



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

VIDEOJUEGO EDUCATIVO PARA EL APRENDIZAJE DE GEOMETRÍA
EN NIÑOS NO VIDENTES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

MATÍAS ALEJANDRO PARDO GUTIÉRREZ

PROFESOR GUÍA:
JAIME SÁNCHEZ ILABACA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JÉRÉMY BARBAY
JORGE PÉREZ ROJAS

SANTIAGO DE CHILE

2017

Resumen

El presente trabajo de memoria trata del desarrollo iterativo de una herramienta de software correspondiente a un videojuego educativo para personas con discapacidad visual (ceguera o visión parcial).

Lo que motiva este trabajo es que los usuarios finales puedan contar con una herramienta que apoye su aprendizaje de los conceptos de geometría rotación, traslación y reflexión, y refuerce además sus habilidades de orientación.

Este trabajo surge a partir del problema de lo difícil que es enseñar los conceptos geométricos antes mencionados en aprendices con problemas de visión, en especial los con ceguera, pues éstos conceptos que son tan visuales a veces no quedan del todo plasmados en las mentes de estas personas que perciben el mundo de otra forma.

Es entonces que se desarrolla un videojuego, GeoAudioWizard, un videojuego donde el jugador recorre un laberinto y se encuentra con variados elementos y debe resolver diferentes acertijos con dificultad que va en ascenso. Lo especial de este videojuego es que puede ser jugado sin necesidad de una pantalla, solamente utilizando el joystick (un control de Xbox 360), un computador con el videojuego y una interfaz de audio (recomendablemente auriculares). El feedback del videojuego es tal que el usuario puede desenvolverse en el juego y desarrollar las actividades de una forma grata. El feedback se compone por una combinación de estímulos (auditivos y hápticos) significativos para personas con discapacidad visual con lo que pueden construir sus imágenes mentales y con esto su aprendizaje.

Luego de seguir un desarrollo de proceso iterativo, en el que se realizaban pruebas de los cambios realizados con usuarios finales, se llega a una solución y una serie de resultados que en su conjunto son satisfactorios, el aprendiz puede jugar el videojuego y representa un apoyo en su aprendizaje, lo que abre las puertas a realizar más pruebas y mejoras en un futuro.

Tabla de Contenido

Capítulo 1: Introducción	2
1.1. Contexto	2
1.2. Problema	2
1.3. Solución elegida	2
1.4. Resultados de la solución implementada	3
1.5. Delimitación del Estudio	3
1.6. Inserción del Estudio	4
1.7. Objetivos	4
1.7.1. Objetivo General	4
1.7.2. Objetivos Específicos	4
Capítulo 2: Marco Teórico	6
2.1. Estado del arte	6
2.2. Interfaces físicas	8
2.3. Aprendizaje	10
2.4. Aspectos de Usabilidad	11
Capítulo 3: Especificación del Problema	15
3.1. Descripción detallada del problema	15
3.2. Relevancia de contar con una solución	15
3.3. Requisitos de la Solución	16
3.3.1. Requisitos de Usuario	16
3.3.2. Requisitos de Software	18
3.4. Características de Calidad	22
3.5. Criterios de Aceptación	23
Capítulo 4: Descripción del videojuego	26
4.1. Sobre el videojuego	26
4.1.1. Metáfora	26
4.1.2. Historia	26
4.1.3. El videojuego, objetos y niveles	27
4.2. Arquitectura del software	29
4.2.1. Unity, la Plataforma de Desarrollo	29
4.2.2. Lógica del videojuego	30
4.2.2.1. El prototipo	30
4.2.2.2. Resumen características del Prototipo	32
4.2.2.3. Resumen de Rediseño para Versión Final	33
4.2.2.4. Descripción detallada de Mecánicas y Objetos	35
4.2.3. Arquitectura lógica	48
4.2.4. Ejemplos de código	51
4.3. Arquitectura del hardware	54

4.4.	Diseño de la interfaz usuaria	54
4.4.1.	Interfaz de Entrada	55
4.4.1.1.	Botones del joystick y sus acciones en el videojuego	55
4.4.2.	Interfaz de Salida	60
4.5.	Justificación del diseño	60
Capítulo 5: Metodología		62
5.1.	Análisis del Prototipo de Videojuego Inicial	62
5.2.	Los instrumentos y procedimiento general	62
5.2.1.	Cuestionario de Usuario Final	62
5.2.2.	Pauta de evaluación heurística	62
5.2.3.	Instrumento de Evaluación de Impacto (usabilidad)	63
5.3.	Desarrollo de Mejoras del Prototipo de Videojuego Inicial	63
5.3.1.	Apresto	63
5.3.2.	Análisis	64
5.3.3.	Diseño, Implementación y Evaluación	64
Capítulo 6: Validación y Evaluación de usabilidad		70
6.1.	Versión del Videojuego	70
6.2.	Equipo e Interfaces Utilizadas	71
6.3.	Cuestionarios y procedimiento	72
6.3.1.	Cuestionario de Usuario Final	72
6.3.1.1.	Composición del instrumento	72
6.3.1.2.	Muestra	73
6.3.1.3.	Tarea realizada	73
6.3.1.4.	Procedimiento	73
6.3.2.	Entrevistas	77
6.3.2.1.	Muestra	77
6.3.2.2.	Tarea realizada	77
6.3.2.3.	Procedimiento	78
6.3.3.	Evaluación de Impacto (usabilidad)	78
6.3.3.1.	Composición del instrumento	78
6.3.3.2.	Muestra	80
6.3.3.3.	Tareas realizadas	80
6.3.3.4.	Procedimiento	81
6.3.4.	Pauta de evaluación heurística	82
6.3.4.1.	Composición del Instrumento	82
6.3.4.2.	Muestra	85
6.3.4.3.	Procedimiento	85
6.4.	Resultados y Análisis	86
6.4.1.	Resultados de Cuestionario de Usuario Final	86
6.4.2.	Resultado de entrevistas	90

6.4.3. Resultados de Evaluación de Impacto (usabilidad)	90
6.4.4. Resultados de evaluación heurística	91
Capítulo 7: Conclusiones	95
7.1. Resumen	95
7.2. Objetivos alcanzados y no alcanzados	95
7.3. Análisis del por qué de los resultados	96
7.4. Reflexión acerca de la relevancia del trabajo realizado	97
7.5. Lecciones aprendidas	97
7.6. Trabajo Futuro	98
Capítulo 8: Bibliografía	100
Capítulo 9: Anexos	110
Anexo A: Pauta de Usabilidad de Videojuegos	110
Anexo B: Pauta de evaluación Heurística de Videojuegos Educativo	112
Anexo C: Pauta de Evaluación de Impacto (usabilidad)	116
Anexo D: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Parte 1	121
Anexo E: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Parte 2	121
Anexo F: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Preguntas abiertas Parte 1	122
Anexo G: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Preguntas abiertas Parte 2	123
Anexo H: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S1 (Completada)	124
Anexo I: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S7 (Incompleta)	125
Anexo J: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S8 (Incompleta)	126
Anexo K: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S9 (Incompleta)	128
Anexo L: Resultados de Evaluación de Impacto usuario s10 (Completada)	129
Anexo M: Resultados de Evaluación Heurística	131
Anexo N: Historia Original, Autor Matías Pardo G.	132

