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 Electrónico.

Dr. Hernán Camilo Rocha
Decano de la Facultad de Ingeniería

ING. Luis Eduardo Tobón Llano
Director Carrera Ingeniería Electrónica.

DR. Andrés Adolfo Navarro Newball
Director(a) Trabajo

Luis Eduardo Tobón Llano
Jurado 1

María Constanza Pabón Burbano
Jurado 2

Acta de Correcciones al Proyecto de Grado
Ingeniería de Sistemas y computación
Ingeniería Electrónica

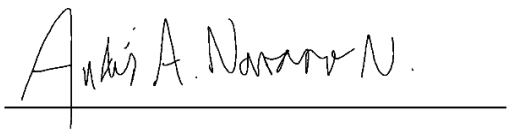
Fecha: 30 de ene. de 23

Autores: Valeria Quinto Vidal, Andrés Velásquez Malvehy

Nombre del Proyecto de Grado: Integración de una interfaz tangible conformada por elementos en un sistema interactivo que permita comunicar información visual y auditiva del mono tití a través de la narrativa.

Director:

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

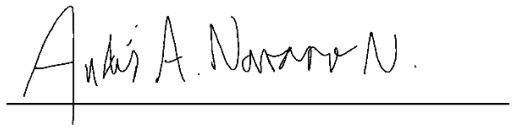
Santiago de Cali, Julio 2022.

Señores
Pontificia Universidad Javeriana Cali.
Dr. Luis Eduardo Tobón
Director Carrera Ingeniería Electrónica
Dr. Gerardo Mauricio Sarria
Director 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 e Ingeniería Electrónica Andrés Velásquez Malvehy (cod: 8936250) y Valeria Quinto Vidal (cod. 8930349) trabajaron bajo mi dirección en el proyecto de grado titulado "Integración de una interfaz tangible conformada por elementos en un sistema interactivo que permita comunicar información visual y auditiva del mono tití a través de la narrativa" el cual se encuentra finalizado y listo para sustentación.

Atentamente,



Dr. Andrés Adolfo Navarro Newball

Santiago de Cali, Julio 2022.

Señores
Pontificia Universidad Javeriana Cali.
Dr. Andrés Adolfo Navarro Newball
Cali

Cordial Saludo.

Nos permitimos presentar a su consideración el trabajo de grado titulado "Integración de una interfaz tangible conformada por elementos en un sistema interactivo que permita comunicar información visual y auditiva del mono tití a través de la narrativa" con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad para llevar a cabo el proyecto de grado y posteriormente optar al título de Ingeniero de Sistemas y Computación e Ingeniería Electrónica

Al firmar aquí, damos fe que entendemos y conocemos las directrices para la presentación de trabajos de grado de la Facultad de Ingeniería aprobadas el 26 de noviembre de 2009, donde se establecen los plazos y normas para el desarrollo del anteproyecto y del trabajo de grado.

Atentamente,

Andrés Velásquez Malvehy
Código: 8936250

Valeria Quinto Vidal
Código: 8930349

Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Ingeniería de Sistemas y Computación
Ingeniería Electrónica
Trabajo de Grado

Integración de una interfaz tangible conformada por elementos en un sistema interactivo que permita comunicar información visual y auditiva del mono tití a través de la narrativa

Andrés Velásquez Malvehy
Valeria Quinto Vidal

Director: Dr. Andrés Adolfo Navarro Newball

Julio de 2022

Resumen

El objetivo del presente trabajo es el diseño e implementación de una interfaz tangible orientada a personas con limitaciones visuales o auditivas. Esta interfaz aumentada se desarrolla empleando de una narrativa interactiva del mono titi en la que el usuario tendrá una experiencia con elementos característicos de la especie. Este trabajo integra como elemento tangible un rompecabezas y con el diseño de un algoritmo de armado del rompecabezas, siguiendo la idea de un árbol de juegos. La aplicación implementada en un motor de videojuegos, tiene el potencial que la persona aprenda del mono titi de una manera entretenida e inclusiva.

Palabras Claves: Realidad Aumentada (RA), Entorno virtual (EV), Continuo virtual, Limitaciones visuales, Limitaciones auditivas.

Abstract

The objective of this work is the design and implementation of a tangible interface for people with visual or hearing limitations. This is developed through an interactive narrative of the titi monkey in which the user will have an experience with characteristic elements of the species. This work is implemented with a tangible puzzle and with the design of a puzzle assembly algorithm, following the idea of a game tree. The application implemented in a video game engine has the potential for the person to learn from the titi monkey in an entertaining and inclusive way.

Keywords: Augmented Reality (AR), Virtual Environment (VE), Virtual Continuum, Visual Limitations, Hearing Limitations.

Índice general

Capítulo 1 ..... **11**

Introducción 11

Planteamiento del problema 11

Objetivos 13

Objetivo general 13

Objetivos específicos 13

Alcances 13

Resultados esperados 14

Justificación 14

Capítulo 2 ..... **17**

Marco teórico 17

Limitaciones visuales 17

Grupo 1 – Alteración central del campo: 19

Grupo 2 – Reducción periférica de campo 20

Grupo 3 – Hemianopsias: 21

Grupo 4 – Personas con visión borrosa sin reducción del campo visual 21

Limitaciones auditivas 22

Continuo virtual 23

Realidad virtual 23

Realidad virtual en la educación 23

Realidad Aumentada 24

Interfaz tangible 24

Discusión 26

Capítulo 3 ..... **28**

Metodología Marau de Víctor Manuel Peñeñory 28

1) Análisis de usuario 28

2) Análisis de contexto de usuario 28

3) Análisis de artefactos de usuario 28

4) Análisis de actividades de usuario 28

5) Análisis de necesidades de usuario 28

Capítulo 4 ..... **31**

Usuario....31
Análisis del usuario y su contexto....31
Análisis de artefactos de usuario....31
Análisis de actividades de usuario....32
Análisis de necesidades de usuario....32
Requerimientos....33
Requerimientos Funcionales y No Funcionales....33
Casos de Uso....33
Capítulo 5....36
Diseño....36
Mecánica de juego....36
Árbol de decisión....37
Diseño de la interfaz....40
Capítulo 6....42
Implementación....42
Motor de desarrollo....43
Vuforia Augmented Reality Software Development....43
Combinaciones....44
Audio....47
Prototipo final....47
Capítulo 7....50
Resultados y pruebas....50
Realimentación de instituto....54
Discusión....54
Capítulo 8....56
Conclusiones....56
Capítulo 9....57
Desarrollo futuro....57
Preparación de proyecto....57
Interfaz....57
Desarrollo del experimento....57
Referencias....59
Anexos....63

Capítulo 1

Introducción

Para la conservación de los ecosistemas y/o especies en peligro de extinción, como el mono tití, se crean herramientas como refugios o ambientes, en donde se reducen sus depredadores o amenazas, una estrategia también muy importante en la conservación de especies es la educación pues esta da herramientas a las personas del adecuado trato a la especie, y cuidar su hábitat. Morachimo [2] menciona que la educación ambiental debe ser un activador de la conciencia ambiental, "diseñado para promover la participación activa de la enseñanza en la conservación, aprovechamiento y mejoramiento del medio ambiente, constituyéndose en un aspecto básico para la educación integral, al enfatizar el logro de actitudes positivas y conductas responsables en los sujetos, a partir del desarrollo de estrategias que propicien la participación y el compromiso social." [2] [53]

En concordancia con lo anterior, una herramienta de educación que permite enriquecer la experiencia de educación o enseñanza es el uso de una interfaz tangible porque las personas pueden interactuar con elementos físicos o digitales que fortalecen esa experiencia y hacen más probable que la persona aprenda. Una ventaja también del uso de la interfaz tangible es que esta puede ser utilizada en experiencias con personas con limitaciones visuales o auditivas, por la tanto se propone el uso de la interfaz tangible como herramienta de educación para la conservación del mono titi orientado a personas con discapacidad visual o auditiva.

Planteamiento del problema

Colombia cuenta con una gran biodiversidad en su territorio con más de 50.000 especies registradas según el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de Colombia y entre sus especies se encuentra el mono tití Cabeciblanco. El mono tití Cabeciblanco es una de las especies más amenazadas de extinción en el mundo. Esta especie fue declarada en peligro desde 1973 después de la exportación de 20.000 a 40.000 Titis hacia los Estados Unidos para sus investigaciones biomédicas [54]. Actualmente, la amenaza más grande que afecta su supervivencia es la deforestación, realizada por la agricultura, los combustibles y además el comercio ilegal, donde son vendidos como mascotas. Debido a esto, se quiere resaltar la importancia de la conservación de la biodiversidad pues esta tiene impacto en lo biológico, cultural, social y científico. Una de las herramientas que permiten ayudar en la conservación de la biodiversidad es la educación, pues se crean experiencias significativas en los individuos de manera que estos tienen herramientas para dar solución a problemas ambientales. Morachimo [2] menciona que la educación ambiental debe ser un activador de la conciencia ambiental, encaminada a promover la participación de la enseñanza en la

conservación, aprovechamiento y mejoramiento del medio ambiente, constituyéndose en un aspecto básico para la educación integral, al enfatizar el logro de actitudes positivas y conductas responsables en los sujetos, a partir del desarrollo de estrategias que propicien la participación y el compromiso social.

Según el departamento administrativo Nacional de Estadística [51] [52], en 2005 el país contaba aproximadamente con 2.6 millones de personas con discapacidad. Lo cual representa el 6,1% de la población de Colombia. Cerca del 18% de ellos presenta alteración relacionada con los oídos y los ojos. De cada 100 personas con discapacidad mayor de 24 años al momento del registro, 32% de ellos no tienen ningún nivel educativo aprobado, 42% solo tienen como último nivel aprobado básica primaria y el 19% básica secundaria y solo el 2% tiene un nivel universitario o técnico tecnológico. De acuerdo con las estadísticas anteriores sobre el nivel educativo de las personas con discapacidad en Colombia, se evidencia que es importante crear herramientas inclusivas que permitan que las personas con discapacidad accedan a la educación. Esta enseñanza es un proceso que les dará un conjunto de valores, conocimiento, comportamiento y actitudes que le permitirán desarrollarse de manera personal y en sociedad. Esto también les permitirá tener herramientas para que contribuyan a la conservación de la biodiversidad, especies y medio ambiente, que son elementos vitales para un entorno social, económico, cultural y político de la sociedad.

En concordancia con lo anterior, existe hoy en día una grande desigualdad en la sociedad en lo que concierne las personas sensorialmente diversas, adicionalmente, hay trabajos en donde se plantea el uso del continuo virtual, que se define como la interacción entre un ambiente real y un ambiente virtual en diferentes niveles [26]. Se pretende entonces que las personas con limitaciones auditivas y/o visuales pueden tener esta experiencia de tener unos uso del continuo visual, pues se ha encontrado que “la tecnología de realidad aumentada proporciona formas interactivas de aprender un concepto en particular y tiene una ventaja sobre los estilos tradicionales de enseñanza y aprendizaje en configuración del aula, ya que tiene un impacto significativo en la motivación del estudiante mientras realiza una tarea en particular” [50]. Por otra parte, la interfaz tangible, que se definen como “información digital a través del entorno físico, también conocida como interfaz de usuario comprensible [27]" da la oportunidad del uso de una interfaz tangible. Por otro lado, existen varios beneficios "potenciales" asociados con la interfaz tangible, pero varían según cómo y cuándo se utilizan. Dicho esto, se ha demostrado que la interfaz tangible mejora el rendimiento del aprendizaje a través de la retroalimentación multimodal. Quizás esto se deba a que los usuarios pueden sentir la interfaz, lo que mejora el compromiso y la satisfacción.

