego:

- a) ¿Cómo se sintió durante toda la interacción del juego?
- b) ¿Le fue sencillo adaptarse al mundo virtual?
- c) ¿Qué sintió al ver a los animales?
- d) ¿Sintió que aprendió más sobre los animales al terminar este prototipo?
- e) ¿Se sintió cómodo con su compañero?
- f) ¿Qué opina de la narrativa del juego?
- g) ¿Qué opina sobre la problemática de los animales en peligro de extinción ahora que jugó el juego?
- h) ¿Qué opina del manual de ayuda?
- i) ¿Fue claro el propósito del prototipo con respecto a la problemática mencionada?

Para ilustrar mejor esta fase de validación, se mostrarán imágenes de la población con la que se validó el prototipo en las sesiones programadas (se puede evidenciar esta parte en la sección [1](#) de anexos).

5.2. Resultados

En esta sección se describirán los resultados obtenidos durante la validación del sistema con las preguntas descritas anteriormente. El objetivo es mostrar las diferentes opiniones y percepciones que tienen los distintos usuarios sobre el prototipo propuesto. Durante las pruebas, se obtuvieron tanto respuestas positivas como críticas sobre

el diseño e implementación, así como comentarios acerca del manual y la narración, entre otros aspectos.

Para describir de manera específica estos resultados, se organizaron grupos focales con las parejas participantes para que respondieran a las preguntas descritas en la sección de validación y sugirieran otros comentarios que complementaran sus respuestas. A continuación, se presentarán los resultados generales obtenidos, así como los resultados específicos de cada pareja validada.

5.2.1. Resultados específicos

Para obtener resultados específicos, se mostrará la respuesta del grupo focal de cada pareja. Las respuestas se encuentran en los anexos [.1](#). Dichas respuestas están enumeradas y seguirán el mismo orden en el que se mostraron en la sección anterior. Es decir, la respuesta que se muestra en la letra marcada es correspondiente a la pregunta que está marcada por la misma letra (para esto, revisar la sección [5.1.2.1](#) en el apartado de preguntas).

Todos estos comentarios fueron obtenidos de grupos focales a través de grabaciones de voz, con su consentimiento informado y su permiso para ello. Se rescataron todos los comentarios que más repitieron los usuarios y algunos que se consideran importantes para el análisis de resultados en las próximas sesiones. Además, todos los participantes accedieron a publicar las fotos tomadas durante las pruebas para esta investigación.

Es pertinente mencionar que muchos de los participantes presentaban algún problema de visión, ya que tenían que usar anteojos para detallar el texto, para leer y para detallar los objetos del mundo virtual. Las gafas Meta Quest 2, por su amplitud en el apartado de visión, permiten colocar las gafas dentro de los visores e igualmente usarlos como cualquier usuario que no esté usando gafas.

5.2.2. Resultados generales

Luego de obtener los resultados específicos de cada pareja, se recolectaron y resumieron los siguientes resultados generales.

- La mayoría de los usuarios tuvieron incomodidades usando los visores, ya que la mayoría usa anteojos para corregir problemas de visión. La mayoría de los usuarios tenían miopía.
- Varios usuarios se marearon usando los visores, debido a que no estaban acostumbrados a utilizar este tipo de tecnologías.

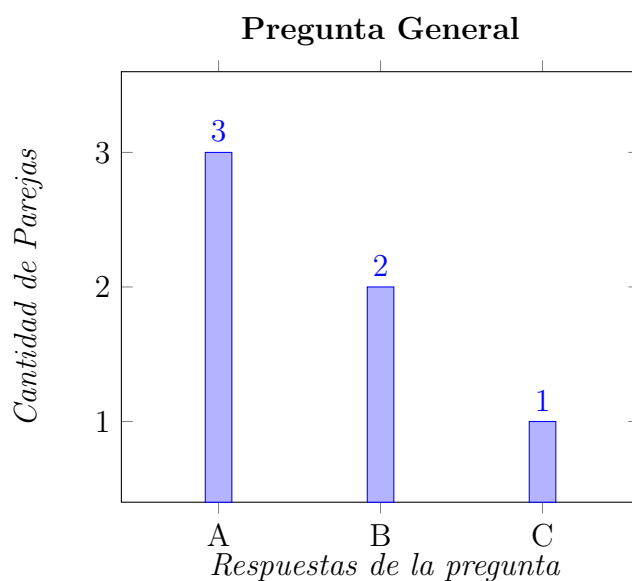
- La mayoría de las parejas validadas aprendieron algo de alguno, o de los dos, niveles que se jugaron. Esto se debe a que ya conocían a los animales o no sabían la información que se les suministró.
- Para la mayoría de las personas que usaron el manual, fue claro el contexto que se hablaba. Sin embargo, muchos usuarios indicaron que las instrucciones no estaban claras y se debían presentar como un paso a paso, punto por punto, para que el jugador entendiera lo que debía indicar al jugador del mundo virtual.
- La mayoría de los jugadores que usaron los visores encontraron novedoso y entretenido interactuar con los animales mediante este medio.
- Todas las parejas que fueron validadas encontraron que su comunicación debe ser pertinente a la hora de hacer las interacciones, ya que a la mayoría le resultó difícil dar las indicaciones y ejecutarlas adecuadamente.
- Todas las personas, ya sea que usaron los visores o el manual, luego de jugar, reafirmaron su apoyo en contra de la problemática de los animales en peligro de extinción. Se puede decir que incrementaron su apoyo después de jugar el prototipo en contra de esta problemática.

Es importante mencionar que, aunque los usuarios hayan encontrado errores en el prototipo, todos aprendieron algo de los niveles que jugaron. Por lo tanto, el propósito del prototipo fue muy positivo con respecto al aprendizaje sobre animales en peligro de extinción en Colombia. En adición, todas las parejas validadas están de acuerdo en apoyar la lucha contra esta problemática.

5.2.3. Análisis de los resultados

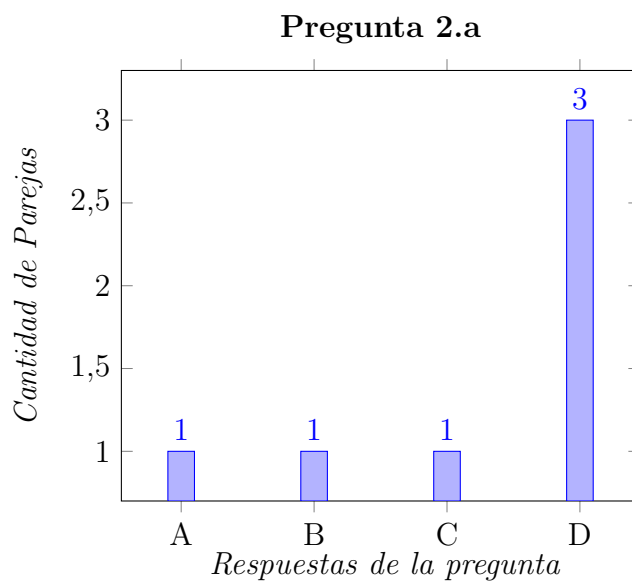
Después de haber hecho las validaciones con diferentes parejas de distintas edades, se obtuvieron una serie de resultados cualitativos, los cuales se pueden revisar en la sección [.1](#) de anexos. Como se describió anteriormente, se hicieron varias preguntas de las cuales se seleccionaron algunas de las más importantes, para analizar los criterios que están más relacionados con los objetivos de esta investigación.