Índice de Tablas

Tabla 1: Acertijos del Videojuego	41
Tabla 2: Representación caras del cubo con botones del joystick	57
Tabla 3: Botones del joystick y acciones en el laberinto	57
Tabla 4: Botones del joystick y acciones en acertijo	57
Tabla 5: Botones del joystick y acciones en tesoro	58
Tabla 6: Botones del joystick y acciones en pelea	58
Tabla 7: Botones del joystick y acciones en plano Cartesiano	59
Tabla 8: Botones del joystick y acciones en Menú Principal	59
Tabla 9: Botones del joystick y acciones en Menú Juego Anterior	59
Tabla 10: Promedio por Aseveración de Cuestionario de Usuario Final	86
Tabla 11: Resultados Totales de Pre y Post Evaluación de Impacto por Ítem	90
Tabla 12: Promedio por Heurística e Resultados de Evaluación Heurística ..	91
Tabla 13: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Parte 1	121
Tabla 14: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Parte 2	121
Tabla 15: Resultados Cuestionarios de Usuario Final preguntas abiertas Parte 1	122
Tabla 16: Resultados Cuestionarios de Usuario Final preguntas abiertas Parte 2	123
Tabla 17: Resultados evaluación heurística	131

Índice de Figuras

Figura 1: Teclado y Mouse	8
Figura 2: Phantom	9
Figura 3: Novint Falcon	9
Figura 4: Control de Xbox 460	10
Figura 5: Mapping de perillas de una cocina y sus respectivos quemadores, de apuntes de clase	13
Figura 6: Vista de una intersección del laberinto	31
Figura 7: Vista de la batalla	31
Figura 8: Cuarto Geométrico. La esfera es el jugador y el cuadrado la salida	32
Figura 9: Vista Menú Principal	35
Figura 10: Esquema Interacciones Menú Principal	36
Figura 11: Vista primera intersección del juego (Nivel 1)	37
Figura 12: Vista de Nivel 5 del Laberinto	39
Figura 13: Imagen de puerta en el final de Nivel 2	40
Figura 14: Objeto Acertijo, correspondiente al óvalo azul	41
Figura 15: Diagrama de responder acertijo	41
Figura 16: Objeto tesoro (Prisma rectangular amarillo)	44
Figura 17: Objeto trampa (Prisma rectangular negro)	44
Figura 18: Objeto Monstruo en laberinto	45
Figura 19: Transportador a actividad del plano cartesiano en Nivel 3 (Es el óvalo café)	45
Figura 20: Actividad de plano Cartesiano	47
Figura 21: Esquema Simplificado de clases relativas a Construcción de Laberinto	48
Figura 22: Código de detección de presionar X en menú principal	51
Figura 23: Definición del Nivel 1 en levelData.cs	52
Figura 24: Código de reacción de piedra mágica al gatillar Evento Izquierda	53
Figura 25: Código de función que define Evento Izquierda	53
Figura 26: Código de acción "mover a la izquierda" de piedra mágica	53
Figura 27: Esquema de Entrada/Salida del Hardware	54
Figura 28: Botones de Control de Xbox 360 utilizados en GeoAudioWizard	56
Figura 29-35: Usuario final jugando el videojuego GeoAudioWizard (Colegio de Ciegos Santa Lucía)	74-77
Figura 36: Usuario participando en evaluación de usabilidad de impacto (Colegio de Ciegos Santa Lucía)	81
Figura 37: Gráfico Promedio de Satisfacción por aseveración Parte 1, Cuestionario de Usuario Final	87
Figura 38: Gráfico Promedio de Satisfacción por aseveración Parte 2, Cuestionario de Usuario Final	87

Capítulo 1

Introducción

Capítulo 1

Introducción

1.1. Contexto

En la actualidad existe una gran cantidad de software educativo, pero la mayoría suele estar dirigido a personas videntes. Ello implica que a la hora de encontrar software educativo para personas con discapacidad visual las opciones son más limitadas.

En este Trabajo de Título se abordó el tema del aprendizaje de la geometría por parte de aprendices con discapacidad visual, más específicamente las transformaciones geométricas: rotación, traslación y reflexión. Dichos conceptos son particularmente complejos de enseñar y aprender en personas con discapacidad visual. Para ellos, un objeto que está en una posición puede ser percibido como un objeto completamente diferente sólo con rotarlo 180°.

Es entonces que se implementó un videojuego educativo multimodal para ayudar en la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de orientación, rotación, traslación y reflexión por parte de aprendices con discapacidad visual. Los videojuegos educativos presentan un buen apoyo en la enseñanza y aprendizaje de los niños porque aprenden mientras juegan e interactúan.

El desafío estuvo en tener presente en todo momento temas de usabilidad e interacción humano-computador, ya que su correcto uso es fundamental para poder transmitir el mensaje que se desea y generar la interacción con los usuarios finales, los niños con discapacidad visual.

1.2. Problema

El problema a resolver es la dificultad del aprendizaje de los conceptos geométricos de rotación, traslación y reflexión por parte de aprendices con visión parcial o ceguera. Como respuesta se construye un videojuego educativo para apoyar este aprendizaje.

1.3. Solución elegida

La solución elegida es el desarrollo de un videojuego educativo utilizando el software **Unity versión 5.2.2f1**, que es utilizado en el desarrollo de videojuegos (fue utilizado en el desarrollo del prototipo con el que se cuenta actualmente).

Como interfaz de control se decide utilizar un control de **Xbox 360 alámbrico**, que fue el utilizado durante las pruebas realizadas en conjunto con los usuarios finales durante el desarrollo del prototipo. Otra opción descartada fue la utilización del **Novint Falcon**, pero es costoso y difícil de acceder, además de que no se logra incorporar satisfactoriamente al proyecto (se explica en qué consiste esta interfaz en el Marco Teórico).

Se realizó el desarrollo del videojuego utilizando lo antes descrito en lo que respecta a Software y Hardware. Para la validación del videojuego se realizarán evaluaciones de usabilidad.

Junto a esto se realizaron evaluaciones de los conceptos a tratar en el videojuego antes de su uso y luego de su utilización, para evaluar el impacto en el aprendizaje de los conceptos tratados.

1.4. Resultados de la solución implementada

Los resultados de la solución, el videojuego GeoAudioWizard, son satisfactorios lo que es reflejado en las evaluaciones (principalmente en la de cuestionario de usuario final y en la evaluación heurística, junto a las observaciones realizadas) cuyos números y análisis se pueden revisar en 6.4.

Los criterios de aceptación del punto 3.5. son alcanzados bajo un par de observaciones detalladas en el capítulo 6 (que no van en detrimento del objetivo final de la memoria y de la utilización del software con fines educativos).

1.5. Delimitación del Estudio

1.- El trabajo de memoria corresponde al diseño, rediseño, desarrollo y evaluación de usabilidad de un videojuego educativo.

2.- El videojuego desarrollado corresponde a un videojuego serio y no de entretención.

3.- El trabajo realizado no es una evaluación del impacto en el aprendizaje y cognición de los niños.

4.- Se utilizó un software de desarrollo de videojuegos (Unity 5.2.2.f1), que requiere de programación en lenguaje de más alto nivel.