Lo anterior, permite preguntarse si una interfaz tangible integrada a una narrativa basada en el continuo virtual apoya la difusión de conocimiento ambiental en niños con discapacidad visual y auditiva. Este trabajo de grado forma parte del proyecto: “Proyecto colaborativo Colombia-Québec Narrativa, realidad virtual y deficiencias sensoriales” cuyo objetivo es la creación de piezas visuales y táctiles de animales colombianos en riesgo de extinción, que puedan beneficiar tanto a personas que presentan una deficiencia sensorial visual como a la población general, con el fin de sensibilizar sobre esta problemática. Es por ello que se formula la siguiente pregunta

Pregunta General

¿Cómo integrar una interfaz tangible conformada por elementos táctiles con un sistema interactivo que permita comunicar información visual y auditiva del mono tití a través de una narrativa interactiva a niños con discapacidad auditiva y visual?

Objetivos

Objetivo general

Integrar una interfaz tangible conformada por elementos táctiles con un sistema interactivo que permita comunicar información visual y auditiva del mono tití a través de una narrativa interactiva orientada a niños con discapacidad visual y auditiva.

Objetivos específicos

- Identificar información relacionada con el mono tití y su hábitat para crear una narrativa interactiva orientada a niños con limitaciones visuales y auditivas.
- Diseñar una interfaz de software que permita interactuar con la narrativa interactiva propuesta a través de una interfaz tangible.
- Implementar un prototipo o un demo de la interfaz propuesta
- Realizar pruebas y evaluaciones del funcionamiento de la interfaz al interactuar con niños con limitaciones visuales y auditivas.

Alcances

- Se utilizó un rompecabezas del mono tití como interfaz táctil
- Se realizó una validación preliminar en coordinación con el Instituto de Niños Ciegos y Sordos.
- El sistema es un prototipo. La responsabilidad de su implementación en el Instituto de Niños Ciegos y Sordos recae sobre el personal experto del mismo.
- Se pretende enriquecer el proceso de aprendizaje para mejorar y reforzar la información relacionada con el mono titi.

Resultados esperados

- Se entregará un videojuego donde jugará por medio del rompecabezas donde los niños pertenecientes a la Institución para niños ciegos y sordos de la ciudad de Cali tienen esta herramienta para ayudar en la conservación del mono titi.

- Se espera que el trabajo sea socializado en la investigación con las instancias gubernamentales locales que tienen a cargo la implementación de las políticas y reformas educativas.

Justificación

Este trabajo tiene sus orígenes en el proyecto financiado por MINCIENCIAS, que se titula "Apropiación del conocimiento sobre fauna colombiana a través de una estrategia de co-creación de piezas visuales/táctiles inclusivas para personas con y sin discapacidad visual" (propuesta 72311), presentado por la investigadora Laura Lucia Serrano Bernal, y el co-investigador Frank Alexander Rodríguez Rojas.

Este proyecto de investigación-creación tiene como objetivo la creación de piezas visuales y táctiles de animales colombianos en riesgo de extinción, que puedan beneficiar tanto a personas que presentan una deficiencia sensorial visual como a la población general, con el fin de sensibilizar sobre esta problemática. Las piezas de este trabajo, están hechas en relieve y pueden presentarse de forma visual, táctil o digital y representan el prototipo del mono titi. Se propone la concepción y la validación de cuentos para niños que presentan una deficiencia auditiva y/o visual, por medio de la realidad virtual y aumentada, utilizando los prototipos de animales colombianos en riesgo de extinción, creados en el proyecto mencionado anteriormente, en una óptica de educación inclusiva.

Es conocido que la narración oral y escrita tiene el potencial de facilitar y mejorar el aprendizaje de la lengua oral y escrita [49]. El aprendizaje de la narrativa, primero en forma oral, y luego de forma escrita, exige que el niño adquiera la habilidad de estructurar y combinar frases simples para producir un discurso que lleve a la utilización de estructuras sintácticas más complejas. Esta habilidad, adquirida de forma paralela al desarrollo del lenguaje durante los primeros años de la vida, es el indicador precoz más importante, de la presencia de trastornos del lenguaje en los niños de edad preescolar, y de dificultades de aprendizaje de la lectura y la escritura, en la edad escolar. [48]

Las nuevas tecnologías de realidad virtual y aumentada pueden hacer que la narración sea más inmersiva [46] [47] y ofrecer así a los aprendices experiencias multisensoriales muy ricas, permitiéndoles descubrir y comprender, más fácilmente, las historias y los cuentos infantiles. Adicionalmente, uno de los aportes más importantes de la realidad virtual y aumentada es el concepto de multisensorialidad, el cual significa que las sensaciones pueden no solamente ser imaginadas o percibidas por la vista, el sentido más privilegiado en las artes plásticas, sino que también pueden ser percibidas por otros sentidos como la audición o el

tacto, que se desarrollan cada vez más gracias a estas nuevas tecnologías de realidad aumentada. [45] [49]

A continuación, se expone la estructura del documento en capítulos:

Capítulo 1: Introducción, objetivos y justificación.

Capítulo 2: Se expone el marco teórico y trabajos relacionados.

Capítulo 3: Metodología del documento.

Capítulo 4: Se presenta un análisis en relación al usuario y requerimientos.

Capítulo 5: Diseño del proyecto.

Capítulo 6: Implementación del proyecto.

Capítulo 7: Resultados y pruebas.

Capítulo 8: Conclusiones.

Capítulo 9: Desarrollo futuro.

Capítulo 10: Referencias y Anexos.

Capítulo 2

Marco teórico

En la siguiente sección se especifican los conceptos teóricos y técnicos relacionados con la implementación y despliegue del proyecto

Limitaciones visuales

En la sociedad actual tenemos personas con diferentes características como la discapacidad. Estas personas tienen deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales crónicas y enfrentan barreras en la interacción con su entorno que les impiden participar plena y efectivamente en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás. [18][44]

Según lo dicho por la Organización Mundial de la Salud [18], se estableció un arreglo a la clasificación internacional de enfermedades [44], donde la función visual de personas se clasifica en cuatro categorías principales:

- Visión normal
- Discapacidad visual moderada
- Discapacidad visual grave
- Ceguera

La discapacidad visual moderada y la discapacidad visual grave a menudo se agrupan bajo el término "baja visión"; la baja visión y la ceguera juntas constituyen todos los casos de discapacidad visual. La mayoría de las personas que se consideradas ciegas responden a algunos estímulos visuales, como la luz y oscuridad, el movimiento de los objetos, es decir, conservan restos visuales útiles para la movilidad. El término de ceguera se desarrolló con fines legales y sociales [9]

Una muestra de ello se verá a continuación, la figura 1 muestra el patio del Instituto para niños ciegos y sordos Cali para visión normal.

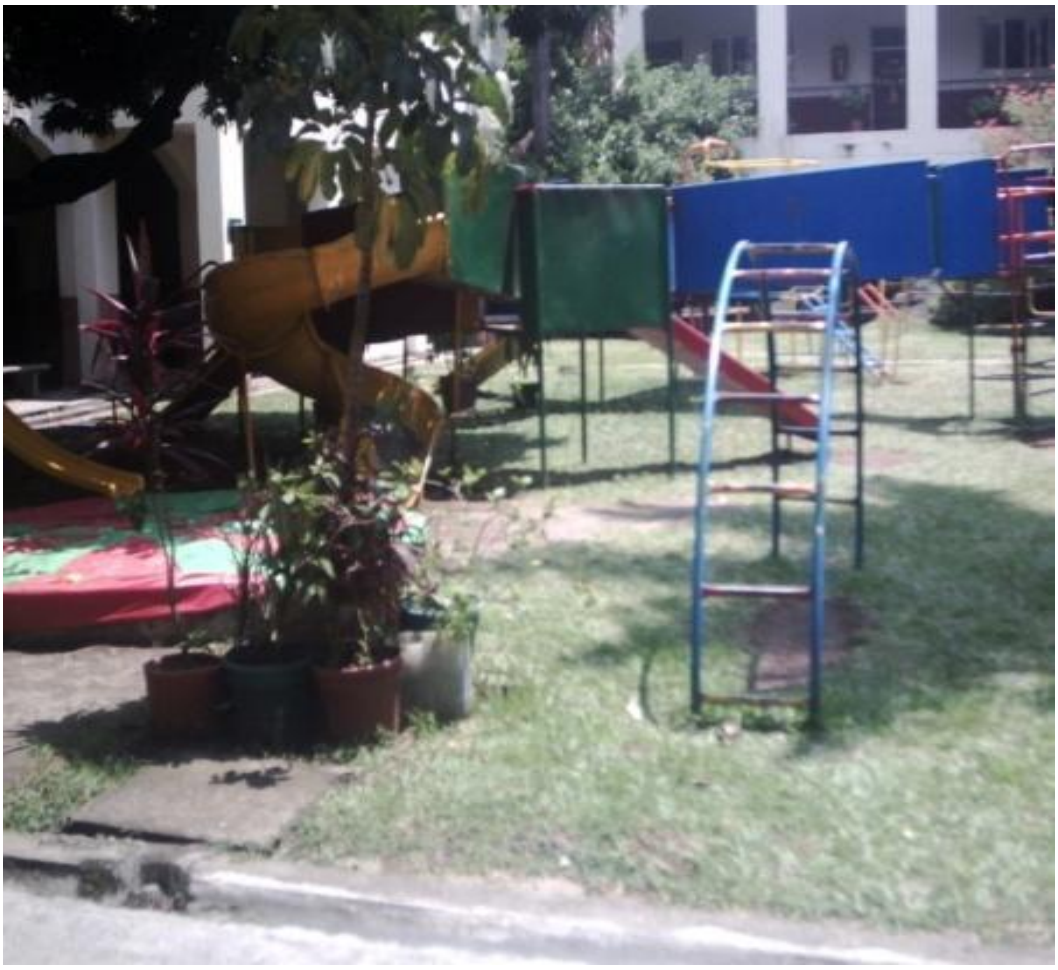


Figura 1. Visión normal.

El grupo de baja visión tiene muchas clasificaciones, incluidos los grupos funcionales:

Grupo 1 – Alteración central del campo:

Figura 2. Alteración central de campo.

En el grupo funcional 1, algunas personas no pueden usar la mácula, la parte del ojo que tiene capacidad de resolver detalles finos, porque tiene una alta densidad células cónicas [10].

Algunas alternativas para las ayudarlos a la movilidad, la iluminación y las ayudas ópticas; utilizando herramientas como medición del campo de fijación y entrenamiento del movimiento correcto para que, al interactuar con el campo, se entienda como una parte del todo, a base de rastreos y de una exploración racional, puedan obtener la información que necesitan. Se debe entrenar la memoria visual [10]. La figura 2 muestra un ejemplo visual con alteración central de campo.

Sus dificultades podrían ser leer y escribir, reconocer personas, ver el tablero y la televisión, también, no presentan dificultades en sus desplazamientos.

Grupo 2 – Reducción periférica de campo

Figura 3. Reducción periférica del campo.

En el grupo funcional 2 se encuentran las personas que tienen pérdida de visión en las zonas extremas, en las partes altas o bajas del campo visual. Algunas de las afecciones en estos casos son retinosis pigmentaria, retinopatía diabética, glaucoma y neuritis. [11] [12] [13] [14] [43]

Algunas de sus dificultades son que no calculan bien las distancias, tienen dificultad para trasladarse, que ven mejor de lejos, la ceguera nocturna y lectura lenta debido a su pequeño campo de visión.