Para analizar estos resultados se han propuesto 7 gráficas de barras, cada una por pregunta, en las cuales se encuentran la cantidad de parejas contra las respuestas repetidas en dicha pregunta, si desea ver con más detenimiento las respuestas de las otras preguntas, en la sección [.1](#) se pueden encontrar.



El significado de las letras del gráfico de la pregunta general son:

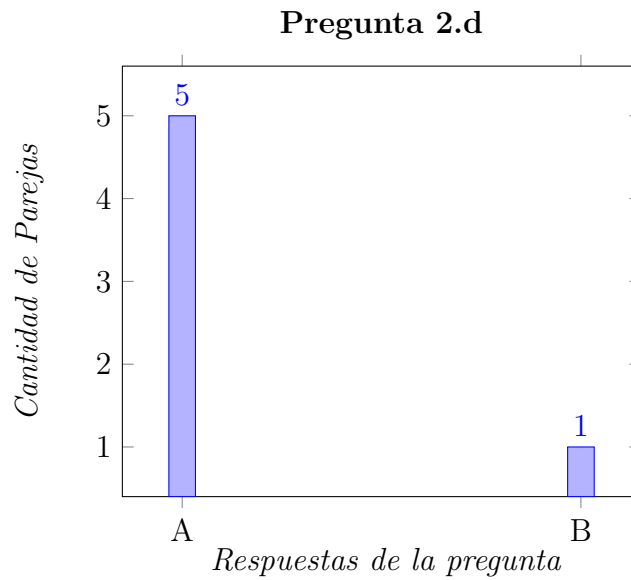
- **A:** Generar conciencia.
- **B:** Cambiar la problemática.
- **C:** Culpa de los humanos.



El significado de las letras del gráfico de la pregunta 2.a son:

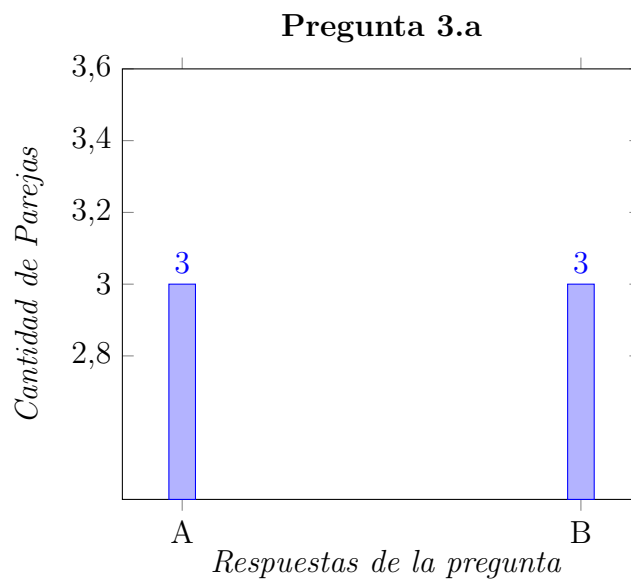
- **A:** Incómodos.

- **B:** Complicados de ajustar.
- **C:** Sensación de vacío.
- **D:** Cómodos.



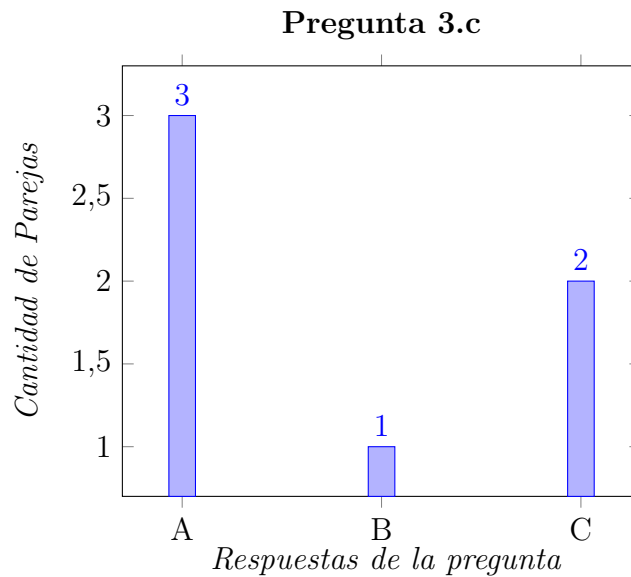
El significado de las letras del gráfico de la pregunta 2.d son:

- **A:** Claras y sencillas.
- **B:** No se entienden.



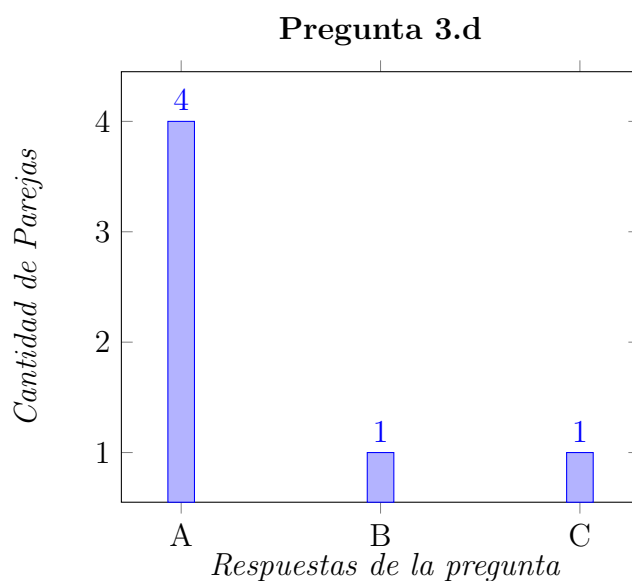
El significado de las letras del gráfico de la pregunta 3.a son:

- **A:** Conexión con el mundo virtual.
- **B:** Mareo.