1.6. Inserción del Estudio

Este estudio fue financiado y se enmarca como parte del Proyecto Fondecyt #1150898 "Conocer con Interfaces Multimodales en Aprendices Ciegos, CIMAC"; y el Proyecto Basal FB0003 del Programa de Investigación Asociativa de CONICYT.

1.7. Objetivos

A continuación se plantean los objetivos de este estudio:

1.7.1. Objetivo General

Construir un videojuego educativo basado en audio y vibración para apoyar el aprendizaje de los conceptos geométricos de rotación, traslación y reflexión en niños con ceguera o visión parcial.

1.7.2. Objetivos Específicos

- A.** Diseñar, rediseñar y desarrollar un videojuego educativo que apoye el aprendizaje de conceptos de geometría, en específico las transformaciones: rotación, traslación y reflexión, en niños con discapacidad visual.
- B.** Evaluar la usabilidad del videojuego con usuarios finales, niños con discapacidad visual.
- C.** Realizar una evaluación del impacto del uso del videojuego por los usuarios finales en el contexto de una evaluación de usabilidad.

Capítulo 2

Marco Teórico

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Estado del arte

En cuanto a trabajos anteriores similares al que se realizó en esta memoria se pueden destacar (juegos educativos para niños con discapacidad visual): AudioChile[13], AudioLink [16] y AudioMath [3].

AudioChile consiste en un juego de rol en que el usuario viaja a través de tres zonas geográficas de Chile dónde varias interacciones con espacios y personajes ocurren. El Juego se vale de sonido 3D para la ubicación espacial del usuario.

AudioLink es un videojuego de rol en el que existen diversas actividades y misiones relacionadas con el aprendizaje de distintos conceptos de Ciencias.

AudioMath es un videojuego para aprender matemáticas básicas (sumar, dividir, restar y multiplicar) que se vale de audio para transmitir su contenido e interfaces de alto contraste para personas con resto visual.

Los juegos antes mencionados siguen una metodología similar a la que se seguirá durante el trabajo de la memoria.

Además de los ya descritos existen otros softwares (o adaptaciones) desarrollados para personas con discapacidad visual que también pueden ser nombrados a modo de ejemplo son:

Audio Space Invaders[42] donde se usa audio 3D y un joystick de feedback forzado como interfaces del videojuego Space Invaders.

Blind Hero[45], donde se reemplaza el feedback visual del videojuego Guitar Hero por un feedback háptico utilizando un guante.

Eyes-Free Yoga[46], un videojuego que emula un instructor de yoga utilizando feedback auditivo y el Microsoft Kinect.

Haptic Sudoku[47], en donde se utiliza un *display* háptico para representar un sudoku y el usuario explora la interfaz tocándola, recibiendo feedback auditivo de sus acciones.

AudiOdyssey[48], es un videojuego de ritmo para personas con discapacidad visual y sin ella. Utiliza teclado o un Nintendo Wiimote e interfaces con accesibilidad.

e-Adventure[59], es una plataforma de videojuegos para el desarrollo de videojuegos educativos, con potencial de crear videojuegos con accesibilidad.

My First Day at Work [60], es un videojuego que fue hecho para alumnos con distintas discapacidades, entre ellas baja visión y movilidad reducida.

AINIDIU [61], es un software capaz de interactuar con niños ciegos utilizando un sintetizador de voz y un lector de pantallas.

MOVA3D[62], un videojuego que utiliza audio 3D y un dispositivo háptico para el desarrollo de habilidades de movilidad y orientación en niños ciegos.

AudioGene[63], un videojuego para el aprendizaje de conceptos de genética para niños ciegos o no, utilizando audio.

AudioHapticMaze[6], un videojuego para desarrollar orientación y movilidad utilizando audio e interfaces hápticas.

AudioDoom[41], un videojuego que utiliza sonido 3D para representar un mundo virtual para niños ciegos.

Virtual Environment[65], un videojuego en el que mediante feedback háptico y auditivo se exploran espacios desconocidos.

AUXie[66], es un software basado en audio sobre tours virtuales en museos.

Tower Defense Game[67], existe una adaptación de un juego de Tower Defense representado en un plano cartesiano que utiliza audio como feedback.

Audiopolis[68], un videojuego en donde se explora una ciudad virtual utilizando audio e interfaces hápticas.

AbES[69], es un videojuego donde se explora un espacio virtual utilizando feedback auditivo, para desarrollar las habilidades de orientación y movilidad.

The Natomy's Journey Game[70], es un videojuego que trata contenido de ciencias basado en audio para aprendices ciegos.

AudioNature[71], es un videojuego basado en audio implementado para la plataforma móvil *pocketPC* que trata contenidos de ciencias.

AudioMetro[73], un software que da soporte a la orientación y movilidad de personas ciegas en el sistema Metro de Santiago de Chile.

AudioVida[74], un videojuego donde se utiliza audio 3D para la exploración de espacios virtuales.

Terraformers[75], es un videojuego de tiempo real construido para ser accesible para personas con baja visión y ciegos a través de audio.

PowerUp[76], un videojuego multijugador educativo con variadas opciones de accesibilidad, entre ellas la utilización de feedback auditivo.

Existe un trabajo que realiza comparaciones entre la gran mayoría de estos juegos por si se quiere revisar en detalle[77].

2.2. Interfaces Físicas

Las interfaces que pudieron haber sido utilizadas en este trabajo son: teclado, el Phantom, el Novint Falcon y el control de consola (Xbox 360).

El **teclado** de computador tradicional es el que se utiliza en cualquier computador y ha sido utilizado con anterioridad en gran cantidad de videojuegos, en conjunto con el mouse. Se descartó utilizar solamente estas interfaces por lo difícil que es representar formas (ya que no tiene formas de forzar posiciones) y carece de vibración. Se evalúa su uso en conjunto con Phantom o Novint Falcon.



Figura 1: Teclado y mouse

El dispositivo **Phantom**[44] es una interfaz que posee un stylus (lápiz) y ha sido utilizado con anterioridad en desarrollo de software para personas con discapacidad visual. El brazo que posee puede forzar ciertas posiciones en el Stylus, y puede captar la escritura realizada con el lápiz.



Figura 2: Phantom

El **Novint Falcon** [43] es similar al Phantom pero no cuenta con un lápiz sino que con una esfera. Su propósito original es el de ser un mouse 3D, y cuenta además con vibración. Este dispositivo y el Phantom fueron descartados por lo complicado y costoso que resultan de conseguir (no son interfaces recientes y no hay interfaces recientes que sigan con esta idea).



Figura 3: Novint Falcon

Los **controles de consola** son una buena alternativa para lo que se busca, que aunque no fuerzan posiciones, poseen una mayor cantidad de botones (en comparación al Phantom y al Novint Falcon), es cómodo y fácil de usar, y además cuenta con vibración. Se elige el control de **Xbox 360**[51], porque tiene buena compatibilidad con Unity (software utilizado en el desarrollo del videojuego) y computadores con Windows, además es más accesible y de menor costo en comparación con el Novint Falcon, alternativa que fue descartada.



Figura 4: Control de Xbox 360

2.3. Aprendizaje

Sobre el aprendizaje existen varias epistemologías, teorías o modelos, de aprender de las que se puede mencionar: Conductismo, Procesamiento de la información y el Constructivismo [7].