Algunas de las alternativas que le ayudan son las técnicas de orientación y movimiento, el entrenamiento de la memoria visual. La figura 3 muestra un ejemplo de visión cuando se reduce la periférica del campo visual.

Grupo 3 – Hemianopsias:

Figura 4. Hemianopsia.

En el grupo funcional 3 se presenta una afectación de medio campo visual. [15].

Algunos problemas podrían ser en lectura, si la parte dañada del campo está a la izquierda. Para el movimiento, tienen dificultades para detectar obstáculos en áreas con poca iluminación y una interpretación de la lectura más lenta.

Alternativas para mejor son el entrenamiento en el movimiento de cabeza compensatorio del déficit de campo. La figura 4 muestra un ejemplo al tener visión hemianopsia.

Grupo 4 – Personas con visión borrosa sin reducción del campo visual:

Figura 5. Personas con visión borrosa sin reducción del campo visual.

En el grupo funcional 4 se encuentran las condiciones que provocan pérdida de visión y no presentan cambios característicos en el campo visual. Puede deberse a daños en la córnea, cristalino, la pupila, y el cuerpo vítreo [16].

Los problemas que puede tener este grupo son que necesitan acercarse para ver los detalles, mala visión de lejos, baja saturación de los colores, necesidad de buena iluminación por poca visibilidad, tienen buen contraste y deben necesitar aumentos ocasionado a la poca agudeza de visión.

Las alternativas son ayudas ópticas y no ópticas. Practica para mantener la distancia de trabajo. La figura 5 muestra la visión borrosa con reducción del campo visual.

Limitaciones auditivas

La discapacidad auditiva es definida por la Organización Mundial de la Salud [18] como la pérdida auditiva mayor a 25 decibelios, y este término también incluye la pérdida auditiva, y la sordera.

En Colombia, según el censo del DANE [51] [52], la población total de Colombia es de 41.468.384 personas de las cuales 439.412 tienen algún déficit de audición, dando una tasa de prevalencia de la sordera del 1,1%, lo que significa 1 de cada 100 habitantes presentaban dificultades para oír. Así, la sordera es el tercer factor de limitación para las personas con discapacidad, las cuales representan el 17,4% después de las limitaciones visuales con el 43,2% y caminar o moverse con el 29,5% [20]. Existen diferentes formas de clasificar la pérdida auditiva en grados decibelios:

- Leves: El umbral auditivo se encuentra entre 20-40dB.

- Moderada: La pérdida auditiva se encuentra entre 40-70 dB.
- Graves: La pérdida auditiva se encuentra entre 70-90 dB.
- Profundas: La pérdida auditiva supera los 90 dB y se sitúa entre 91-100 dB.3

Continuo virtual

El término explica el concepto de la realidad mixta que es la interacción de un ambiente real y virtual en diferentes grados [28], descrito como un continuo que va de un entorno real en su extremo a un entorno virtual puro en su otro extremo. Entre medio hay realidad aumentada (más cerca del entorno real) y virtualidad aumentada (está más cerca del entorno virtual) [29].

Realidad virtual

La realidad virtual es un entorno creado a partir de la informática, en el que se interactúa con elementos o escenas tridimensionales donde se asimila la realidad, también, se suma a esa experiencia la percepción del tiempo de una manera real. Un ejemplo de esto, es un entorno virtual creado en una herramienta como una cámara 360 grados, que permite a una persona caminar en diferentes direcciones, realizar acercamientos o alejamientos, y de esta manera, visualizar áreas, como lo pueden a llegar a ser, por ejemplo, museos virtuales donde las personas pueden experimentar estar físicamente en el museo de manera virtual. [21]

Realidad virtual en la educación

La realidad virtual tiene aplicaciones en áreas como salud, ingeniería y educación, gracias a sus ventajas, siendo la principal el componente visual que permite obtener modelos virtuales únicos y espacios en 3D, que resulta fundamental en estudios donde es difícil visualizar los procesos; su componente de inmersión facilita la explicación de conocimientos abstractos y complejos.

El uso de la realidad virtual como herramienta de aprendizaje motiva a los estudiantes a comprender y explorar sobre diferentes temas. Varios estudios han encontrado evidencia de que el aprender con herramientas virtuales conduce a un aprendizaje más rápido y una mejor adquisición de contenido, ya que el estudiante utiliza todos sus sentidos en el entorno virtual [22]. Lo anterior demuestra que la realidad virtual es una herramienta para la educación ambiental, porque muchas personas incluidas aquellas con discapacidad visual o auditiva, desean una herramienta que les permita acceder mejor a temas educativos o informativos, elementos importantes del medio ambiente o la protección de especies, como mono titi.

Realidad Aumentada

La realidad aumentada (AR) es una tecnología en que la persona está dentro de un entorno sintético. Las personas inmersas en esta experiencia pueden ver la realidad a su alrededor y también observar elementos virtuales superpuestos o interconectados entre ellos dependiendo del fin. Por lo tanto, la realidad aumentada es una adición a la realidad, en lugar de tratar de eliminarla por completo [30].

Si vemos un entorno virtual y un entorno de realidad como extremos de una línea continua la realidad aumentada puede encontrarse en el medio da la línea [26]. Podemos concluir que la realidad aumentada, se caracteriza por los siguientes elementos [30]:

- Combina real y virtual
- Es interactivo en tiempo real
- Está registrado en tres dimensiones

El usar la AR en espacios de aprendizaje aumenta sensorialmente la experiencia de la persona lo que permite aumentar las posibilidades de un aprendizaje y enseñanza.

Interfaz tangible

Una interfaz tangible requiere la interacción entre una computadora y un ser humano, y además de ello otros elementos agregados como objetos simples. Este sistema está construido utilizando elementos familiares para los usuarios para apoyar y enriquecer la experiencia [33].

La información digital se codifica y decodifica en bits y, de manera similar, la información física una interfaz tangible permita la manipulación de bits. Con las interfaces tangibles se pueden seleccionar muchos de los elementos físicos como paredes, mesas, ventanas, o elementos que se pueden mover, como instrumentos, herramientas, rompecabezas. Utiliza también elementos del entorno como la luz, el sonido, el agua e inclusive el viento. [31].

La experiencia de este entorno tiene un valor agregado para el aprendizaje, pues uno de los métodos más usados en el aprendizaje son los juegos o el uso de elementos tradicionales, al agregar el entorno virtual haciendo uso de una interfaz tangible se hace una combinación de lo mejor de estos sistemas siendo clave para el aprendizaje de una persona [34][39].

Trabajos relacionados

1. Autores: Cho, C. Lee, T. Ogden, J. Stewart, A. Tsai, T. Chen, J. Vituccio R.
   Título: Imago: presence and emotion in virtual reality

   Una aplicación de la realidad aumentada es una película llamada Imago de la Universidad Carnegie Mellon; esta película integra elementos de la realidad aumentada y la narrativa. Esta película juega con la interacción de la persona en la película, asimismo, con elementos emocionantes causando gran emoción o tristeza en el espectador, todo esto gracia a imágenes creadas por computadora. Se toma de este trabajo la utilización de una computadora para la creación de una realidad aumentada. [23]

2. Autores: Ostrin, G. Frey, J. Cauchard, J
   Título: Interactive Narrative in Virtual Reality

   Una herramienta de gran uso en la creación de juegos, libros o contenido audiovisual es la narración interactiva en realidad aumentada en el diseño de literatura con elementos virtuales. Un ejemplo es un libro donde sus protagonistas son dinosaurios y al usar elementos virtuales las personas puedan ver una imagen aumentada de cada tipo de dinosaurio, la experiencia narrativa tendría un elemento inmersivo. De este trabajo se toma la creación de una imagen virtual a partir de una imagen física. [24]

3. Autores: Christopoulos, D. Mavridis, P. Andreadis, A. Karigiannis, J.
   Título: Using Virtual Environments to tell the Story. 2011.

   Un ejemplo del entorno virtual en la actual son los museos que le permiten realizar recorridos virtuales por sus interiores en lugar de estar en el sitio, pero otros elementos que hacen que la experiencia sea más interactiva incluyen la narrativa y los videojuegos, un ejemplo de ello es el museo de las Termopilas ubicado en Grecia. Tiene lugar en un antiguo campo de batalla en la antigüedad y utiliza elementos de la narración y del videojuego para trasmitir el conocimiento histórico de las batallas y las historias detrás de ellas. [25]. De este trabajo es tomado elementos de la narrativa como texto, imágenes o audio, los cuales enriquecen la experiencia.

Discusión

En concordancia con lo anterior, se puede establecer que a pesar de que los estudios relacionados son aplicados a campos diferentes, existe un factor común, que es el uso de elementos virtuales para sumar a esa experiencia física, eso permite una mayor estimulación del usuario, si este cuenta con limitaciones visuales o auditivas, aun puede en esta experiencia obtener entretenimiento o conocimiento de una manera efectiva.

La relación que se puede establecer es que todos a pesar en sus diferencias en metodologías, tecnologías aplicadas y en el año en que se realizó, todos apuntan al componente social, a la inclusión y a que ser una persona sensorialmente diversa no sea un impedimento para desarrollar actividades, como de entretenimiento al ver una película o educativas en el aprendizaje. Se toman algunos elementos de estos trabajos para el desarrollo de la realidad aumentada a través de un motor de videojuegos y se integran elementos virtuales como audio e imágenes.

Capítulo 3

Metodología Marau de Víctor Manuel Peñeñory

Después de observar y analizar diferentes enfoques, se eligió este porque se enfoca en el diseño de herramientas que incluyen lo interactivo, teniendo en cuenta elementos como las necesidades del usuario, requerimientos etc. [36]

Esta herramienta fue creada a favor de la creación de un sistema interactivo para las personas con limitaciones auditivas pero la metodología utilizada se puede aplicar a sistemas para usuarios con otro tipo de discapacidad. A continuación, se describe cada una de las cinco etapas que constituyen la metodología Marau planteada por el docente de la universidad San Buenaventura Víctor Manuel Peñeñory [36].

1) Análisis de usuario

En la etapa de análisis al usuario se analizan y determinan sus características, como así mismo sus habilidades. Esto para un mapeo de las personas que serán el usuario final y las personas que los rodean.

2) Análisis de contexto de usuario

Durante esta fase, se determinan los roles culturales y sociales del usuario. Además, de determinar su rutina diaria de manera general al tener alguna discapacidad.

3) Análisis de artefactos de usuario

Se determinan los elementos que el usuario utiliza de manera cotidiana.

4) Análisis de actividades de usuario

En esta fase se determina las actividades diarias del usuario y como este las realiza de manera satisfactoria. Determinando que el sistema no será un elemento aislado de lo cotidiano, sino uno tradicional y por lo tanto aceptado.

5) Análisis de necesidades de usuario

Después de obtener los datos anteriores se determinan los requerimientos y las necesidades de los usuarios y a partir de allí se trabaja para realizar una aplicación o material interactivo que se ajuste a las necesidades descritas.

Capítulo 4

Usuario

De acuerdo con la metodología del capítulo 3, se realizó el proceso de análisis descrito a continuación.

Análisis del usuario y su contexto.

El trabajo en cuestión se realizó en conjunto con el Instituto de Ciegos y Sordos de la ciudad de Cali, fue fundado en 1940, El instituto acoge 181 niños sensorialmente diversos en acompañamiento con el ICBF. Cada niño según su condición tiene un plan de actividades distinto índole, sin embargo, el objetivo de todos es que lleguen a tener una vida de mejor calidad en la sociedad actual.