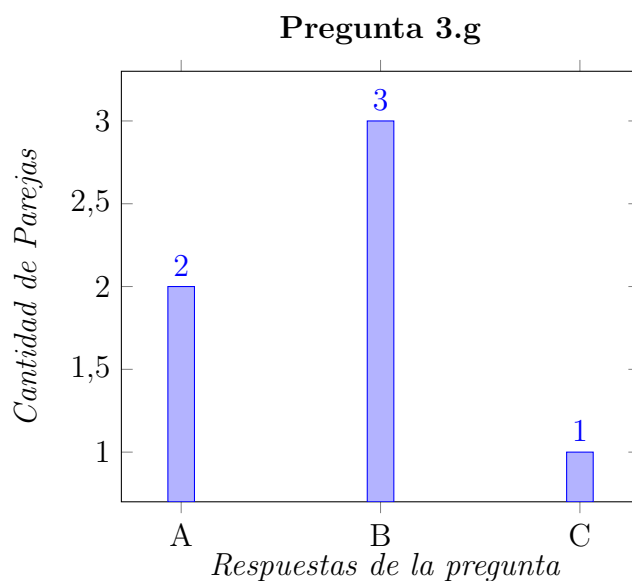
El significado de las letras del gráfico de la pregunta 3.c son:

- **A:** Se podía detallar bien sus características físicas.
- **B:** Amigables.
- **C:** Divertidos.



El significado de las letras del gráfico de la pregunta 3.c son:

- **A:** Se aprendió mucho.
- **B:** No aprendió nada.
- **C:** Sensación de tener a los animales más cerca.



El significado de las letras del gráfico de la pregunta 3.c son:

- **A:** Gran impacto en el mundo.

- **B:** Tener Conciencia.
- **C:** Mayor sensación de proteger a los animales.

Ahora bien, al analizar los resultados de los gráficos, se observa que las personas aprendieron considerablemente durante la interacción con el prototipo. Además, los resultados muestran que hubo cambios leves en las respuestas entre la pregunta general y la pregunta 3.g, lo cual indica un mayor apoyo contra esta problemática. A nivel de detalle, la mayoría de las parejas se sintieron cómodas con los visores, aunque algunos usuarios experimentaron mareos o molestias en la vista, especialmente aquellos con problemas de visión que utilizaban gafas por primera vez.

Por lo tanto, estos gráficos revelan algunas preguntas relevantes para su análisis. A través de estas preguntas, se mide el nivel de aprendizaje de los usuarios, el cual fue alto para casi todas las parejas, y se evalúa la concientización mediante la comparación entre la pregunta general y las preguntas específicas. Por consiguiente, se obtuvieron resultados muy positivos en términos de mantener la misma postura o incluso de apoyar más la problemática abordada por el prototipo.

5.2.4. Comentarios adicionales y sugerencias

Durante todas las pruebas, cada uno de los usuarios nos dio su retroalimentación del juego. A pesar de que habían algunos errores en el prototipo durante las interacciones, se rescataron muchos comentarios a favor y sobre todo el aprendizaje de las personas fue significativo, Ya que entendieron el propósito del mismo y encontraron nuevos conocimientos y habilidades que no conocían (como la comunicación entre usuarios).

Algunos de los comentarios y sugerencias fueron los siguientes:

- Debería haber una opción para repetir los diálogos en caso de que se quiera recordar el último diálogo o si no se ha prestado mucha atención a estos.
- Las indicaciones en el juego deberían ser claras para seguir el camino correcto durante el nivel del cóndor y para entender dónde empezar en el nivel del mono tití.
- Las indicaciones en el manual deberían ser claras y específicas para indicarle al usuario cómo hacer una mejor interacción y evitar tantos problemas.
- Los diálogos no son claros sobre lo que se debe hacer en la interacción del nivel del mono tití y no se entiende qué se debe hacer en la interacción.
- Las instrucciones de los niveles deberían ser paso a paso, ya que parece solo texto de lectura, no de seguimiento paso a paso para superar la interacción.

- Las instrucciones son muy largas para seguir, se recomienda reducirlas para hacerlas precisas y fáciles de entender.
- Las instrucciones deberían ser como si se tuviera una receta.
- El prototipo está muy bien hecho y a varios usuarios les pareció adecuado para lo que se quiere lograr con esta problemática de los animales en peligro de extinción.
- Reducir la caminata entre niveles.
- Colocar texto durante el camino como guía para que el usuario entienda cómo debe prepararse para el nivel y no se sienta tan perdido durante el juego.
- A los niños de corta edad no les interesaron los diálogos durante la primera prueba, pero sí los entendieron en la segunda.
- El manual fue complicado para los niños, ya que no entendieron muchas cosas durante la primera prueba. De hecho, el compañero del manual iba físicamente a ayudar al compañero con las gafas de realidad virtual y le ayudaba a hacer la pose correspondiente del aro en el nivel del cóndor.

Cabe resaltar que la mayoría de las sugerencias fueron corregidas durante la etapa de pruebas, ya que eran cambios que se podían realizar durante la semana de validación.

5.2.5. Conclusión de los resultados validados

Durante todas las validaciones realizadas, se encontraron resultados un poco inesperados. Esto se debió a que se detectaron ciertos errores en el prototipo, lo que ocasionaba una desconexión entre la inmersión del juego y el jugador. Sin embargo, a pesar de las fallas en el prototipo, las personas aprendieron sobre temas importantes. De hecho, todos adquirieron conocimientos sobre los animales y apreciaron el propósito del juego. Sus comentarios fueron enriquecedores para identificar mejoras en el prototipo y para evaluar si las personas realmente aprendieron de estas interacciones.

Algo importante que la mayoría de las parejas recalcaron fue el hecho de la comunicación, pues se les presentó un reto para entender al otro jugador, y todos reflexionaron sobre la forma en la que se comunican con las personas. Esto se entiende como un efecto colateral ocasionado por el prototipo, ya que la colaboración fue una de las ideas principales de donde nació el proyecto ColaboraFari VR. Los usuarios comprendieron la problemática de los animales y desarrollaron nuevas habilidades que no sabían que debían desarrollar, además reflexionaron sobre cómo se comunican con los demás.

Cabe resaltar que para algunas personas fue complicado terminar todos los niveles (el nivel del cóndor fue el más complicado). Puesto que solo una pareja pudo completar los dos niveles y ganar los trofeos. Además, la gran mayoría sintió que aprendió algo nuevo usando este prototipo, puesto que no conocían a los animales que estaban en los niveles. Esto les generó una nueva perspectiva y la resaltaron más cuando terminaron de probar el prototipo, destacando la importancia de cuidar a los animales que se encuentran en peligro de extinción.

Objetivamente hablando sobre el propósito del prototipo, cerca del 100% de las personas validadas encontraron que era importante y enriquecedor. Este tipo de prototipos ayuda a niños y adultos a comprender la importancia de los animales en peligro de extinción. Todas las parejas validadas notaron que el uso de esta tecnología (realidades expandidas) les ayudó a visualizar la problemática de los animales en peligro de extinción en Colombia y a promover la divulgación y el aprendizaje del tema. De hecho, la mayoría de los jugadores sintieron que la narrativa contribuyó a hacer la experiencia del mundo del juego más inmersiva.