El **conductismo** consiste en un aprendiz pasivo y un profesor o instructor que le entrega conocimientos, utilizando los estímulos adecuados. Este modelo sigue un esquema en que el aprendiz es una caja negra y que su aprendizaje es una respuesta casi automática a un determinado estímulo (es como la educación tradicional, instructor-alumno).

El **procesamiento de la información** toma atención en lo que sucede en la caja negra antes mencionada. El modelo señala que para generar una respuesta a partir de un estímulo ocurren una serie de procesos y procesamiento a través de codificación y decodificación de la memoria. Esto será similar a lo que se hace con el "machine learning" en un computador, dónde el computador "aprende" a partir de un set inicial de datos y trabajo sobre ellos a partir de un procedimiento predeterminado.

El tercer modelo es el **constructivismo**, dónde el profesor pasa a un plano más complementario, de apoyo, es un facilitador o guía y es el aprendiz o "constructor", el que toma el protagonismo. Este modelo sigue la idea de que el aprendizaje no es incorporado por el aprendiz desde el exterior de su mente al interior, si no que el aprendiz "construye" su aprendizaje a través de experiencias y desafíos, desarrollando casos o proyectos y es el profesor quien guía al aprendiz en los momentos que sean necesarios.

Bajo este punto de vista se concibe el videojuego desarrollado en esta memoria, no es el Software el que enseña, es el niño el que aprende.

2.4. Aspectos de Usabilidad

La usabilidad es un aspecto importante en el desarrollo del software ya que el cómo sea considerada puede ser la diferencia entre que el software sea utilizado y utilizable por los usuarios finales o no.

La usabilidad es un aspecto cualitativo del software, y tiene que ver con qué tan fácil y agradable es la utilización de sus distintos componentes [52]. Ésta en conjunto con la "Utilización" (esto corresponde a si puede la funcionalidad de la tecnología hacer lo que necesita), determinan la utilidad del Software, o sea, si es que el software puede ser utilizado para alcanzar metas o realizar actividades propuestas. Lo complejo de evaluar la usabilidad es que depende de las percepciones que tengan los usuarios finales al utilizar el software y que no necesariamente coinciden en cómo el diseñador/desarrollador concibe como idea inicial.

Existen los llamados atributos de usabilidad[30] que se deben tener en cuenta al momento de desarrollar/evaluar un software:

- 1.- Aprendizaje
- 2.- Eficiencia
- 3.- Recuerdo
- 4.- Errores
- 5.- Satisfacción

El **aprendizaje** tiene que ver con qué tan fácil es para el usuario aprender a utilizar el software o realizar alguna actividad la primera vez que se encuentran con él.

La **eficiencia** dice qué tan rápido pueden utilizar los usuarios el software una vez que han aprendido a utilizarlo.

El **recuerdo** tiene que ver con qué tan fácil es volver a utilizar el software diestramente una vez que se ha estado un tiempo alejado de él.

Los **errores** son qué tan a menudo los usuarios cometen errores en la interfaz, qué tan graves son y qué tan fácil les es recuperarse de ellos.

La **satisfacción** es qué tan placentero o amigable es para el usuario utilizar el software.

Para poder alcanzar el fin de crear software usable teniendo en cuenta los cinco atributos anteriores se debe hacer especial énfasis en el diseño, pues es el diseño de las interfaces con las que tiene contacto el usuario final lo que determina la apreciación de los atributos (más que la implementación o algoritmos que puedan haber por detrás). Para realizar un buen diseño

existen principios de diseño que se deben considerar a la hora de diseñar[53]:

- 1.- Visibilidad
- 2.- Affordances (Prestaciones)
- 3.- Modelo Conceptual
- 4.- Modelo Mental
- 5.- Mapping (Topografía)
- 6.- Feedback

La **visibilidad** tiene que ver con que en cada interfaz se encuentren "visibles" o destacados los elementos importantes. Un ejemplo de esto por ejemplo sería que una interfaz tenga el menú de navegación con las distintas opciones arriba a la izquierda en todas las vistas, así el usuario no debe buscar mucho cuáles son las opciones de las que dispone (podrían estar por ejemplo escondidas en alguna parte particular de la interfaz en el fondo).

Affordances o prestaciones, tiene que ver con qué utilidad o funcionalidad asocia el usuario a las distintas partes de la interfaz. Por ejemplo, si el usuario ve un botón en una interfaz de editor de texto con un "Diskette" es muy probable que lo asocie con la funcionalidad de guardado, entonces si ese botón sirve para guardar significa que genera "affordance" por el contrario si ese botón sirviera para otra cosa, como por ejemplo enviar por e-mail (algo que probablemente no sería esperado) no generaría buen "affordance".

El **modelo mental** es el modelo que tienen las personas de ellas, de otros, del medio y de los objetos con los que interactúa. Los modelos mentales se forman sobre la base de la experiencia, formación, capacitación, interpretando las acciones percibidas de su estructura visible e interacción con el mundo, y se mantienen aún en ausencia del objeto o evento que lo generó.

El **modelo conceptual** tiene que ver con el modelo que tiene el diseñador en su mente al momento de diseñar una interfaz y en el cómo cree que será utilizada. Esta centrado en el producto que diseña el diseñador.

El **mapping** o topografía tiene que ver con el etiquetado o correspondencia de partes del diseño y su funcionalidad. Es el qué tan bien logrado se encuentra la correspondencia de los controles respecto de las funcionalidades. Un ejemplo sería una cocina:

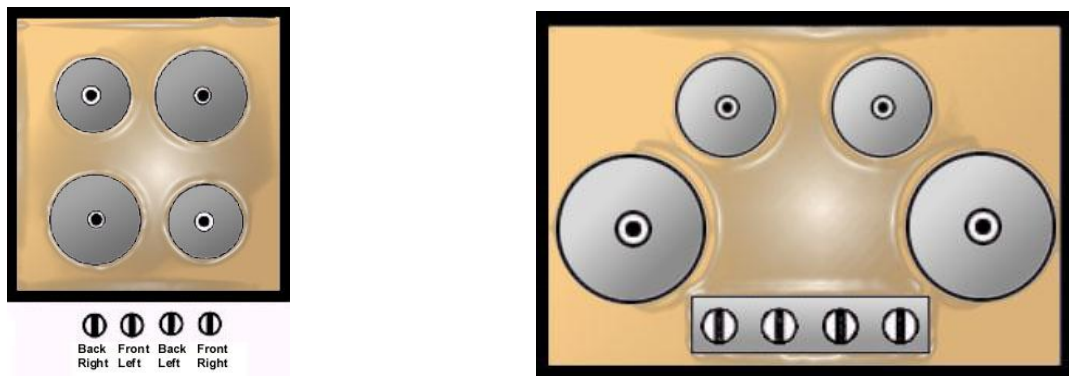


Figura 5: Mapping de perillas de una cocina y sus respectivos quemadores, de apuntes de clase[53].

En este ejemplo de mapping se ve que está mejor logrado el de la imagen de la derecha, pues utiliza la ubicación de los quemadores para hacer una correspondencia con las perillas, en cambio el de la izquierda debe escribir las ubicaciones en etiquetas además recorre los quemadores en diagonal, lo que resulta más confuso (el usuario debe hacer mayor esfuerzo para hacer la correspondencia entre los quemadores y las perillas).