Se propusieron como criterios de inclusión la edad entre 5 y 12 años, de género masculino o femenino, con un coeficiente intelectual normal o con un retardo mental leve. La interacción propuesta es de una sesión a través de la interfaz tangible que cuenta con elementos auditivos.

El instrumento de recolección de datos es una serie de preguntas con respecto a características del mono tití asistidas por el grupo investigador; la recopilación de datos y la evaluación inicial y posterior a cada sesión de narrativa interactiva es realizada con la intervención de un especialista.

Se realizó un consentimiento informado teniendo en cuenta las consideraciones éticas del trabajo de investigación y posteriormente, se solicitó autorización a los padres por medio del mismo instrumento para realizar videos y fotografías para ser utilizadas como parte del proyecto de investigación.

--

Análisis de artefactos de usuario.

Dependiendo de la diversidad sensorial de los niños ellos reciben diferentes artefactos según sus necesidades, alguno de ellos es para tener mejor audio (audífonos), visión (gafas) o movilidad, también depende del punto en que se encuentren en el tratamiento pues estos elementos pueden puede cambiar o eliminarse de su rutina.

Otros elementos con los cuales se realizan actividades de aprendizaje con los niños en relación al trabajo presente son, equipo de cómputo, tablet, celular y actividades juegos como rompecabezas y puzles.

Análisis de actividades de usuario

Al momento del usuario hacer uso de la interfaz tangible, se encontrara con el reto de armar un rompecabezas, este está muy relacionada con el plan de trabajo que tienen los niños en el instituto, ellos en su rutina diaria presentan actividades o retos como agrupar figuras en diferente orden (ascendente o descendente), a asociar figuras del mismo color, de diferente color, tamaño y patrón entre otros, también se permite que el niño utilice ambas manos para ganar cierta autonomía que se requiere para decidir que pieza tomar y en donde ponerla en el caso del rompecabezas. Se les enseña a completar las actividades y a comunicar de manera asertiva lo que se está tratando de lograr.

En el reto de armar el rompecabezas se quiere seguir con rigurosidad los principios que tiene el instituto, como explicar correctamente al niño la actividad a realizar y darle a entender de manera clara las preguntas o datos en todo momento, esto en el momento de hacer cualquier actividad. Con el uso de tecnología puedan llegar a tener una mejor inclusión y calidad de vida y sociedad y tanto en el diseño como en la implementación hay que tener en cuenta que ser sensorialmente diverso, entre otros principios, también tener en cuenta detalladamente los procesos y procedimientos ya que cualquier detalle puede ser contraproducente no solo en el desarrollo de los niños sino también para el proyecto de investigación. En concordancia con lo anterior es importante considerar que las actividades se realizan en compañía de profesores y profesionales, pues realizan actividades rutinariamente con ellos e intervienen en la comunicación con los niños.

Análisis de necesidades de usuario

En todos los casos los niños deben seguir un proceso que se basa en un tratamiento psicológico, médico que independientemente de su limitación visual, auditiva o mental, siempre está orientado a que el niño cumpla el objetivo de alcanzar la inclusión social al final, y éstos se realizan todos los planes de acompañamiento orientados hacia este objetivo.

Requerimientos

Dado el proceso de análisis se obtuvieron los requerimientos descritos a continuación:

Requerimientos Funcionales y No Funcionales

Código	Tipo	Nombre	Descripción	Prioridad
RF001	Funcional	Cantidad de Fichas	Cantidad de Fichas debe estar completa y se debe reconocer la ficha en el lugar	Alta
RF002	Funcional	Posición de las fichas en el tablero	Las fichas del rompecabezas se deben poner del lado correcto (del lado del dibujo y no al contrario).	Alta
RNF001	Funcional	Mensaje Pieza Incorrecta	Se debe mostrar un mensaje al usuario en el caso que se inserte una ficha de manera incorrecta diciendo que lo intente nuevamente	Baja
RNF002	Funcional	Mensaje Didáctico	Cada vez que el usuario ponga una ficha de manera correcta se mostrará una imagen con texto y un audio con información didáctica del mono tití relacionado con la parte del cuerpo que representa la ficha que se puso.	Alta
RNF003	No Funcional	Usabilidad	El sistema debe ser fácil de usar y comprender	Alta

Tabla1. Requerimientos funcionales y no funcionales.

Casos de Uso

La figura 6 muestra el caso de uso. El usuario coloca una ficha en el marco del rompecabezas. Otra opción, es que el sistema valida si la ficha se colocó de manera correcta. Si la ficha se colocó de manera correcta el sistema le muestra una imagen didáctica y un audio y posteriormente deja al usuario seguir armando el rompecabezas.

Se repite el mismo ciclo hasta que el rompecabezas está completo. Se completa el rompecabezas y el sistema felicita al usuario y finaliza el juego.

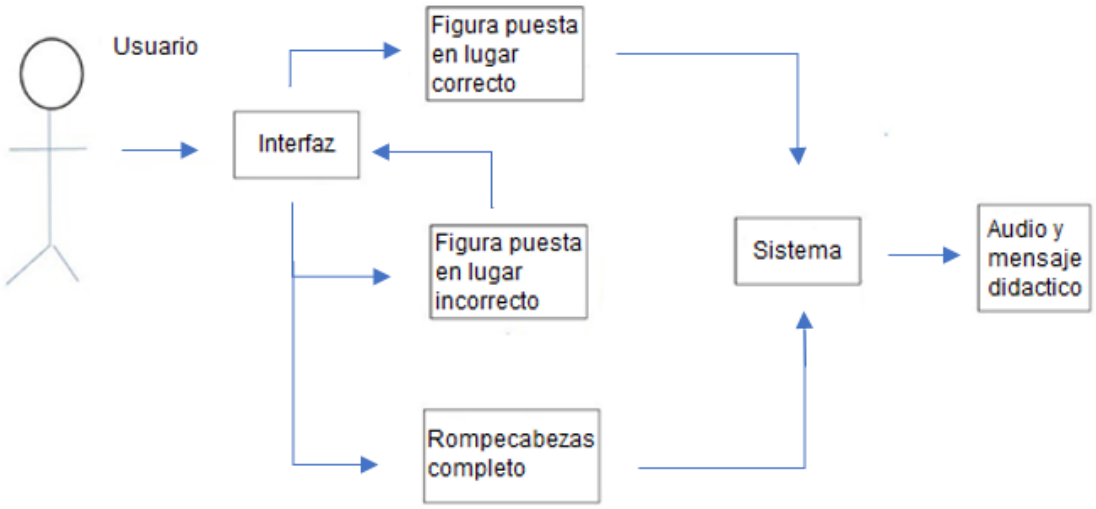


Figura 6. Casos de uso

Capítulo 5

Diseño

Mecánica de juego

Al realizar la actividad de armar el rompecabezas, el niño comienza escogiendo una primera pieza de las cinco posibilidades a escoger (cabello, cara, pecho, patas, cola), el rompecabezas comienza solo con el fondo (figura 12) y el niño elige la ficha la desea colocar en el lugar correcto y en esta condición solamente tiene una opción ya que solo se puede colocar correctamente en un solo lugar. Si el niño pone la pieza en un lugar equivocado debe seguir intentando hasta que esté en el lugar correcto, lo anterior ocurre independientemente del número de piezas correctas que tiene en el tablero, cuando la coloque correctamente se le muestra una imagen virtual del rompecabezas del mono tití aumentada con elemento de audio o imagen. En segundo lugar, cuando el niño ya tiene una ficha en el lugar correcto puede seguir jugando, tiene 4 posibilidades para escoger la pieza puesto que ya ha puesto una, él/ella puede escoger una pieza y colocarla de manera independiente o junto con la que ya había conectado en el primer turno (si es posible),cuando la haya colocado correctamente se realiza el mismo proceso que con la primera pieza, por otro lado, si la ficha se coloca de manera incorrecta se le muestra el mensaje y se le pide que lo intente de nuevo.

Es importante mencionar una característica de los usuarios, al realizar la actividad toman una pieza a la vez y si han colocado una pieza en el lugar correcto, esta no se retira.

Cuando se esté jugando no se tiene ninguna restricción de tiempo ni cantidad de intentos puesto que de hacerlo de esta manera sería contraproducente, de cierta manera seria desestimulante si se le pidiera que comience desde cero, o que se le acabó el tiempo, y/o que perdió y que debe intentarlo de nuevo. Se quiere ir todo el tiempo de la mano con los principios que tiene el instituto que se basa en estimular, que los niños persistan y aprendan. Durante la implementación se manejan mensajes estimulantes y didácticos que en verdad contribuyan al proceso en el que cada niño está inmerso cada día, teniendo en cuenta las diferentes condiciones que pueden tener. Finalmente, la implementación se llevaría a cabo en un ambiente controlado y supervisado por médicos y otros expertos para apoyar la comunicación, pero no intervienen ayudando al niño a completar el rompecabezas.

Árbol de decisión

El árbol de decisión nos permite identificar las diferentes maneras de completar el rompecabezas, cuenta con cinco niveles:

- Nivel 1: Una pieza ubicada correctamente, cuatro piezas por escoger.
- Nivel 2: Dos piezas ubicadas correctamente, tres piezas por escoger.
- Nivel 3: Tres piezas ubicadas correctamente, dos piezas por escoger.
- Nivel 4: Cuatro piezas ubicadas correctamente, una pieza por escoger
- Nivel 5: Cinco piezas ubicadas de manera correcta, rompecabezas completo.

El árbol de decisión es uno de los puntos importantes en la creación de la narrativa, para ello se tiene en cuenta que solo se coloca una pieza a la vez. Al comenzar tiene 5 piezas para elegir, al ubicar la primera pieza elegida correctamente es el nivel uno, aquí ya cuenta con 4 piezas para escoger, el segundo nivel serán 2 piezas ubicadas correctamente, el tercer nivel serán 3 piezas, el cuarto nivel serán 4 piezas, el quinto ya ha ubicado las 5 piezas correctamente y ha completo el rompecabezas. En la figura 7 se muestra un ejemplo si el niño toma como primera pieza la cabeza del mono titi, no se muestra el árbol completo pues es grande y las letras o imágenes no se verían de manera correcta.

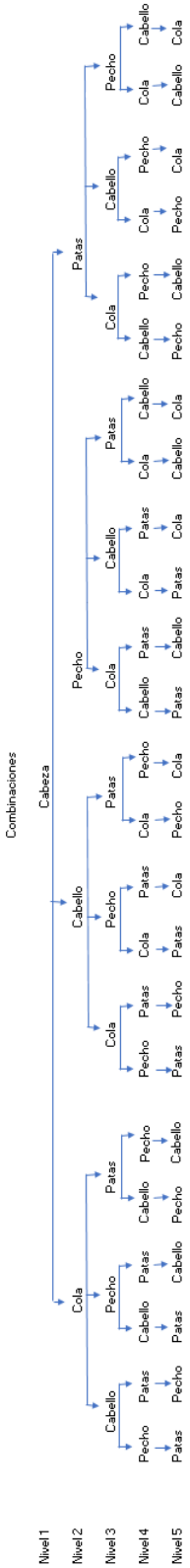


Figura 7. Árbol de juego con todas las combinaciones si se toda como primera pieza "cabeza"

A continuación, se muestra si el niño toma como en el primer nivel la cabeza del titi y en el segundo nivel toma la cola del mono titi los siguientes son los niveles 3, 4 y 5 que se observa que es cuando todo está completo.