Capítulo 6

Conclusiones y Trabajo Futuro

6.1. Conclusiones

Después de haber desarrollado y diseñado el prototipo, diseñar un plan de pruebas, realizar las validaciones del mismo y obtener datos a través de las pruebas. Se puede concluir que el sistema de colaboración funcionó bien en casos donde la comunicación entre los usuarios fue buena. Sin embargo, el prototipo necesita mejoras, ya que la idea del safari virtual colaborativo es muy prometedora y parece tener resultados muy positivos. Algunos usuarios encontraron errores que no se habían identificado en el plan de pruebas inicial. Es importante destacar que varios de estos errores fueron corregidos durante las sesiones de prueba, aunque no todos debido a limitaciones de tiempo.

Es importante mencionar que el diseño de este sistema demuestra que se pueden evaluar aspectos sociales, educativos y comunicativos mediante el uso del prototipo. Los resultados muestran que muchos usuarios aprendieron sobre los animales con los que interactuaron. Antes de probar el prototipo, todos los usuarios tenían una opinión similar con respecto a la problemática de los animales en peligro de extinción, ya que la mayoría afirmó que este era un problema que debía abordarse. Más importante aún es que, al jugar con el prototipo del safari virtual, los usuarios reafirmaron su opinión sobre la problemática y, según sus respuestas, se puede decir que estaban más conscientes de ella debido a las cosas que aprendieron y vieron durante las pruebas.

Se puede decir que la aplicación mostró resultados positivos de acuerdo a las características que se querían medir, tales como: aprendizaje, inmersión y colaboración. Las tecnologías de realidades extendidas han demostrado resultados innovadores en el campo de la educación, y en este caso, en el ámbito de la conservación animal.

Un efecto secundario derivado de la concientización y el aprendizaje sobre los animales en peligro de extinción es que las personas interioricen este conocimiento y lo apliquen en su vida diaria. En otras palabras, es fundamental que se apoye y se promueva un cambio en contra de la problemática mencionada. Además, otro efecto secundario es la mejora en la comunicación entre los usuarios, ya que al jugar el prototipo comprenden la importancia de una comunicación más efectiva con sus compañeros.

Por último, se ha evidenciado que se han cumplido todos los objetivos propuestos en la presente investigación. En cuanto al objetivo general, se desarrolló un prototipo que fomenta la colaboración para el aprendizaje de animales en peligro de extinción, el cual no solamente ha funcionado para niños sino también para adultos. Respecto a los objetivos específicos, de los 4 animales colombianos en vía de extinción, solo se estudiaron 2 de ellos, debido a factores como el tiempo y la disponibilidad de componentes como las animaciones, assets y sonidos. Se diseñó un sistema basado en una narrativa interactiva en la cual solo se podía completar el juego si se realizaban todas las interacciones. Los comentarios de las pruebas indican que la narrativa es adecuada para niños y atractiva, además de que los niños que probaron el prototipo se sintieron inmersos y aprendieron acerca de la problemática. Además, el diseño del prototipo fue implementado en Realidad Virtual utilizando las gafas Meta Quest 2, donde hubo una fase de validación mediante un plan de pruebas y unas sesiones con personas de distintas edades.

6.2. Trabajo Futuro

Durante el desarrollo del proyecto, se encontraron problemas en el prototipo que impedían la continuidad de la historia. Surgieron otros errores tras las correcciones realizadas durante la validación. No obstante, se logró completar el juego y alcanzar la inmersión. Varios usuarios destacaron que es necesario mejorar los diálogos, ya que no existe la opción de repetirlos y son difíciles de leer.

Además, es necesario añadir el diseño de los dos niveles restantes con los animales faltantes, ya que debido a cuestiones de tiempo no se pudieron desarrollar durante el periodo de investigación. Dados los resultados obtenidos en esta investigación, es probable que la construcción de los dos niveles restantes, que incluyen al oso de anteojos y al jaguar, pueda ofrecer un mayor nivel de inmersión, aprendizaje y jugabilidad para los usuarios, especialmente para los niños, a quienes les resulta novedoso y de lo cual se puede aprender.

Otro aspecto a mejorar dentro del prototipo son las distancias. Se ha observado que entre los niveles existen muchos puntos muertos, algo que varios usuarios han desta-

cado. Para mejorar la inmersión, se ha considerado la posibilidad de incorporar un vehículo, similar a los safaris reales, que permita a los usuarios acortar las distancias y visualizar el mundo de una manera diferente a la caminata. Además, dentro del nivel del cóndor, se ha mencionado el tema de la ruta, ya que esta resultaba difícil de seguir y presentaba saltos que ocasionaban mareo y vértigo en algunos usuarios.

Por último, el manual del usuario requiere mejoría, ya que las instrucciones del juego no están claras. Una posible mejora sería separarlo en secciones para facilitar su comprensión. Estas secciones podrían dividirse en:

- **Narrativa:** Aquí el usuario aprendería sobre los animales presentes en el juego y su entorno.
- **Mecánicas:** Esta sección proporcionaría información sobre las diferentes mecánicas del juego, como los controles, las interacciones a realizar y otros aspectos relacionados con la jugabilidad.
- **Instrucciones:** En esta sección, el usuario recibiría instrucciones detalladas sobre cómo completar cada nivel, incluyendo objetivos específicos, consejos útiles y cualquier otro detalle relevante para progresar en el juego.

Bibliografía

- [1] Iglesia Católica. Papa (2013 - : Francisco)., & Francisco, P. (2015). Laudato SI': Carta encíclica del Sumo Pontífice Francisco : a los obispos, a los presbíteros y a los diáconos, a las personas consagradas y a todos los fieles laicos sobre el cuidado de la casa común. Lima: Paulinas
- [2] Ministerio de Ambiente de Colombia. (2022). Se redujo y disminuyó la deforestación en Colombia durante los últimos cuatro años. Tomado de: <https://www.minambiente.gov.co/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/se-reduce-y-se-contiene-la-deforestacion-en-colombia-durante-los-ultimos-cuatro-anos/>
- [3] L. García. (2021). Crisis ambiental en Colombia. Universidad Central, Bogotá, Colombia. <https://www.ucentral.edu.co/noticentral/crisis-ambiental-colombia>
- [4] EFE: (2021). Actividad humana fuerza a animales a alejarse de su hábitat para vivir. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/actividad-humana-fuerza-a-animales-a-alejarse-de-su-habitat-para-vivir-564475>
- [5] G. Castillo. (2019). Falta concientización para proteger animales en peligro de extinción. El Sol de Córdoba. <https://www.elsoldecordoba.com.mx/local/falta-concientizacion-para-proteger-animales-en-peligro-de-extincion-3436031.html>
- [6] D. Allison & L. F. Hodges. (2000). Virtual reality for education? In Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology (VRST '00). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 160–165. <https://doi.org/10.1145/502390.502420>
- [7] M. Nina & P. Bernal. ELABORACIÓN Y DIFUSIÓN DE MINI- DOCUMENTALES COMO HERRAMIENTA DE COMUNICACIÓN PARA