El **feedback** tiene que ver en cómo el diseño informa al usuario de su estado de actividad o algunas otras indicaciones. Por ejemplo sonidos o vibración al presionar botones en interfaces de celular, el sonido de una tetera cuando el agua hierve o los mensajes de error de una interfaz web.

En cuanto a los principios de diseño se debe tener en cuenta su existencia, pero se pueden dejar de lado a favor de potenciar ciertos atributos de usabilidad, por ejemplo una consola de comandos deja de lado el principio de visibilidad de diseño (pues los comandos están ocultos a la vista, y deben conocerse con anterioridad o averiguar de algún modo) para potenciar el atributo de usabilidad de eficiencia. Es importante saber qué se deja de lado y el por qué.

Sobre el videojuego desarrollado en este trabajo de memoria se potencia mayoritariamente lo que es el feedback, pues a diferencia de gran parte del software que suelen realizar su feedback de manera visual, esto no sería práctico con personas que poseen discapacidad visual, por ello se debe prestar principal atención en los feedbacks de sonido y vibración de modo que puedan entregar al usuario final las herramientas para la utilización del software y que no sienta frustración o confusión por no saber qué es lo que está sucediendo. Siguiendo esto se deja un poco de lado la visibilidad, ya que son personas con discapacidad visual, pero no se abandona completamente, ya que los niños con resto visual sí pueden ver algunas cosas en alto contraste (algunos incluso diferenciar un poco de colores), así que aún queda algo que considerar al respecto para esos usuarios.

Capítulo 3

Especificación del Problema

Capítulo 3

Especificación del Problema

3.1. Descripción detallada del problema

El problema que se busca resolver es generar y apoyar aprendizajes relacionados principalmente con las transformaciones geométricas rotación, traslación y reflexión, y en menor medida reforzar habilidades de orientación, para niños entre 11 y 14 años con ceguera o visión parcial, de forma que puedan obtener una mejor comprensión de estos conceptos en su mente.

El videojuego creado para resolver este problema debe estar fuertemente ligado a las habilidades que se busca trabajar en su contenido, sin descuidar de que el videojuego genere interés en el usuario, para que así pueda lograrse el apoyo en el aprendizaje buscado.

Dicho esto, las actividades deben presentarse de forma atractiva y desafiante para que la interacción con el sistema sea algo significativo en el usuario final y no solamente una tarea tediosa o un videojuego más.

El videojuego debe tener en cuenta además en todo momento el hecho de que es concebido para niños con ceguera o visión parcial, es entonces que las interfaces e interacciones con el sistema deben ser acordes para este tipo de usuarios, no puede suceder que esta discapacidad sea una limitación para interactuar de forma satisfactoria con el videojuego educativo.

Es así que el problema planteado se resume como el desarrollo y correcta validación de un videojuego educativo centrado en generar aprendizaje de las transformaciones geométricas rotación, traslación y reflexión, en niños con discapacidad visual.

3.2. Relevancia de contar con una solución

En el día a día las personas suelen usar medios visuales para transmitir información e interactuar con el entorno. Es común la idea de entender las cosas a través de ver cómo funciona un proceso o algún ejemplo de alguna idea, y esto se suele ver también en las clases a las que los niños suelen atender.

El problema de fondo es que la mayoría del entorno, materiales de aprendizaje, medios de información, etc. están centrados para personas que no poseen grandes discapacidades como lo son la visión parcial o ceguera.

Una persona ciega encuentra una gran brecha a la hora de enfrentarse al mundo en comparación a las personas que pueden ver sin mayores

dificultades, y es por eso que esta brecha se acentúa en términos de educación, específicamente en el aprendizaje de geometría, dónde todo está tan ligado a las formas y cosas visuales que son difíciles de transmitir a aprendices con discapacidad visual (en especial a los con ceguera).

Una persona con discapacidad visual enfrenta grandes dificultades en el aprendizaje de las transformaciones geométricas, rotación, traslación y en especial la reflexión, pues al no poder mostrar visualmente cómo son estas transformaciones y cambios de forma, se intenta trabajar lo mejor posible para generar el aprendizaje y que forme parte de su modelo mental.

El problema es que a veces esto no es suficiente, pues aún así el niño no logra interiorizar del todo éstos conceptos. Es entonces donde radica la importancia de la solución, un apoyo para la educación de estos niños, algo creado pensando en ellos, para que así puedan también desarrollar los aprendizajes geométricos y reducir la brecha producto de su ceguera de forma que les resulte interesante y entretenida.

3.3. Requisitos de la Solución

Los requisitos para que el videojuego alcance sus objetivos son los que siguen:

3.3.1. Requisitos de Usuario

- 1.- El usuario controlará a Myr, el personaje protagonista, dentro del videojuego.
- 2.- El videojuego tratará de que el personaje principal debe explorar un laberinto e interactuar con los distintos objetos que se encuentren en él.
- 3.- Para desplazarse dentro del laberinto el usuario dispondrá de la acción avanzar y girar en 90° a la izquierda o derecha (lo que corresponde a 1/4 de giro en términos de Orientación y Movilidad para personas con ceguera).
- 4.- El sistema deberá proveer feedback auditivo de las instrucciones del videojuego e historia.
- 5.- Las instrucciones no deben sentirse ajenas al mundo del videojuego, ni a las actividades que se desarrollan.
- 6.- El videojuego deberá utilizar sonidos que sean diferenciables unos de otros para que el usuario pueda asociarlos con objetos o situaciones particulares.

- 7.- Utilizar el videojuego debe ser posible sin necesariamente utilizar feedback visual (puede ser utilizado por una persona con ceguera).
- 8.- El sistema debe poder informar con feedback auditivo hacia dónde está apuntando el avance del protagonista.
- 9.- El usuario debe poder preguntar al videojuego qué tiene en su entorno inmediato, y el sistema debe responder con feedback auditivo.
- 10.- El avanzar y girar deben tener sonidos característicos para que el usuario sepa que está realizando estas acciones, cuándo comienzan y cuándo terminan.
- 11.- Al comienzo de cada nivel el usuario deberá desplegar su bastón, para reforzar en los usuarios la utilización de su bastón para personas con ceguera.
- 12.- El entorno gráfico debe poder ser apreciable para personas con visión parcial.
- 13.- El videojuego debe ejercitar los conceptos geométricos a través de acertijos, que el usuario debe poder escuchar múltiples veces si así lo requiere (que el sistema le repita la pregunta si no la entiende).
- 14.- El usuario debe poder navegar a través del menú principal utilizando feedback auditivo y la interfaz de entrada, y poder acceder a las opciones que desea sin necesidad de asistencia.
- 15.- La existencia de un entorno gráfico no deben presentar una ventaja en la resolución de los acertijos y la actividad del plano cartesiano, es decir, que los feedbacks deben ser principalmente de audio y vibratorios en estas actividades.
- 16.- El usuario debe poder saber cuándo interactúa con los objetos tesoro, acertijo, monstruo, trampa, transportador a plano cartesiano y puerta por medio de feedback auditivo, y se le debe comunicar qué hacer en cada situación.
- 17.- El usuario debe poder recibir feedback auditivo para saber que está yendo en el camino correcto en cada nivel del laberinto, es decir, se está acercando a la puerta.
- 18.- El personaje debe tener puntos de vida y éstos se deben ir descontando al cometer errores en las actividades, para que no termine resolviendo todo por ensayo y error. En caso de perder todos sus puntos debe recomenzar el nivel en el que estaba.