Esto permite que se tengan 120 opciones en las cuales se puede completar el rompecabezas y asimismo en el futuro esto puede significar 120 salidas o respuestas del programa, ya sea en audio, texto, animación y/o otros elementos a favor de enriquecer la experiencia y hacer de la narrativa más inversiva para que los niños descubran y comprendan mejor. Si se analiza de forma visual, tiene 31 posibles combinaciones, esto facilita el tratamiento de datos, pues se busca sumar imágenes y se trabaja con la detección de imágenes.

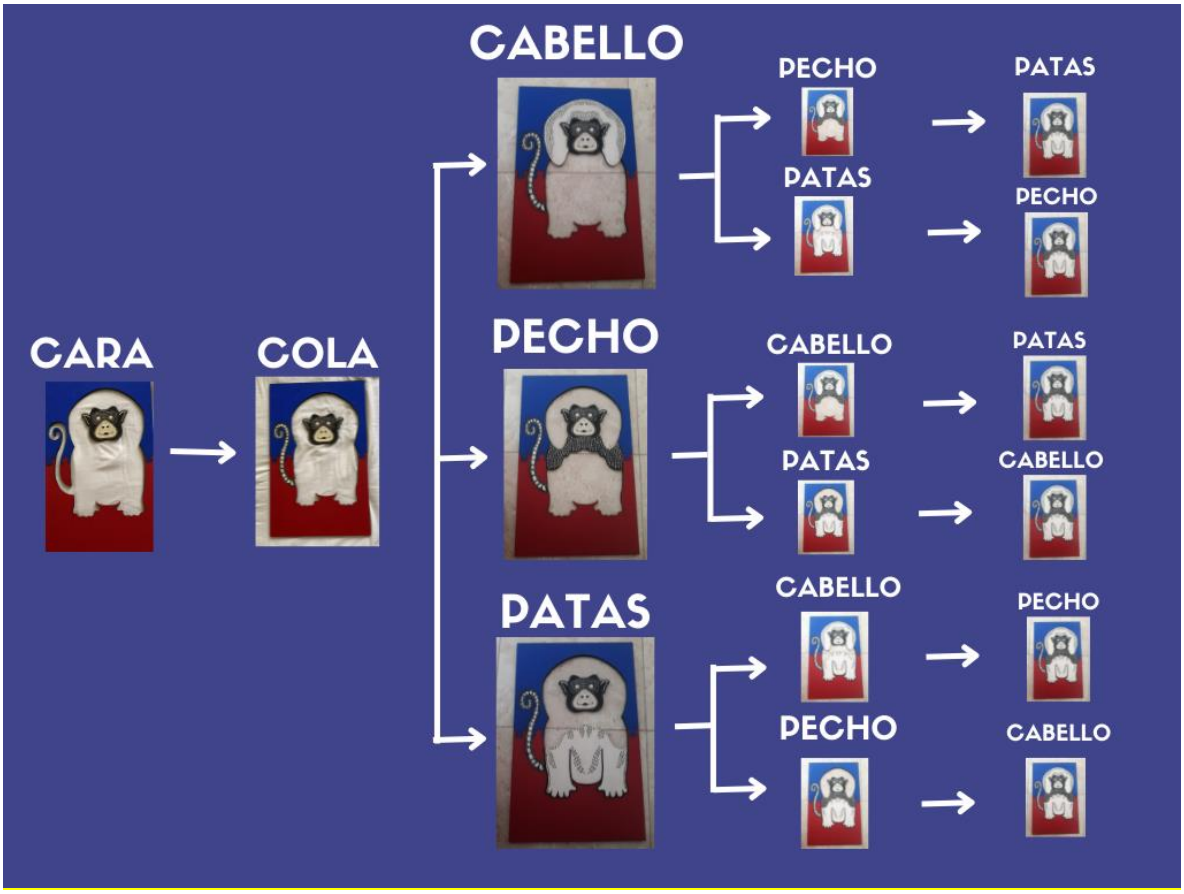


Figura 8. Árbol de juego con seis caminos para completar.

Diseño de la interfaz

Los elementos físicos que intervienen en la actividad son un equipo de cómputo, una cámara web y el rompecabezas del mono titi. La cámara web tiene en su campo visual el rompecabezas, haciendo una detección de la imagen que siempre comienza cuanto no tiene 5 piezas (cabello, cara, pecho, patas, cola). El computador procesa esta imagen en tiempo real, muestra en la pantalla del computador una imagen virtual del rompecabezas y sumado a ello una imagen o audio.

Figura 9. Rompecabezas con todas sus partes

La figura 10 muestra una posible combinación al completar el rompecabezas, en este caso que se hayan colocado 2 piezas (pecho, patas). Cuando el usuario tenga esta combinación física, en pantalla del equipo de cómputo se va a superponer la imagen de un rectángulo en tercera dimensión y audio a través de altavoces (no salida visual de audio).

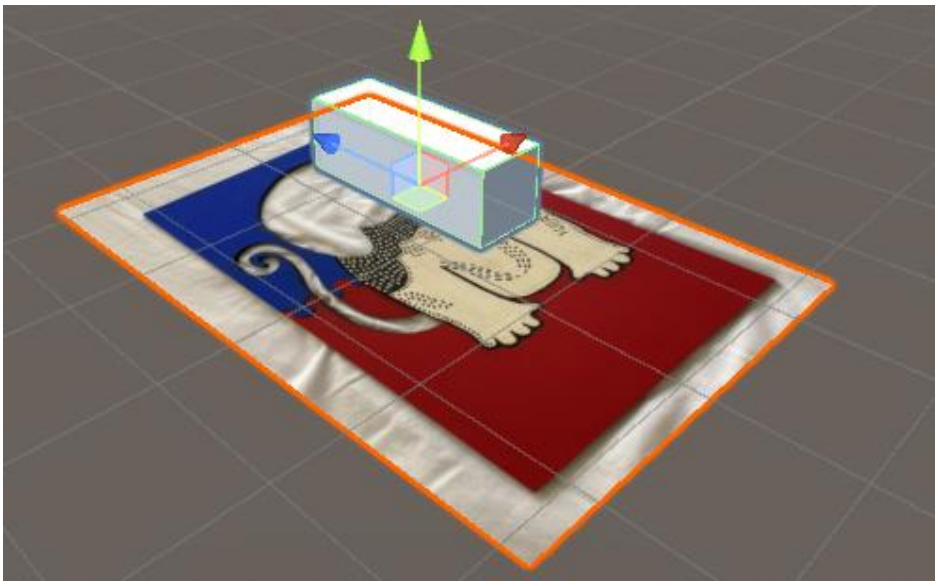


Figura 10. Imagen virtual sumada

.

Capítulo 6

Implementación

Rompecabezas

A continuación, se muestran las piezas que componen el rompecabezas el cual será la interfaz tangible (figura 9) y se establece a su vez el fondo (figura 10), esto es que, es el inicio del cual se irán agregando las 5 piezas del mono titi.

Figura 11. Piezas que componen el mono titi.

Figura 12. Fondo.

Motor de desarrollo

Con el fin de llevar a cabo la implementación del proyecto se decidió analizar la elección del motor de desarrollo el cual contiene elementos que nos permitirán cumplir con los criterios de diseño y requerimientos. Los dos motores de desarrollo más calificados y comercializados en la industria son: [40]

- Unity: hace referencia a un motor de videojuegos multiplataforma 2D y 3D el cual tiene una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y el funcionamiento de un entorno interactivo de licencia libre [39], en este se implementó los elementos del diseño y se modificaron también a su vez elementos.
- UnReal: UnReal es un motor de videojuegos que se caracteriza por un alto grado de portabilidad y es una herramienta con grandes capacidades gráficas por lo cual se usa comúnmente en desarrollo de videojuegos de alto nivel. Además, permite exportación multiplataforma.

La elección del motor Unity es basado a que permite utilizar las herramientas de la realidad aumentada en la creación de la interfaz, esto en conjunto con Vuforia, mientras que UnReal esta tecnología sigue en desarrollo.

Vuforia Augmented Reality Software Development

Para la implementación de la interfaz se utiliza Vuforia que es una plataforma de creación de aplicaciones de realidad aumentada. [40] [41]

"Este kit provee diferentes características técnicas y tecnológicas en realidad aumentada. Vuforia Engine está constituido lógicamente por un sistema basado en capas en donde se diferencian los objetos y los ambientes reconocibles en la primera capa. Así mismo, para lograr reconocer a través de la cámara estos objetos y ambientes se usa una tecnología llamada Vuforia Fusion. Esta hace parte de la segunda capa del modelo. En ella está construido un conjunto de algoritmos que utilizan tecnologías nativas e híbridas para el despliegue de la realidad aumentada según las capacidades del dispositivo durante el tiempo de ejecución. Se crea un prototipo a partir del diseño planteado, creando un producto que será utilizado por personas con limitaciones visuales y auditivas." [40] [41]

A continuación, se muestra la imagen del entorno en Unity:

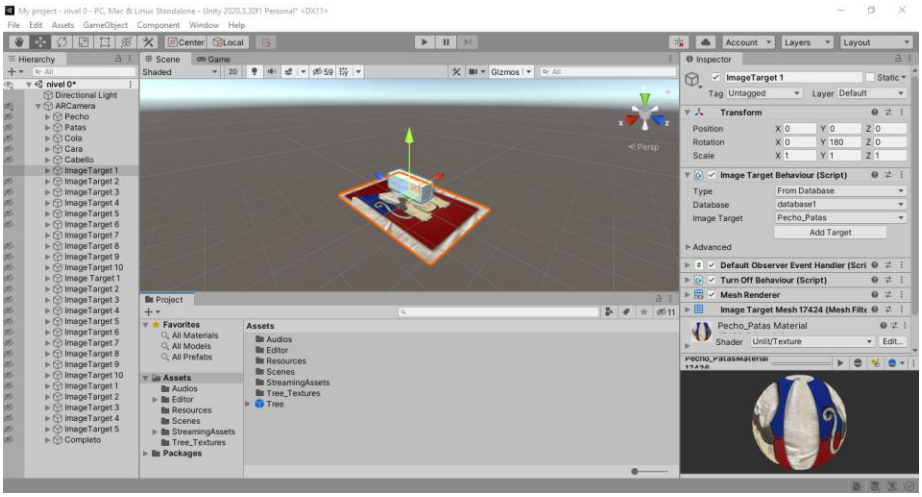


Figura 13. Imagen de interfaz Unity.