- CONCIENTIZAR A LOS ESTUDIANTES DE SECUNDARIA QUE VISITAN EL ZOOLOGICO VESTY PAKOS. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24771/PG-764.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] M. Farshid, J. Paschen, T. Eriksson, & J. Kietzmann. (2018). Go boldly!: Explore augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) for business. *Business Horizons*, 61(5), 657-663. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.05.009>
- [9] S. Park & Y. Kim. (2022). A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 4209-4251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175>
- [10] J. Zheng, K. Chan & I. Gibson. (1998). Virtual reality. in *IEEE Potentials*, vol. 17, no. 2, pp. 20-23. <https://doi.org/10.1109/45.666641>
- [11] (2021). 8 BENEFICIOS QUE APORTA LA TECNOLOGÍA EN LA EDUCACIÓN ACTUAL Y FUTURA. INNOVA SCHOOLS COLOMBIA. Bogota, Colombia.
- [12] (2019). Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo, celebra el Día Mundial de la Biodiversidad. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo-celebra-el-dia-mundial-de-la-biodiversidad/>
- [13] (2020). APRENDIZAJE COLABORATIVO Construcción conjunta de aprendizajes. Universidad EIA, Envigado, Colombia. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/6229>
- [14] Organización de las Naciones Unidas. (2023). Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>
- [15] G. YILDIRIM, M. ELBAN & S. YILDIRIM. (2018). Analysis of Use of Virtual Reality Technologies in History Education: A Case Study. *Asian J. Educ. Training*, vol. 4, n.º 2, pp. 62-69. <https://doi.org/10.20448/journal.522.2018.42.62.69>
- [16] J. L. Orihuela, (2009). Narraciones interactivas: el futuro no lineal de los relatos en la era digital. *Palabra Clave*, 2. <https://palabraclave.unisabana.edu.co/index.php/palabraclave/article/view/338>

- [17] S. Barab, M. Thomas, t. Dodge, R. Carteaux & H. Tuzun. (2005). Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. *ETR&D* 53, 86–107. <https://doi.org/10.1007/BF02504859>
- [18] K.D Squire, & M. Jan. (2007). Mad City Mystery: Developing Scientific Argumentation Skills with a Place-based Augmented Reality Game on Handheld Computers. *J Sci Educ Technol* 16, 5–29. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9037-z>
- [19] A. Krekhov, S. Cmentowski, & J. Krüger. (2018). VR Animals: Surreal Body Ownership in Virtual Reality Games. In *Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts (CHI PLAY '18 Extended Abstracts)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 503–511. <https://doi.org/10.1145/3270316.3271531>
- [20] O. Shavab, L. Yulifar, N. Supriatna & A. Mulyana. (2021). Gamification in History Learning: A Literature Review. *Proceedings of the 6th International Conference on Education & Social Sciences (ICESS 2021)* <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210918.047>
- [21] M. Slater, B. Spanlang, M. Sanchez-Vives & O. Blanke. (2010). First Person Experience of Body Transfer in Virtual Reality. *PLOS ONE* 5(5): e10564. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010564>
- [22] K. Schwaber & J. Sutherland. (2020). La Guía de Scrum. Traducción al español por L. Salazar & M. Lopez. [scrumguides.org. https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American.pdf](https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-Spanish-Latin-South-American.pdf)
- [23] K. Beck, et all. (2001). Manifesto for Agile Software Development. [agilemanifesto.org. https://agilemanifesto.org](https://agilemanifesto.org)
- [24] F. Llorens, F. Gallego, C. J. Villagrà-Arnedo, P. Compañ-Rosique, R. Satorre-Cuerda & R. Molina-Carmona. (2016). Gamification of the Learning Process: Lessons Learned. in *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 11, no. 4, pp. 227-234 <https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2619138>
- [25] D. López-Fernández, J. Mayor, J. Pérez & A. Gordillo. (2023). Learning and Motivational Impact of Using a Virtual Reality Serious Video Game to Learn Scrum. in *IEEE Transactions on Games*, vol. 15, no. 3, pp. 430-439. <https://doi.org/10.1109/TG.2022.3213127>

- [26] A. Pregowska, M. Osial & A. Gajda. (2023). What will the education of the future look like? How have Metaverse and Extended Reality affected the higher education systems? *Metaverse Basic and Applied Research*, vol. 3, p. 57. <https://doi.org/10.56294/mr202457>
- [27] (2020) Mono Tití cabeciblanco. REDACCIÓN NATIONAL GEOGRAPHIC. <https://www.nationalgeographicla.com/animales/2020/04/mono-titi>
- [28] (2018). Mono Tití del Caquetá: de descubierto a En Peligro de extinción en 8 años — Colombia. MONGABAY LATAM <https://es.mongabay.com/2018/07/colombia-mono-titi-del-caqueta-en-peligro-de-extincion>
- [29] EVERYTHING YOU WANT TO KNOW ABOUT THE ENDANGERED MONO TITÍ. Titi Conservation Alliance. <https://monotiti.org/the-endangered-titi/>
- [30] Cóndor andino. REDACCIÓN NATIONAL GEOGRAPHIC. <https://www.nationalgeographic.es/animales/condor-andino>
- [31] (2018). El Cóndor Andino. Fundación Cóndor. <https://fundacioncondor.org/elcondorandino/>
- [32] Cóndor: una especie clave en el equilibrio del ecosistema andino. argentina.gob. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/accion/condor-andino>
- [33] J. K. Nurminen. (2016). A Framework for Measuring Testability. Tampere University of Technology. <https://trepo.tuni.fi/handle/123456789/27593>
- [34] D. Bell. (2003). UML Basics: An introduction to the Unified Modeling Language. IBM Developer Works. <https://developer.ibm.com/articles/an-introduction-to-uml>
- [35] L. M. Manene. (2011). Los DIAGRAMAS DE FLUJO: su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones. Blog de Luis Miguel Manene. <https://luismiguelmanene.wordpress.com/2011/07/28/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-elaboracion-fases-reglas-y-ejemplos-de-aplicaciones/>
- [36] D. Lee & M. Yannakakis. (1996). Principles and methods of testing finite state machines—a survey. in *Proceedings of the IEEE*, vol. 84, no. 8, pp. 1090-1123. <https://doi.org/10.1109/5.533956>
- [37] L. Salazar & G. Salazar. (2024). Guía colaborador mundo real: ColaboraFari VR. Verison Alpha 1.3. <https://docs.google.com/document/d/1Nn0Y1z4ZYhQg79INrhAX4ze1629MkRxDDUd7hovnQdU/edit?usp=sharing>

- [38] S.A. Vaddadi, R. Thatikonda, A. Padthe & P. Arnepalli. (2023). Shift left testing paradigm process implementation for quality of software based on fuzzy. *Soft Comput* <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08741-5>
- [39] L. S. Vygotski. (1984). Learning and intellectual development during school age, *Journal for the Study of Education and Development*, 7:27-28, 105-116. <https://doi.org/10.1080/02103702.1984.10822045>
- [40] A. Hamui & M. Varela. (2013). La técnica de grupos focales. *Investigación educ. médica*, vol.2, n.5, pp.55-60. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2007-50572013000100009

.1. Anexo A: Resultados Grupo Focal

- **Pareja 1:** Los encuestados tienen edades de 18 y 21 años, como se muestra en la Figura 1.