19.- El personaje principal debe tener un cubo mágico el cual debe girar y los elementos de sus caras ser constantemente utilizados en las distintas actividades del videojuego y en la navegación, para que el usuario se forme un modelo mental del mismo.

20.- El usuario debe disponer de información auditiva de qué cara corresponde a cada elemento (agua, fuego, tierra, viento, arcano y naturaleza), y ésta debe poder ser consultada a voluntad por el usuario.

21.- La trama del videojuego debe ser adecuada para las edades de los usuarios finales.

22.- El jugador debe poder reconocer mediante audio y vibración su cercanía a objetos importantes dentro del laberinto (trampas, puertas y monstruos) sin necesidad de estar constantemente preguntando qué tiene en su entorno inmediato).

23.- El videojuego debe poseer una actividad relativa al plano cartesiano, para apoyar el tema de traslación.

24.- Si el usuario cierra el videojuego, o este se cierra por alguna razón, el juego debe guardar el último nivel en el que se encontraba el usuario para poder continuar el videojuego desde ahí en caso de que el usuario así lo requiera.

25.- La usabilidad del videojuego debe ser evaluada y validada para asegurar que permita su correcto uso.

3.3.2. Requisitos de Software

1.- Se utilizará un personaje principal para todo el videojuego llamado Myr (esto debe ser constante, para que el usuario no se confunda).

2.- Cada Nivel del videojuego será diseñado como un laberinto, en la entrada de cada nivel se situará al protagonista y en la salida habrá una puerta.

3.- En cada nivel existirán distintos objetos con los que el jugador podrá interactuar (trampas, acertijos, monstruos y tesoros).

4.- Para desplazarse dentro del laberinto, el usuario contará con un botón para avanzar, uno para girar a la izquierda y otro para girar a la derecha (ambos giros de 90°).

5.- Cada nivel estará dividido en casillas, los pasillos del laberinto serán de una casilla de ancho, y en cada casilla habrá camino, pared, u objeto. El nivel será de 14x8 de estas casillas(limitando así el tamaño de cada nivel).

6.- Al comienzo de cada nivel y cerca de encontrar algún objeto o interacción nueva habrá una casilla que al pasar por ella dará las instrucciones pertinentes para introducir lo nuevo, de forma auditiva.

7.- Conforme avance el juego también habrá casillas que relatarán parte de la historia para que el jugador sepa que progresa en la trama.

8.- Habrá un personaje llamado "Grommy", el cuál será un libro mágico encargado de dar las instrucciones al protagonista (para que estas instrucciones no se sientan ajenas al videojuego). Utilizará términos relativos a la magia e historia para dar sus instrucciones.

9.- Para cada acción del videojuego se usará un sonido distinto, es decir, por ejemplo la acción de victoria tendrá un sonido característico. Esto aplica para las interacciones y elementos de ambiente del videojuego.

10.- Todas las instrucciones, acciones e interacciones relativas al videojuego deben tener feedback auditivo adecuado. Esto hace posible a una persona jugar al videojuego sin necesidad de ver lo que sucede en la pantalla (Caso de ceguera).

11.- Existirá un botón que informará hacia dónde apunta el protagonista en el laberinto (es decir hacia dónde irá si presiona el botón de avanzar). Las direcciones posibles serán Norte, Este, Oeste y Sur.

12.- El videojuego deberá tener un botón para cada una de las siguientes direcciones relativas: Adelante, Derecha, Atrás, Izquierda, Arriba y Abajo.

13.- Habrá un botón que al mantener presionado y luego presionar alguno de los botones de dirección (arriba, abajo, adelante, derecha, izquierda o atrás) informará mediante palabras qué es lo que hay en esa dirección.

14.- Del mismo modo que para preguntar con palabras que hay en alguna dirección, habrá un botón llamado tocar, que al presionar y luego presionar alguno de los botones de dirección se emitirá un sonido característico de lo que haya en esa dirección.

15.- Habrá un sonido de pasos al avanzar, y sonidos de giro (diferentes entre ellos) para cuando el usuario gira en el laberinto en 90 grados, el sonido durará mientras dure la acción, es decir si presiona el botón de girar se escuchará el sonido de giro, una vez termine el usuario tendrá completa seguridad de que se ha ejecutado el giro deseado.

16.- Al comienzo de cada nivel el usuario deberá desplegar un bastón con un botón destinado para ello. Al desplegarse se escuchará el sonido característico del despliegue de un bastón para personas ciegas.

17.- Si el usuario no ha desplegado el bastón al comienzo del nivel no podrá realizar ninguna otra acción, y si lo intenta el videojuego le informará que debe desplegar el bastón primero.

18.- Se utilizarán colores que generen alto contraste entre sí sin perder la estética del juego, por ejemplo el cofre del tesoro ser amarillo, en un fondo de un color oscuro. Esto es para que usuarios con visión parcial puedan identificar las imágenes, si desean jugar viendo la interfaz gráfica.

19.- Dentro del laberinto habrán objetos llamados acertijos. El usuario al tocarlos deberá recibir instrucciones para responder el acertijo (relativo a realizar una transformación geométrica del cubo mágico del personaje principal: rotación, traslación o reflexión). El usuario debe disponer de un botón para que le repitan la pregunta del acertijo.

20.- Al ingresar al menú principal se le informará al usuario de las opciones que tiene a disposición y qué presionar para seleccionarlás. Al seleccionar alguna se le informará cuál fue y se le pedirá una confirmación.

21.- Las preguntas de los acertijos serán de audio, es decir no habrá un objeto que represente en pantalla qué sucede con el cubo, esto para que no resulte en una ventaja el poder ver la interfaz gráfica.

22.- En el laberinto debe haber casillas que al pasar por ellas indiquen con un sonido si están por el camino correcto a la salida (se está acercando el jugador) o si está en el incorrecto (si se está alejando).

23.- El protagonista tendrá puntos de vida, estos se descontarán cada vez que se equivoca en un acertijo, o recibe daño al enfrentar monstruos. Al pisar una trampa se descontarán todos y al resolver un acertijo se ganará unos cuantos. Al perderlos todos se reiniciará el nivel actual, y al pasar al siguiente nivel se restablecerán en el máximo.

24.- El personaje principal debe poseer un cubo mágico, y en cada cara de este cubo debe haber un elemento con un sonido característico (fuego, agua, tierra, viento, arcano y naturaleza). Cada cara tendrá asociada también una dirección (adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba o abajo en acertijos, y norte, sur, este, oeste, arriba o abajo en el laberinto).

25.- Al encontrarse con alguna intersección de caminos, el jugador debe escuchar los elementos del cubo hacia dónde hay camino, los cuales están asociados con alguna dirección (por ejemplo si hay camino al sur se escuchará fuego). Los sonidos se escucharán secuencialmente.

26.- El usuario dispondrá de un botón para preguntar sobre las caras del cubo y qué dirección representan en su actividad actual (si es adelante, atrás, arriba, abajo, izquierda o derecha, ó Norte, Sur, arriba, abajo, Este u Oeste). El botón le dirá auditivamente las correspondencias.