A continuación, se describen los elementos que componen la creación de la interfaz:

Combinaciones

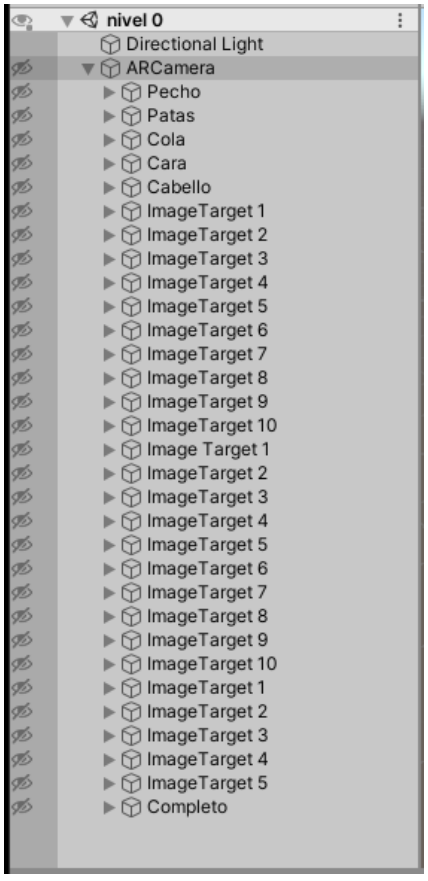


Figura 14. Imagen de las imágenes del juego

Para la implementación del reconocimiento se establecieron las imágenes a través de Imagen Target de Vuforia y sus posibles combinaciones esto en la figura 14. Primero se establece el fondo o base del juego y partir de allí se tomaron las imágenes de las posibles combinaciones como muestran las figuras 15 a la 20:

Figura 15. Combinaciones con una pieza

Figura 16. Combinaciones de dos piezas

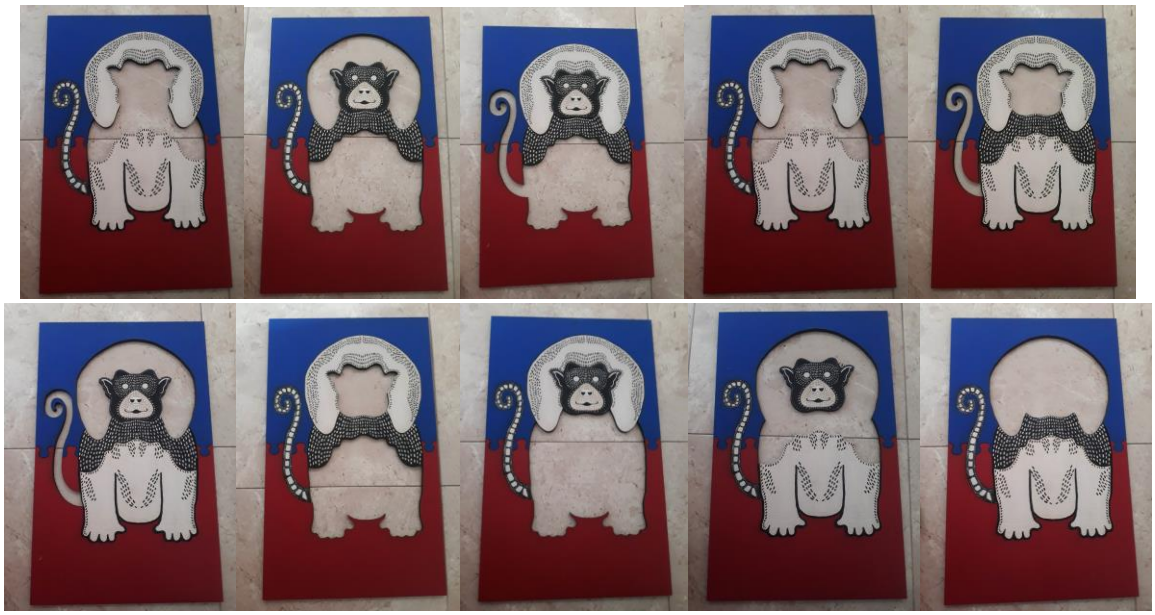


Figura 17. Combinaciones de tres piezas

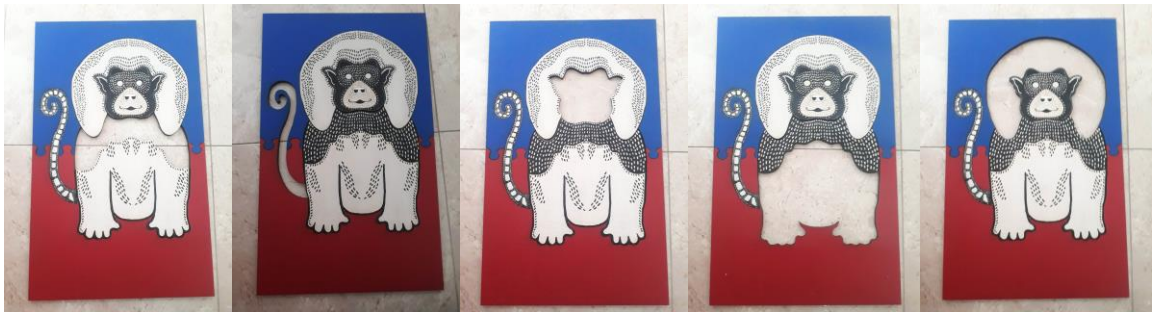


Figura 18. Combinaciones de cuatro piezas

Figura 20. Rompecabezas completo

El software permite implementar en las diferentes imágenes una salida al realizar el reconocimiento con la cámara con elementos como cubos, cuadrados, cilindros o textos como por ejemplo la imagen 10.

Audio

Por último, se implementa una salida de audio auditiva pues se busca que las personas con limitaciones auditivas tengan herramientas para la construcción del juego y así mismo una experiencia más interactiva y de aprendizaje. Figura 21 y 22. Además de esto se utilizó el alarido del mono titi en su hábitat.

Cabeza: Hola, soy el Mono tití colombiano, especie entre los miles que conforman la biodiversidad de la Fauna de Colombia y del mundo, mi familia es numerosa y nos ayudamos como un equipo. Nuestra alimentación se basa en frutas e insectos, sin embargo, también comemos vertebrados más grandes en una menor cantidad

Figura 21. Ejemplo del texto cuando el usuario ubique correctamente determinada pieza en el rompecabezas.

Figura 22 Imagen de la interfaz con el audio

Prototipo final

Se implementó un prototipo final (figura 23), los usuarios con limitación visual y auditiva, este sistema tiene la capacidad de reproducir elementos visuales y sonoros de manera que facilite su interacción. En la siguiente imagen se visualiza el juego en el motor de videojuegos Unity, el uso de la cámara para la detección de imagen y a su vez como muestra de la realidad aumentada y cómo esta te permite interactuar con los elementos:

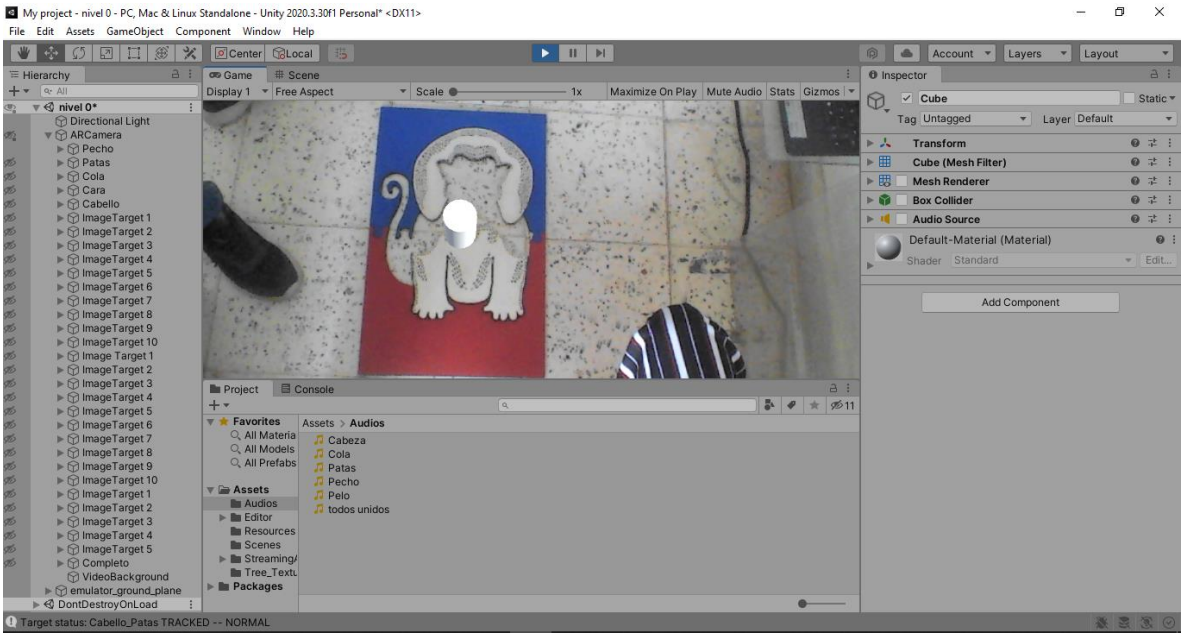


Figura 23. Interfaz de Unity con el reconocimiento de imagen.

Capítulo 7

Resultados y pruebas

El día 24 de junio de 2022 se realizaron las pruebas con los niños del Instituto de Ciegos y Sordos de la ciudad de Cali. Como se muestra a continuación se realizó la intervención con cinco niños sensorialmente diversos, se identifican como niño o niña evitando su nombre para proteger su identidad y se presentan las respuestas que dieron a las preguntas que se les realizaron sobre la anatomía del Mono tití, se les pidió que armaran el rompecabezas sin límite de tiempo y/o intentos, el montaje de reconocimiento para la funcionalidad virtual estaba funcionando correctamente. Las tablas del 1 al 6 muestran los datos obtenidos en las pruebas, las figuras 24 y 25 muestran evidencias de las pruebas realizadas.

Evaluación primer niño	
Condición	Limitación auditiva
Edad	9 años
Uso del Rompecabezas	Pudo armar el rompecabezas de manera satisfactoria, pero necesito ayuda para armarlo con precisión
Uso de las Imágenes proyectadas	Al preguntarle por las imágenes relacionó el cubo con un cuadrad, la esfera con un circulo y el cilindro con un circulo
Uso del Audio	Escucho el audio.
Aprendizaje	Es animal, pequeño, tiene 4 patas, Tiene cola larga y chilla como un pájaro.
Comentario:	Al ver la realidad aumentada pregunto: ¿Por qué le sale eso? Relacionó la figura como algo propio del mono.

Tabla 2. Evaluación al primer niño.

Evaluación segundo niño	
Condición	Limitación visual y Atención dispersa
Edad	9 años
Uso del Rompecabezas	Completo el rompecabezas de manera correcta, colocaba las piezas de cabeza en la posición correcta y necesitaba ayuda para encajarlas bien.
Uso de las Imágenes proyectadas	Al preguntarle relacionó las figuras con cuadros circulo, pero al aparecer un cilindro menciono: ¿Ese es el estómago?
Uso del Audio	Escucho el audio.
Aprendizaje	-Es de color blanco, y puntos blanco y negros -Cola larga -Tiene 4 patas -El sonido es como un mono, pájaro
Comentario:	La relación del cilindro con el estómago se puede interpretar como una posible aplicación para la anatomía del mono titi.

Tabla 3. Evaluación al segundo niño.

Evaluación tercer niño	
Condición	Limitación auditiva
Edad	8 años
Uso del Rompecabezas	Tomo las piezas de manera correcta y lo armo sin ayuda.
Uso de las Imágenes proyectadas	Relaciono las imágenes proyectadas: el cubo con un cuadrado, la esfera con un circulo y el cilindro con un circulo.
Uso del Audio	Escuchó el audio.
Aprendizaje	Es de color blanco y negro, cola larga, suena como un pájaro y su sonido es como un pájaro “chilla”
Comentario:	Se presentó algunas dificultades para comunicarnos y no relacionaba el mono titi, por lo tanto se le presento una imagen del mono titi real.

Tabla 4. Evaluación al tercer niño.

Evaluación cuarta niña	
Condición	Sin limitación visual o auditiva
Edad	10 años
Uso del Rompecabezas	Lo armo de manera correcta, no necesito ayuda
Uso de las Imágenes proyectadas	Relacionó las palabras proyectadas: cubo con cuadrado, esfera con circulo
Uso del Audio	Escucho el audio.
Aprendizaje	Es un animal, pequeño, blanco y negro, su sonido es como un chillido de murciélago, tiene cola larga.
Comentario:	Completo el rompecabezas en corto tiempo.