1. **Pregunta general:** Los comentarios que más mencionaron fueron: "ha sido ocasionado por el ser humano", "se debe generar conciencia acerca de los animales porque conviven con nosotros, así como nosotros dependemos de ellos, ellos dependen de nosotros para subsistir".

2. Preguntas durante el juego:

- a) Al principio, cuando me puse los visores, era incómodo, pero cuando aprendí a ajustármelos, podía ver mejor y se sentían cómodos.
- b) Fue difícil para mí, ya que los objetos los sentía muy pequeños y las indicaciones no eran muy claras.
- c) Fueron claras y visibles, sin embargo, al inicio los diálogos no fueron claros para hacer la interacción del mono tití y entender qué se debía hacer.
- d) Las instrucciones del nivel del mono tití fueron claras y sencillas al empezar, sin embargo, la interpretación del mapa fue confusa y difícil. Por el lado del cóndor, las indicaciones están completamente claras.
- e) La resolución se ve aceptable. El movimiento se siente bastante fluido, aunque pensé que los controles hacían otras cosas. Vi el mapa bastante grande con muchos biomas, la animación para lo que pedían los niveles era demasiado buena. Los límites del juego fueron un poco pequeños, pero entendiendo el contexto del safari, siento que estuvieron adecuados.

1) **Preguntas nivel Mono Tití:** Les deben gustar mucho los tomatillos rojos. No son tan agresivos como creía y son territoriales. De los monos tití, aprendí que son animales que dependen mucho de su manada. Aprendí sobre la alimentación del mono, su manera de actuar y su hábitat.

2) **Preguntas nivel Cóndor:** Aprendí cómo los cóndores pueden volar y que están en peligro de extinción y que se debe cuidar. Aprendí sobre el hábitat del cóndor y cómo debe volar para ejecutar ciertas rutas.

Preguntas después del juego:

-
- a)* Físicamente, sentí que los ojos me ardían después de la mitad del juego, pero el visor se sintió cómodo. La experiencia fue muy chévere. La comunicación con mi compañero sirvió para reflexionar sobre cómo nos comunicamos con los demás y para aprender sobre los animales de esta región.
 - b)* Fue sencillo adaptarme cuando entendí cómo hacer las interacciones. Fue difícil la comunicación con mi compañero, pero cuando entendimos el manual, la comunicación fue más fluida.
 - c)* Sentí que los animales se veían muy bien y pude detallar sus características físicas.
 - d)* Sí, aprendí características físicas de ellos, cómo se comportan y cómo lucen.
 - e)* Me sentí cómodo porque ya lo conocía de antes y fue graciosa e interesante la comunicación.
 - f)* Me parece chévere esa mecánica porque así como el ser humano creó este problema, me parece muy justo que lo resuelva.
 - g)* Es un tema que tiene gran impacto en el mundo ahora, entendiendo un poco más de estos animales me parece que las personas deberíamos aportar algo para solucionar este problema.
 - h)* Las indicaciones del manual al principio fueron confusas, pero una vez entendidas, fue sencillo indicarle a mi compañero cómo realizar las interacciones.
 - i)* Este prototipo puede hacer que personas poco empáticas o que no tengan conocimiento del tema se puedan acercar y puedan entender que con mínimas acciones pueden aportar al cuidado de los animales y la fauna.



(a) Pareja 1



(b) Pareja 1: Usuario Manual



(c) Pareja 1: Usuario Virtual

Figura 1: Pareja 1 probando las interacciones del mundo virtual

- **Pareja 2:** los encuestados tienen edad de 45 y 52 años, que son los que se encuentran en la Figura 2.
1. **Pregunta general:** Los comentarios que más mencionaron fueron: debemos tener conciencia del reino animal, el ser humano no se ha hecho cargo de las consecuencias que acarrearán la muerte de estos animales. Un mundo en donde el 90% de los que lo habitan son humanos y animales está probablemente desbalanceado, hay que cuidar las otras especies.
 2. **Preguntas durante el juego:** Los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Al principio fue complicado ajustarlos, pero a pesar de que uso lentes, estos visores se me hicieron cómodos y pude enfocar todos los objetos que notaba.
 - b) Fueron fáciles de ubicar los objetos, una de las dificultades fue el texto, ya que está muy cerca de los ojos, encima.
 - c) Para mí fue difícil porque los sentía muy cerca y encima mío, entonces ver las imágenes fue sencillo pero los diálogos los sentí muy pegados a mis ojos.
 - d) Las instrucciones fueron claras, sobre todo la del cóndor, y proponen una dinámica de juego bastante interesante y entretenida para los usuarios, pero sobre todo, fácil de explicar para mi compañero.
 - e) Las sensaciones uno las siente y la sensación de vacío es muy real, eso me asustó un poco.
 - 1) **Preguntas nivel Mono Tití:** Aprendí que el mono tití es territorial cuando se trata de la comida y que a veces es amistoso. Aprendí que este mono puede ser muy amigable pero territorial con su hogar.
 - 2) **Preguntas nivel Cóndor:** Entendí que el cóndor vive en los Andes y sobre todo cómo hace los movimientos para volar durante una ruta. Yo aprendí que el cóndor tiene distintas formas de vuelo y estas se pueden ver en distintos movimientos.
 3. **Preguntas después del juego:** Los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Me sentí bastante conectado, ya que las cosas parecían bastante reales para mí y estuve asombrado con los animales en su forma física y las interacciones que había con ellos.
 - b) Fue fácil y rápido adaptarse al mundo virtual.

- c)* Al ver al cóndor sentí la sensación de correr lo más rápido posible, de correr y correr para poder alcanzarlo, el tití lo sentí muy pegadito, entonces es un animal que es fácil de ubicar.
- d)* Sentí a los animales cerca en todo momento.
- e)* Las indicaciones en el cóndor fueron cortas, tuve problemas con el tiempo, pero las indicaciones que mi compañero me dio fueron claras.
- f)* Fue interesante ver la importancia que uno tiene como ser humano con los animales, el hecho de ver cómo cuidarlos me hizo sentir más responsabilidad con ellos.
- g)* Es algo que se debe tener conciencia, que siempre se ve muy lejano, pero cuando se ven los animales en su hábitat realmente se entiende la importancia que se tiene como ser humano con los animales.
- h)* El manual fue bastante útil y tenía información importante que me ayudó a guiarme en las interacciones. El manual tiene un contenido interesante y tenía varias pistas y ayudas para tratar de guiar a mi compañera durante los niveles.
- i)* Se en el prototipo que muestra la importancia que tienen los animales y la importancia que tiene uno como ser humano para que ellos no se encuentren en extinción.