27.- La trama del videojuego debe tener contenido entendible y aceptable para niños de la edad a la que está dirigido el software.

28.- Cuando el usuario se encuentre a dos casillas de distancia de una trampa, una puerta o un monstruo escuchará un sonido característico y vibración como feedback, para que esté informado de su entorno (y no tener que preguntar constantemente qué objetos tiene a su alrededor).

29.- Se creará una actividad relativa al plano cartesiano como actividad final de traslación (en el último nivel de traslación). En esta actividad se le explicará al usuario cómo se utiliza el plano cartesiano, en caso de que no lo recuerde/conozca, y tendrá feedback auditivo como todo el resto del videojuego.

30.- Al comenzar cada nivel se guardará el estado actual del jugador. Así si cierra el juego o se cierra por alguna razón ajena al usuario o el videojuego, éste podrá continuar su progreso utilizando la opción "Juego anterior" desde el menú principal.

31.- Se realizarán evaluaciones de usabilidad del videojuego y una evaluación de impacto para evaluar si el juego cumple con su objetivo de ser usable por usuarios con ceguera o visión parcial. Las evaluaciones serán: Cuestionario de Usuario Final, Pauta de Evaluación Heurística, Entrevistas y Evaluación de Impacto.

32.- El videojuego será desarrollado utilizando el software Unity en su versión 5.1.2f1.

33.- Utilizar un control de Xbox360 como interfaz de entrada para el videojuego.

34.- Se utilizará audio, la pantalla y el control como interfaz de salida del juego (se incluye el control por la vibración).

35.- Se deben realizar pruebas con usuarios finales del software.

36.- Debe haber música ambiental, de modo que el usuario sepa que el juego está bien (no se ha detenido).

37.- En las intersecciones y cercanía a objetos se debe utilizar audio espacial (perceptible con audífonos) para producir una mejor inmersión, el efecto de que un objeto está en un lugar determinado. Si se escucha sólo a la derecha, está a la derecha; si se escucha sólo a la izquierda, está a la izquierda; y si se escucha en ambos a la vez estará al frente.

38.- La dificultad de los acertijos debe ser creciente.

39.- La dificultad de los niveles debe ser creciente.

40.- Los elementos del videojuego se deben introducir gradualmente, no saturando al usuario.

41.- Los primeros niveles tratarán de orientación en el juego, y los siguientes de rotación, traslación y reflexión, en ese orden. En el nivel final debe haber un acertijo por cada transformación geométrica a modo de cierre.

3.4. Características de Calidad

Al ser un videojuego educativo para personas con discapacidad visual, el grado de conformidad del usuario con las interfaces es un elemento muy importante, además de que la experiencia de utilizar el videojuego sea un aporte en el desarrollo de sus habilidades. Se definen entonces los siguientes puntos de calidad que deberá poseer la solución:

1.- El usuario debe poder utilizar el videojuego sin ayuda de asistencia externa, sólo valiéndose de la interfaz, o sea debe ser autosuficiente, siempre que conozca las interfaces utilizadas previamente o se le instruya al respecto (sobre los auriculares y el joystick).

2.- El usuario debe sentirse satisfecho con el uso del videojuego, y se debe mantener su atención durante la utilización.

3.- El usuario debe poder desarrollar o reforzar sus habilidades de comprensión de las transformaciones geométricas rotación, traslación y reflexión, además de lo que es orientación (esto último necesario para recorrer el laberinto).

4.- Se debe evaluar y validar la experiencia del usuario al utilizar el videojuego con la metodología adecuada.

3.5. Criterios de Aceptación

Para la aceptación del videojuego es esencial la correcta evaluación y validación de la experiencia de usuario, ya que dos puntos fundamentales de este trabajo son la usabilidad y el aprendizaje.

Para evaluar la usabilidad del sistema se utilizarán cuatro métodos de evaluación de usabilidad, de los cuáles dos son la aplicación de instrumentos que han sido utilizados y validados anteriormente como métodos para evaluar la usabilidad en videojuegos educativos para niños con discapacidad visual:

- **Cuestionario de Usabilidad de Usuario Final[54][55]:** Corresponde a un cuestionario con una serie de 20 aseveraciones en la que se intenta plasmar la impresión del usuario respecto al uso del software que tienen una escala Likert asociada del 1 al 10 (siendo 1 poco de acuerdo y 10 muy de acuerdo). Luego hay un grupo de preguntas abiertas para que el usuario pueda ampliar y complementar sus respuestas. Este es uno de los instrumentos que se han utilizado anteriormente en este tipo de evaluaciones, confeccionado por el Dr. Jaime Sánchez.

- **Evaluación Heurística de Usabilidad[54][56]:** Consiste en una evaluación de las interfaces del software por parte de usuarios expertos (con conocimientos sobre Usabilidad de Interfaces e Interacción Humano Computador). Se utilizará una pauta de evaluación confeccionada para evaluar el software a partir de determinadas heurísticas[57] de usabilidad. Este también es uno de los instrumentos que se han utilizado anteriormente en este tipo de evaluaciones, confeccionado por el Dr. Jaime Sánchez.

- **Observación y Pensar en Voz Alta (Thinking Aloud)[54]:** Se observará al usuario usar el Software y se tomará nota de lo que comenta mientras lo usa.

- **Entrevistas[54]:** Consiste en una serie de preguntas que surgen durante las pruebas del software y el diseño de este. Se puede realizar una pauta de preguntas y luego se entrevista al usuario final al respecto (son consultas puntuales que no aplican para ser incluidas en el cuestionario de evaluación de usabilidad de usuario final), ó se puede ir haciendo las preguntas a medida que el usuario usa el software.

También para evaluar el impacto del videojuego se utilizará una pauta confeccionada por educadoras diferenciales:

- **Pauta de Evaluación de Impacto (Usabilidad)[64]:** Consiste en una serie de actividades en las que se evalúan las habilidades y conocimientos del niño. Esta pauta es aplicada antes de jugar con el videojuego y después

de jugar con el videojuego. La evaluación de impacto será realizada en un contexto de evaluación de usabilidad del videojuego y no el de un estudio de impacto cognitivo.

Siguiendo la metodología de desarrollo y evaluaciones tratadas en el punto 4.3 para el desarrollo de videojuegos educativos para niños con discapacidad visual, se irá desarrollando el videojuego y evaluando en cada etapa.

Las entrevistas serán un apoyo para revisiones puntuales del desarrollo, y la evaluación de impacto será para evaluar el aprendizaje que ha obtenido el niño en un contexto de evaluación de usabilidad.

Para la evaluación de impacto es aceptable que el usuario conserve su evaluación o la mejore en el post test (es decir, que el videojuego no termine confundiendo al usuario).

Respecto a las pautas de evaluación, para el cuestionario de usuario final es aceptable obtener respuestas en promedio de 7 ó más (de 10), y para la pauta de evaluación heurística de 3,5 ó más (de 5) en cada heurística. Se examinarán los casos especiales (valores bajos).

Capítulo 4

Descripción del Videojuego

Capítulo 4

Descripción del videojuego

Se describirá la solución final a continuación. En el punto 4.2.2.1., se expone sobre lo que era la situación inicial del videojuego, y luego se habla de la situación final y de todo el rediseño realizado al videojuego luego de haber seguido la metodología. Al ser desarrollado utilizando Unity, el videojuego no consta de mucho código porque buena parte de la lógica es resuelta por herramientas de Unity (se utilizó la versión 5.1.2f1 de Unity).