Tabla 5. Evaluación a la cuarta niña.

Evaluación quinta niña	
Condición	Limitación visual
Edad	9 años
Uso del Rompecabezas	Lo armó, necesitó ayuda pues colocar las piezas en el lugar correcto pero un espacio de hasta 1.5 centímetros de manera que necesitó ayuda para que encajaran bien.
Uso de las Imágenes proyectadas	Miraba las imágenes proyectadas pero no las entendía, se explicó que eran cubo, esfera y cilindro.
Uso del Audio	Escucho el audio
Aprendizaje	Es de color blanco y negro, pequeño, tiene cola larga
Comentario:	Le gustaba ver como las figuras cambiaban al colocar las manos encima, esto es ocultando piezas, esto en un futuro puede usarse a favor de la narrativa.

Tabla 6. Evaluación a la quinta niña.

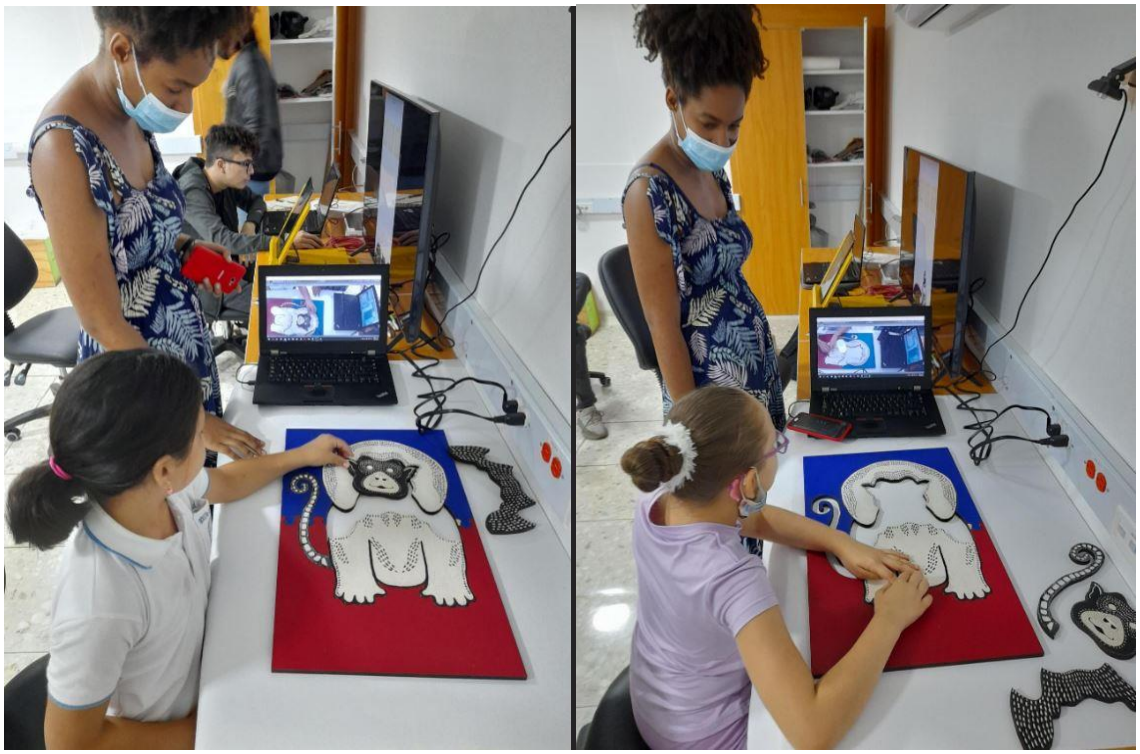


Figura 24. Imágenes realizando pruebas del sistema.

Figura 25. Imágenes realizando pruebas del sistema.

Todos los niños respondieron correctamente a preguntas relacionadas con el mono titi, Aprendieron elementos como el color blanco y negro, la cola larga y su tamaño. Aprendieron elementos directamente de la realidad aumentada como el nombre de las figuras geométricas que veían y escuchaban el audio.

Realimentación de instituto

Tras realizar las pruebas se recibieron los siguientes comentarios del instituto:

"Aunque los niños son de una edad de 5 a 12 años, requirieron ayuda para armar el rompecabezas por lo cual se podría presentar primero la imagen completa en la pantalla, luego retirarla y pedirle que lo arme. Eso dependerá de la capacidad visual y la edad, también cada vez que se coloca una pieza de forma correcta se podría generar un sonido del animal y al terminar la figura, una pregunta que lleve al niño a investigar, ampliar la información o dar posibles sugerencias sobre su conservación.

No logré entender el objetivo de las figuras geometrías, ¿era para medir la capacidad visual de los niños con la imagen desvanecida en figura fondo?, o el nivel de atención? No le encontré relación."

Discusión

Los resultados mostraban una comprensión de la anatomía del mono puesto que sus respuestas contenían información proporcionada en los mensajes visuales y auditivos. De igual forma todos lograron armar el rompecabezas sin importar su condición, ninguno de los niños trato de desistir en poder armar el rompecabezas. No se trató se controlar las variables extrañas como el ruido u otros distractores que pudiesen incidir en la concentración del niño para lograr el objetivo o para poder ver/escuchar los mensajes de la interfaz, a pesar de que en algunas ocasiones las respuestas de los niños eran cortas o tenían dificultad para responder en ningún caso se dejó de responder alguna pregunta. En concordancia con lo anterior, hay una clara evidencia que tenían los participantes en lograr el objetivo a pesar de las dificultades de distinta índole debido a que todos lo lograron en un periodo de tiempo que no fue muy extenso.

En todo momento la cámara web identificó en su campo visual el rompecabezas, reconoció las posibles combinaciones de manera correcta y tuvo un buen funcionamiento según lo diseñado y lo que se esperaba, siempre se tuvo en cuenta tanto los objetivos del experimento como los del Instituto para que ningún proceso fuera a ser contraproducente para el desarrollo que tienen los niños.

Analizando el comentario del instituto se evidencia que el proceso de armar el rompecabezas requiere mayor asistencia del profesor. Las figuras geométricas que se mencionan en estos

comentarios puede ser reemplazada con información del mono titi que momento de realizar la prueba no estaban disponibles. Otros aspectos mencionan en el trabajo futuro.

Capítulo 8

Conclusiones

Se identificó información relacionada con el mono tití y su hábitat para crear una narrativa interactiva orientada a niños con limitaciones visuales y auditivas. Esta narrativa incluye audios con información del mono titi, el alarido en su hábitat, imágenes geométricas.

Se diseñó una interfaz de software que permita interactuar con la narrativa interactiva propuesta a través de una interfaz tangible. Esta interfaz tangible es el rompecabezas del mono titi, y a partir de este, el sistema toma decisiones de sumar elementos como audio y imágenes.

Se implementó un prototipo o un demo de la interfaz propuesta, integrado con un equipo de cómputo, una cámara web y el rompecabezas. El usuario que tiene limitaciones visuales o auditivas puede utilizarlo y efectivamente tener una experiencia de realidad aumentada.

Se realizó pruebas y evaluaciones del funcionamiento de la interfaz al interactuar con niños con limitaciones visuales y auditivas. Esto evidenció, a través de que respondieron correctamente a preguntas relacionadas con el mono titi, respondieron correctamente a preguntas en relación a la realidad aumentada, pues aprendieron nombres como “cubo” o “cilindro”, elementos de la realidad aumentada.

Capítulo 9

Desarrollo futuro

A continuación, se plantean diferentes propuestas de mejora para un desarrollo futuro.

Preparación de proyecto

- Tomar en cuenta el tamaño de la muestra para tener resultados más representativos.
- Realizar más pruebas que respalden la correlación directa entre la realidad virtual y el desarrollo de las habilidades cognitivas de las personas sensorialmente diversas.
- Desde el comienzo planear un comparativo para evidenciar las diferencias en las habilidades cognitivas de los participantes para evidenciar.
- Utilizar un rompecabezas más grande para aumentar la dificultad de manera moderada.

Interfaz

- Al inicio pedir los datos de los participantes y que acepten el consentimiento informado y almacenar esta información.
- Detectar cuando los participantes quiten una pieza.
- Informar al usuario cuantas piezas le faltan en todo momento.
- Contabilizar el tiempo y el número de intentos (por pieza) que tarda cada usuario

Desarrollo del experimento

- Realizar acciones para disminuir las variables exógenas como puede ser el ruido, clima extremo, distractores entre otras.
- Enviar el consentimiento informado previo al desarrollo del experimento.
- Realizar más preguntas a los participantes.
- Anotar observaciones cualitativas.

Referencias

[1] Rengifo, B. A. Quitiaquez, L. Mora, F. J. La educación ambiental es una estrategia pedagógica que contribuye a la solución de la problemática ambiental en Colombia. XII Coloquio Internacional de Geocrítica. http://www.ub.edu/geocrit/coloquio2012/actas/06-B-Rengifo.pdf

[2] Morachimo, L. (1999). La educación ambiental: tema transversal del currículo. Módulo ontológico, Lima, Perú: Centro de Investigaciones y Servicios Educativos-Pontificia Universidad Católica del Perú

[3] Kaur. D. P. Mantri, A. Horan B. Enhancing Student Motivation with use of Augmented Reality for Interactive Learning in Engineering Education Disponible: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920314563

[4] Ministerio de medio ambiente. https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4317-colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo-celebra-el-dia-mundial-de-la-biodiversidad#:~:text=de%20la%20Biodiversidad-,Colombia%2C%20el%20segundo%20pa%C3%ADs%20m%C3%A1s%20biodiverso%20del%20mundo%2C%20celebra%20el,D%C3%ADa%20Mundial%20de%20la%20Biodiversidad&text=Con%20m%C3%A1s%20de%2050.000%20especies,a%20nivel%20mundial%20en%20biodiversidad.

[5] Castaño, A. La deforestación en Colombia tiene en peligro de extinción al mono tití del Caquetá. Disponible en: https://es.mongabay.com/2018/05/mono-titi-del-caqueta-en-peligro-por-deforestacion/

[6] El mono tití cabeciblanco. Disponible en: http://envol-vert.org/es/proyectos/programa-de-bosques-secos-colombia/especies-emblematicas/el-mono-titi-cabeciblanco/

[7] Feilen, K. L. Guillen, R. R. Vega, A. S. Developing successful conservation education programs as a means to engage local communities in protecting cotton-top tamarins (Saguinus oedipus) in Colombia. Disponible en: https://www-sciencedirect-com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S1617138117301851/pdfft?md5=0db31da885337f0594c1ff7c19c3c207&pid=1-s2.0-S1617138117301851-main.pdf

[8] Mehmet, K. Yasin, O. Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. Disponible en: https://n9.cl/8v6mb

[9] Discapacidades visuals. Disponible en: https://www.discapnet.es/areas-

[10] ONCE. Apuntes sobre Rehabilitación Visual [Internet]. 1994. Disponible en: https://www.foal.es/es/biblioteca/apuntes-sobre-rehabilitacion-visual.

[11] Retinosis Retina Begisare. Qué es la Retinosis Pigmentaria [Internet]. 2015 [citado el 14 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.begisare.org/retinosis-pigmentaria/que-es-la-retinosis-pigmentaria/

[12] American Academy of Ophthalmology. ¿Qué es la retinopatía diabética? [Internet]. 2020 [citado el 14 de noviembre de 2020]. Disponible en:

[13] Glaucoma Research Foundation. ¿Qué es el Glaucoma? [Internet]. 2019 [citado el 14 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.glaucoma.org/es/que-es-el-glaucoma.php

[14] Meltzer E, Prasad S. Updates and controversies in the management of acute opticneuritis. Vol. 7, Asia-Pacific Journal of Ophthalmology. Asia-Pacific Academy of Ophthalmology; 2018. p. 251–6.