(a) Pareja 2



(b) Pareja 2: Usuario Manual



(c) Pareja 2: Usuario Virtual

Figura 2: Pareja 2 probando las interacciones del mundo virtual

- **Pareja 3:** los encuestados tienen edad de 23 y 25 años, que son los que se encuentran en la Figura 3.
1. **Pregunta general:** los comentarios que más mencionaron fueron: es un tema que se le debe poner más cuidado y que haya más campañas para generar conciencia. Es algo muy grave que se le debe poner atención y desestabiliza los ecosistemas e influye en nuestra vida.
 2. **Preguntas durante el juego:** los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Como una persona que se mareo fácil usando visores creo que son cómodos, pero en el nivel de cóndor se nota el desbalance y la sensación de vacío cuando se baja una colina, hay espacios demasiado amplios para pasar de un nivel a otro
 - b) Si, no es problema para mí, los aros se ven muy oscuros por falta de luz entonces no se identifica bien el color.
 - c) Si, pero a veces no se enfoca bien los diálogos, tal vez está muy cerca.
 - d) No mucho, no las entendí muy bien, las instrucciones se leen como texto normal, no se ven como paso a paso.
 - e) Como tengo experiencia jugando, no es tan incómodo y tan difícil, pero para gente nueva no le puede resultar tan intuitivo y fácil de entender.
 - 1) **Preguntas nivel Mono Tití:** El mono tití se pierde fácil, le gustan los tomates, las frutas y vegetales, le gusta andar en grupito y vive en los árboles, además, tiran nieve no sé por qué. El mono tití es territorial, por eso tiraba la nieve y el tomate le gusta más.
 - 2) **Preguntas nivel Cóndor:** El cóndor habita por los andes, es diferente a como creía que se veía un cóndor. No aprendí mucho, puesto que la mayoría de información ya la conocía previamente, sé que vive en los páramos de Colombia.
 3. **Preguntas después del juego:** los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Físicamente me sentí mareada, si hubiera estado en un periodo más extenso probablemente me hubiera dado algo, aún así para mí que me mareo fácil fue resistible todo el tiempo de la interacción, fue interesante la interacción ya que todo lucía bien.
 - b) No, porque me mareo fácil, me costó bajar montañas por la sensación de vacío y tal vez girar y buscar algo me mareo bastante por el

movimiento de las gafas.

- c) Me dio risa, porque lucen, el mono tití por como me sigue, el cóndor como hacía los giros durante la ruta.
- d) Sentí que aprendí más, ya que no conocía del mono tití y del cóndor, nunca había investigado al respecto. Aprendí mucho del mono tití, del cóndor no aprendí mucho ya que conocía esa información y puedo afirmar que esta es correcta.
- e) Yo me sentí cómoda, pero creo que mi compañera no porque no ganamos los niveles. Me sentí cómoda con mi compañera, ella me ayudó, empezamos mal pero da la sensación de que tenemos que trabajar juntas.
- f) Me gustó la narrativa de ser guardián, de ayudar a los animales y cuidar de ellos para darles visibilidad.
- g) Creo que este tipo de juegos les da visibilidad a los animales, probablemente hay personas que no conocen estos animales y no les interesa, les muestra cómo están en peligro y como nos afecta a nosotros. Opino lo mismo que dije al principio, es un tema importante que se debe tratar por todo, por los ecosistemas, ya que a la final es vida y si o si se debe preservar, leer el manual me ayudó apoyar más la solución de esta problemática, me gusta en el manual describan que los animales son parte del ecosistema, datos claves importantes de cada especie.
- h) El manual es descriptivo, dice bien las cosas, es un poco largo para seguir instrucciones, las imágenes del nivel del cóndor deberían estar juntas, me parece que está bien redactado y me gusta.
- i) Es importante porque comparo el contexto de los guardianes con los cuidadores del zoológico ya que le enseñan al animal como vivir en su habitat natural. Si, fue claro todo el propósito que desarrollaron en este prototipo.



(a) Pareja 3



(b) Pareja 3: Usuario Manual



(c) Pareja 3: Usuario Virtual

Figura 3: Pareja 3 probando las interacciones del mundo virtual

- **Pareja 4:** los encuestados tienen edades de 15 y 16 años, que son los que se encuentran en la Figura 4. Además, esta prueba fue realizada de manera virtual, es decir, una persona tenía los visores y la otra persona estaba conectada por Google Meet leyendo el manual, viendo y escuchando a la persona que tenía los visores a través de una cámara. La persona que tenía el manual se encontraba en Chile, mientras que la persona con los visores estaba en compañía de su madre.
 1. **Pregunta general:** los comentarios que más mencionaron fueron: es una problemática que se tiene que hacer conocida, es necesario cuidarlos. Creo que es terrible que hayamos llegado a tal punto de decirle a la gente que deje de asesinar porque eso implica que se ha abusado del ecosistema, hay que cambiarlo y no hay que normalizarlo.
 2. **Preguntas durante el juego:** los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Sí, me siento cómoda con los visores.
 - b) Sí, excepto que los colores de algunos aros son negros, de resto todo es identificable.
 - c) Sí.
 - d) Sí, son muy claras, me gustan.
 - e) Me emociona que la realidad virtual sea inmersiva, más que un juego común, como que te invita a disfrutarlo más.
 - 1) **Preguntas nivel Mono Tití:** Aprendí que no son monitos peligrosos, que les gusta comer tomatillo y que les gusta vivir en los árboles. Además, si no les das el alimento correcto son muy territoriales, son tímidos con los extraños y pueden ser inofensivos si los conoces bien.
 - 2) **Preguntas nivel Cóndor:** Aprendí que es uno de los animales que vive en la cordillera de los Andes y que tiene alas grandes. Aprendí que es muy apreciado por las culturas que viven en la cordillera de los Andes y que debería ser libre en su hábitat natural y que en ellas se ve majestuoso.
 3. **Preguntas después del juego:** los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Me sentí muy bien, estuvo entretenido caminar por el mundo, no podía avanzar hasta que me explicaron el error con el tomate, de resto estaba muy bien el mundo.