[15] Files.sld. Grupo Funcional III Protocolo de Tratamiento de Baja Visión. [Internet].2015. Disponible en: https://files.sld.cu/bajavision/files/2017/02/Grupo-Funcional-III-Protocolo-de-tratamiento-del-Servicio-de-Baja-Visión.pdf

[16] Files.sld. Grupo Funcional IV Protocolo de Tratamiento de Baja Visión. [Internet].2015. Disponible en: https://files.sld.cu/bajavision/files/2017/02/Grupo-Funcional-IV-Protocolo-de-tratamiento-del-Servicio-de-Baja-Visión.pdf

[17] Grupos funcionales de baja visión. Optometría I (OT3-16). Disponible en: https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-de-manabi/optometria-i/informe/grupos-funcionales-en-baja-vision/10348561/view

[18] World Health Organization. https://www.who.int/es

[19] Amor Dorado JC, Costa Rivas, C, Barreira Fernández Mdel P, Hipoacusia en adultos.Ed. Elsevier. España 2014. tematicas/salud/discapacidades/deficiencias-visuales/deficiencias-visuales.

[20] Boletín observatorio social población sorda colombiana. INSOR. Boletín No. 5. Agosto 2013. Bogotá, D.C. Disponible en: http://www.insor.gov.co/home/wp-content/uploads/filebase/boletin_observatorio05.pdf

[21] Realidad virtual para reeducación motora de niños con daño neorologic. Salcedo M. C. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2011. Disponible en: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20514/598081.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[22] Ocete, G. V., Carrillo, J. A. O., & González, M. Á. B. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. *Etic@ net: Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, (2), 12.

[23] Cho, C. Lee, T. Ogden, J. Stewart, A. Tsai, T. Chen, J. Vituccio R. Imago: Presence and Emotion in Virtual Reality-2016. July 2016 Article No.: 6 Pages 1–2 https://doi.org/10.1145/2929490.2931000

[24] Ostrin, G. Frey, J. Cauchard, J. Interactive Narrative in Virtual Reality. 2018

[25] Christopoulos, D. Mavridis, P. Andreadis, A. Karigiannis, J. Using Virtual Environments to tell the Story. 2011. https://www.researchgate.net/publication/224249387_Using_Virtual_Environments_to_Tell_the_Story_The_Battle_of_Thermopylae

[26] A taxonomy of mixed reality visual displays, Milgram, P. Kishino, F. 1994. Disponible en: https://www.alice.id.tue.nl/references/milgram-kishino-1994.pdf

[27] Modelo para el desarrollo y evaluación de la usabilidad en sistemas de interaccion tangible desde la perspectiva del diseño centrado en el usuario. Escalante, A. C. Universidad Autónoma de Occidente. 2017. Disponible en: https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10105/T07768.pdf?sequence=5&isAllowed=y

[28] Realidad aumentada y realidad virtual. Observatorio de innovación educativa del Tecnológico de Monterrey. 2017. Disponible en: https://innovacioneducativa.upm.es/recursos/edu-trends-realidad-aumentada-realidad-virtual

[29] ¿Qué es la realidad aumentada?. einnova. Disponible en: https://www.einnova.com/servicio/que-es-la-realidad-aumentada

[30] La realidad aumentada (AR) para el aprendizaje de Química Orgánica. Rodríguez, A. M. Universidad Nacional de Colombia. 2020. Disponible en: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78314/30234796.2020.pdf?sequence=4&isAllowed=yhttps://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78314/30234796.2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y

[31] Diana Xu, Tangible User Interface for Children An Overview, Department of Computing, University of Central Lancashire, Preston UK.

[32] H. Ishii and B. Ullmer, "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms," Proc. Conf. SIGCHI Human Factors in Computing Systems (CHI '97), pp. 234-241, 1997.

[33] Bertrand Schneider, Patrick Jermann, Guillaume Zufferey, and Pierre Dillenbourg, "Benefits of a Tangible Interface for Collaborative Learning and Interaction," IEEE Transactions on Learning Technologies, VOL. 4, NO. 3, July-September 2011.

[34] Glenda Revelle, Oren Zuckerman, Allison Druin, Mark Bolas, Tangible User Interfaces for Children, Special Interest Groups, Portland, Oregon, USA, April 2005.

[35] Desarrollo de una interfaz tangible que apoye el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en niños de 7 a 11 años con implante coclear. Henao, C. Naranjo, J. S. Universidad de San Buenaventura. 2018. Disponible en: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/6159/1/Diseno_interfaz_tangible_Henao_Naranjo_2018.pdf

[36] VICTOR MANUEL PEÑEÑORY « Modelo para el análisis de requisitos y actividades dirigido al diseño de experiencias interactivas dirigidas a la rehabilitación de niños con discapacidad auditiva » Versión publicada: 2018

[37] Desarrollo de un prototipo de audiojuego para personas con discapacidad visual. Zuñiga, A. Universidad de San Buenaventura Colombia. 2019. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/7424/1/Audiojuego_Discapacidad_Visual_Zuniga.pdf

[38] NARDI, Bonnie A. (ed.). Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction. mit Press, 1996. Basic structure of an activity (P. 28)

[39] https://unity.com/ Unity

[40] Maria Camila López Leal David Hernández Cárdenas, "Asistente Informativo Virtual", Pontificia Universidad Javeriana Cali, Facultad de Ingeniería., 2021.

[41] Unity Technologies. (s/f). Vuforia. Unity3d.com. https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/vuforia-sdk-overview.html

[42] "La Educación Ambiental basada en un enfoque por competencias". Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, UAEH. https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n9/e2.html

[43] "Pérdida de visión periférica: causas más comunes - Blog de Clínica Baviera". Blog de Clínica Baviera. https://www.clinicabaviera.com/blog/perdida-de-vision-periferica-causas-comunes/#:~:text=Se%20denomina%20pérdida%20de%20visión,baja%20del%20campo%20de%20visión.

[44] "OPS/OMS | Actualizaciones de la CIE-10". Pan American Health Organization / World Health Organization. https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=9178:2013-actualizaciones-cie-10&Itemid=40350&lang=es#gsc.tab=0

[45] "APA PsycNet". APA PsycNet. https://psycnet.apa.org/record/2017-34036-002

[46] Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas. https://www.redalyc.org/pdf/4772/477247214009.pdf

[47] Tecnologías de realidad virtual y aumentada como medios emergentes para la divulgación y comunicación de la ciencia: procesamiento y representación de la información. Rubio, José Luis. 2017, Universidad Rey Juan Carlos.

[48] "Narrative skills of children with communication impairments - PubMed". PubMed. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12851080/

[49] "El desarrollo de las habilidades narrativas en niños: una revisión sistemática de la literatura". https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/29381

[50] "Virtual reality learning environment for enhancing electronics engineering laboratory experience | Semantic Scholar". Semantic Scholar | AI-Powered Research Tool. https://www.semanticscholar.org/paper/Virtual-reality-learning-environment-for-enhancing-Singh-Mantri/14f75f815ec64f078025eac1dfdb9791db1af2a4

[51] Dane. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/discapacidad. Discapacidad.

[52] Dane. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1. Censo general 2005.

[53] "La Educación Ambiental basada en un enfoque por competencias". Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. UAEH. https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n9/e2.html

[54] The nonhuman primates of Colombia. HERNÁNDEZ-CAMACHO J, COOPER RW. En: Thorington Jr RW, Heltne PG. editores). Neotropical Primates: Field Studies and Conservation. Washington, DC.: National Academy of Sciences, 1976; pp.35-69.

Anexos

Evaluaciones

24 de junio de 2022

Instituto para niños ciegos y sordos del valle del cauca
Dirección: Carrera 38 # 5B1-39
Barrio San Fernando, Cali

1.Niño, Limitación auditiva

- ¿Te gustó?
  "Si"
- ¿Qué es el mono titi?
  "Es animal "
- ¿De qué tamaño es?
  "Es pequeño, tiene 4 patas"
- ¿Su cola?
  Tiene cola larga
- ¿Cómo suena?
  "No habla"
- ¿Cómo es el sonido del mono titi?
  "Suena como un pájaro"
  Correcto, el mono titi no habla, el mono titi chilla
  "Chilla como un pájaro"
  Muchas gracias

2. Niño, Limitación auditiva

- ¿De qué color es el mono titi?
  "Blanco"

- ¿Y este color?
  "Negro"
- ¿Tienen cola pequeña o larga?
  "Largaaaaa"
- ¿Te gustó?
  "Si"
- ¿Cómo suena?
  "Como pájaro"
- El mono titi no habla chilla
  "Si, chilla"
- Muchas Gracias

3. Niño, Limitación Visual, Atención dispersa

- ¿Te gustó este juego?
  "Ujumm"
- ¿Qué aprendiste del mono titi? ¿De qué color es?
  "Que es de color blanco y puntos blancos y negro
- ¿Cómo es su cola?
  "Larga"
- ¿Cuántas patas tiene?
  "Dos"
- Tiene 4 patas
  "Pero no las veo en la foto"
- Sí, es por la imagen, pero en la vida real tiene 4 -
- ¿Por qué es importante que lo cuidemos?
  "EL mono tití son como monos"
- Ujummm
- Pero ¿por qué es importante que los cuidemos porque están en peligro, quedan pocos, quedan muchos?
  "Como los osos polares"
- ¿Cómo los osos polares que quedan pocos?
  "Ujumm"
- ¿Qué vamos a seguir haciendo o ya terminamos?
- ¿Qué sonido hace el mono titi?
  "Como un mono"
- ¿Cómo un mono, ósea hizo como un mono?
  "Y un pájaro, los dos al mismo tiempo"

- Muchas gracias

4. Niña, Sin limitación visual o auditiva.

- ¿Te gustó este juego?
  "Si"
- ¿Qué aprendiste del mono titi?
  "Animal"
- Es un animal ¿Pequeño o grande?
  "Pequeño"
- ¿De qué color es?
  "Blanco y negro"
- Correcto, ¿Qué sonido hace? -
- Como un chillido de murciélago -
- ¿Cómo tiene su cola?
  "Largaaaaaaaaa"
- ¿Y tenemos que cuidar al mono tití por qué?
  "Porque está en peligro de extinción"
- Muy bien, esto sería todo hoy muchas gracias

5. Niña, Limitación visual

- ¿Te gustó este Juego?
- Si
- ¿Qué aprendiste del mono titi?
- El mono titi vive -
  ¿Dónde vive?
  "En la selva
  En la selva"
- ¿Cómo se ve él?
  "Eeeeeeee"
- ¿De qué color es?
  "Blanco y negro"
- Correcto, ¿es grande o pequeño?
  "Pequeño"
- Correcto -
- ¿Cómo es su cola?
  "Largaaa"
- ¿Cómo hace? ¿cómo suena? ¿Qué sonido hace?, ¿Lo recuerdas?
  "No"

- Era como un chillido, parecía un pájaro ¿Te acuerdas?
  "Si"
  ¿Y debemos cuidar al mono tití por qué? - Porque, no sé porque, pero… - ¿Quedan muchos o pocos?
  "Pocos
  Pocos y por eso hay que cuidarlos"
- Por ahora esto sería todo, Muchas gracias