- b)* Sí, fue muy sencillo adaptarme.
- c)* Sentí que estaban muy tiernos y que el monito parecía de Lego, le hacía ver más amigable.
- d)* Sí, ya que yo conocía mucho del mono, por ejemplo.
- e)* Obvio, me sentí muy cómoda. Yo siento que este juego tienes que hacerlo con un amigo cercano, porque si no sería muy raro y complicado.
- f)* Me pareció muy interesante y le da un poquito más de profundidad para que haya más inmersión en este mundo.
- g)* Siento aún más que hay que protegerlos, ahora que conozco dos que son el cóndor y el mono tití, esto hace que tengas este querer de protegerlos aún más de lo que ya tenías.
- h)* Está bien redactado, ciertas instrucciones están bien, pero en el nivel del mono tití hay unas muy ambiguas y esto podría aburrir al jugador y al que está con el manual porque hay que dar muchas. Me gusta que hayan imágenes gráficas que muestren cómo son ciertas partes del mapa e ilustren las interacciones.
- i)* Sí, es claro y se puede ver con la guía Manuela que te cuenta las cosas que están pasando y esto lo hace más explícito, eso ayuda.



(a) Pareja 4: Usuario Virtual



(b) Pareja 4: Anacrónicamente

Figura 4: Pareja 4 probando las interacciones del mundo virtual

- **Pareja 5:** los encuestados tienen edades de 19 y 22 años, que son los que se encuentran en la Figura 5.
1. **Pregunta general:** los comentarios que más mencionaron fueron: si no se corrige a corto y mediano plazo, no vamos a tener la oportunidad de disfrutarlos. Nosotros, los humanos, hemos generado esto por la ambición de querer más y más, así dañamos el hábitat de ellos.
 2. **Preguntas durante el juego:** los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Sí, me siento cómoda.
 - b) Sí, me ha resultado fácil.
 - c) No, por ejemplo, las letras de los aros son blancas y se confunden con el cielo, tal vez hacer los diálogos más grandes.
 - d) Sí, son claras.
 - e) Súper, innovador, me siento muy mareada pero feliz.
 - 1) **Preguntas nivel Mono Tití:** Viven en los árboles y hay que alimentarlos con tomates. Aprendí que comen tomatillos.
 - 2) **Preguntas nivel Cóndor:** Hay que cuidarlo. No he aprendido nada nuevo, es un icono de Colombia que está en el escudo de la bandera.
 3. **Preguntas después del juego:** los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Es una experiencia nueva, me sentí un poco mareada y no sé, tal vez ponerle algo al jugador para que no se caiga.
 - b) Más o menos, en una escala del 1 al 10, un 5, como fue una experiencia nueva me costó mucho dirigirme y mantenerme en equilibrio.
 - c) Me pareció divertido verlos virtualmente.
 - d) La verdad, no.
 - e) Sí, porque me sentí bien. Me sentí cómoda con mi compañero, porque seguía los pasos al pie de la letra que le decía.
 - f) Opino que se vería bien en los juegos y si se enfoca en los niños escolares les ayudaría a aprender más sobre los animales que habitan en Colombia y les alienta ese deseo de proteger su nación.
 - g) En este ámbito de juegos virtuales, es muy provechoso que estudiantes como ustedes enfoquen en general conciencia respecto al respeto a

los animales, porque como es el medio ambiente, todo debe estar en equilibrio. Opino que esta iniciativa que ustedes tomaron está muy bien, porque ayuda a concientizar a los más pequeños sobre las problemáticas que estamos viviendo en el medio ambiente y con los animales.

- h)* Me parece que está muy bien explicado, porque pude entender el contexto y los pasos, también le di a entender a mi compañera los pasos que debía seguir.
- i)* Sí. Fue claro.



(a) Pareja 5



(b) Pareja 5: Usuario Manual



(c) Pareja 5: Usuario Virtual

Figura 5: Pareja 5 probando las interacciones del mundo virtual

- **Pareja 6:** los encuestados tienen edades de 10 y 11 años, que se puede ver en la Figura 6. Esta prueba se realizó en casa debido a la disponibilidad de los encuestados. Además, se realizó en compañía de los padres de uno de los niños.
 1. **Pregunta general:** los comentarios que más mencionaron fueron: opinó que no deberían estar en extinción, deberían estar vivos porque cada animal tiene una función en el mundo. Más que todo es culpa de la humanidad porque los quiere matar.
 2. **Preguntas durante el juego:** los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Sí, se sintieron cómodos ya que los podía ajustar a mi cabeza y se veía todo bien.
 - b) Encontrar los objetos fue fácil. Solo es cuestión de revisar y saber dónde caminar y de tener un buen compañero.
 - c) Fue fácil, cuando se veía borroso lo podía leer bien y cuando era muy borroso no entendía bien.
 - d) Ayuda mucho para pasarse el juego, fue todo claro. Me gustó mucho más, porque decía los movimientos del cóndor.
 - e) Muy cómodo, la movilidad. Me gustó mucho el juego, por ejemplo, si vas a tumbar algo o golpear, este juego avisa. Todo muy seguro, yo veía como cuando estaba muy cerca de una fosa o algo así.
 - 1) **Preguntas nivel Mono Tití:** Es un animal que le gusta el tomate, que le gusta montarse en los árboles y que a los monos les gusta estar con sus familias.
 - 2) **Preguntas nivel Cóndor:** Que los animales, aunque nazcan sabiendo volar, se les puede olvidar, cuando un cazador le mete un tiro lo puede dejar sin volar. Los cóndores tienen mucha precisión al volar.
 3. **Preguntas después del juego:** los usuarios respondieron lo siguiente.
 - a) Fue muy chévere, tiene buenos gráficos y se ve bien todo. El juego es bueno para entretenerse un rato.
 - b) Me sentí muy raro apenas me puse los visores, pero después de un tiempo me acostumbré. Casi me caigo, me iba para un lado, me sentía como yo pero en otro mundo.

-
- c)* Algunas veces no me entendí con ellos, pero otras veces sí pude cuando me acostumbré. Al principio casi no entendí, pero después me fui acostumbrando más a cómo ellos quieren el mundo.
 - d)* Aprendimos mucho y tuvimos una buena enseñanza. Quería seguir la historia como era y no hacer bobadas, por eso me interesaron. Aprendí que le gusta el tomate al mono, que le gusta treparse a los árboles y cómo el cóndor mueve tan rápido las alas. He visto que cada animal tiene diferentes gustos, hay animales que se acostumbran a estar con la familia y otros a estar solos.
 - e)* Uno se asocia más con el compañero, se debe jugar con alguien muy conocido, en la primera interacción no me entendí con él. Depende mucho de los dos, porque si el amigo explica mal se pierde el juego, al principio me sentí mal y luego me fui acostumbrando a cómo él me explica.
 - f)* Que tendríamos que ser guardianes en la vida real.
 - g)* Es un problema muy grande, porque cada uno tiene una parte importante en la tierra. Que no es justo ir a matarlos para comerlos y ya, como si no tuvieran una vida.
 - h)* Es muy útil y se entienden bien todas las indicaciones.
 - i)* Sí, siento que el juego va a llegar muy lejos. Sí, es una enseñanza que nunca me puse a pensar, excepto por hoy.



Figura 6: Pareja 6, probando las interacciones del mundo virtual.