4.1. Sobre el videojuego

4.1.1. Metáfora

La solución toma la forma de un videojuego en donde se desarrolla principalmente una híper historia[45] en la que Myr, una aprendiz de maga, debe derrotar a un mal que ha atacado a su maestro, este mal se encuentra disperso en un laberinto donde hay desafíos para el jugador.

Lo principal de la metáfora del videojuego es la utilización de un cubo mágico que posee el usuario para realizar gran parte de las actividades dentro del juego y la localización espacial dentro del laberinto utilizando giros de 90 grados.

Como la finalidad del videojuego es el apoyo en el aprendizaje de los conceptos de rotación, traslación y reflexión, notar que dentro del laberinto hay unos objetos llamados "Warp" que por tocarlos se debe resolver un acertijo. El acertijo corresponde a alguna transformación en el cubo mágico del usuario y el usuario debe responder la pregunta que se le hace al respecto.

4.1.2. Historia

La historia del juego consiste en que el usuario es una aprendiz de maga llamada "Myr" que mientras vuelve a su casa (una torre de mago, por eso es laberíntica) se encuentra con su maestro malherido. La joven preocupada se acerca para preguntar qué había pasado y el maestro le cuenta que fuerzas oscuras se habían apoderado de la torre y que sólo ella podía devolver las cosas a la normalidad.

El maestro le da a Myr un cubo mágico para poder enfrentarse a los desafíos de la torre y un libro mágico parlante (que sería la forma en la que el videojuego podría dar indicaciones y tutoriales al jugador). El juego transcurre en la torre del mago, dónde el jugador deberá explorar cada piso

para encontrar tesoros, objetos relevantes a la historia, enfrentar monstruos y avanzar al siguiente nivel.

Durante el juego Myr conocerá a un personaje misterioso y podrá decidir si desea escuchar lo que tiene que decir o no (le dirá a Myr que recolecte algunos objetos) y después más al final de la historia le preguntará al jugador si puede darle los objetos de historia que encontró (los objetos de historia no afectan la jugabilidad, es decir, el usuario no estará en ventaja por conservarlos o no). Depende de las interacciones con este personaje que el final de la historia puede cambiar (agregando así un grado de participación del usuario a la historia).

Luego de esta primera parte se desarrolla una segunda parte en la que han pasado algunos años y Myr vuelve a la torre a terminar con el mal que la aqueja nuevamente. La idea de tener dos secciones de historia es por si se deseaba generar un juego largo o con dos tipos de dificultad.

El documento con la historia detalla los distintos finales y los personajes y monstruos que aparecerán a lo largo del juego y tiene alrededor de tres planas. La historia original está disponible en el Anexo N.

4.1.3. El videojuego, objetos y niveles

En el desarrollo del videojuego se usa la primera parte de la historia antes señalada. El juego transcurre en tres espacios principalmente:

- **El laberinto:** El laberinto es dónde ocurre la mayoría de la acción, es dónde el jugador se mueve, interactúa con objetos y resuelve acertijos.
- **El plano cartesiano:** Al final del nivel correspondiente a la traslación se encuentra la actividad del plano cartesiano, en la que el jugador debe mover cuatro piedras mágicas a posiciones en el plano cartesiano para poder proseguir.
- **Las batallas:** Las batallas son para dar algo de acción al videojuego. Es un combate por turnos dónde el jugador debe seleccionar un elemento en especial para atacar al monstruo. Durante la batalla el monstruo realizará ataques luego de cada intento de ataque del jugador, y algunos de estos ataques realizan rotaciones o reflexiones del cubo, los que el jugador tendrá que tener en mente al momento de seleccionar su ataque.

Para el desarrollo de la memoria se utiliza una versión reducida del juego final con 6 niveles, los detalles de los niveles son los siguientes:

- **Nivel 1, Orientación:** En este nivel el usuario aprende a moverse y orientarse en el laberinto, en cómo interactuar con las intersecciones de caminos y en cómo saber si se está acercando a la puerta final del nivel.

- **Nivel 2, Rotación 1:** En este nivel se presenta la mecánica de **acertijos** y se encuentran los acertijos de rotación 1, 2 y 3. Además si el usuario se desvía del camino puede conocer el objeto **Trampa**, del juego.

- **Nivel 3, Rotación 2:** El laberinto de este nivel es más sencillo. es un nivel rápido que sirve para introducir el objeto "**Tesoro**" y los acertijos 4 y 5 de rotación, que de ser puestos en el nivel anterior, hubiesen sido muchos elementos introducidos muy rápido (aunque sea una versión reducida se debió tener cuidado de no sobrecargar al usuario). Cerca de la puerta de salida del nivel se encuentra la actividad correspondiente al **plano cartesiano**, para introducir los niveles de traslación.

- **Nivel 4, Traslación:** Este nivel más laberintico (más extenso y con más intersecciones y giros) que los anteriores posee los acertijos 1, 2, 3, 4 y 5 de traslación.

- **Nivel 5, Reflexión:** Un nivel con varios pasillos como el de traslación, pero en este se encuentran preguntas 1, 2, 3, 4 y 5 de reflexión. Además en este nivel se encuentra un **Monstruo**, para introducir la mecánica de las peleas del videojuego.

- **Nivel 6, Prueba Final:** este nivel es un pasillo con sólo dos curvas. En él se encuentran tres preguntas, la pregunta final de rotación, la pregunta final de traslación y la pregunta final de reflexión (que son más difíciles que las vistas en sus respectivos niveles) para evaluar contenidos tratados en el juego. Superado esto se encuentra la pelea con el jefe final y la puerta para terminar el juego.

Como se puede ver, en el laberinto hay variados objetos, como los que se mencionaron: Acertijo, Trampa, Tesoro, Monstruo, actividad de plano cartesiano, y tres que no se mencionaron, que serían la Puerta, el Emisor de instrucciones y las Baldosas guías. El detalle de cada objeto se verá en el punto 5.2.2, aquí entregamos algunas características generales:

Acertijo: Es dónde el usuario es detenido y se le realiza una pregunta relativa a alguna transformación del cubo.

Trampa: Es un objeto que hace perder inmediatamente al jugador todos sus puntos de vida al tocarlo.

Tesoro: Es donde se obtienen mejoras al daño del cubo en las peleas. Según el objeto que sea (relacionado con un elemento) es la cara que hay que "Tocar" para obtenerlo.

Monstruo: Al tocar el monstruo se transporta al jugador al escenario de pelea. Si gana se devuelve al sitio original en el laberinto, si pierde se reinicia el nivel.

Actividad de plano cartesiano: Es el transportador al escenario de la actividad correspondiente al plano cartesiano.

Puerta: Es el final del nivel, donde debe llegar el jugador para completar el nivel.

Emisor de instrucciones: Es un objeto invisible, que cuando el jugador pasa por la casilla en la que se encuentra por primera vez, se detiene al jugador y se le da auditivamente instrucciones o se le relata parte de la historia.

Baldosas guías: Similar al emisor de instrucciones, al pasar por la casilla en la que se encuentra este objeto hará uno de dos sonidos, que sirve para indicar si se acerca o aleja de la puerta. Emite el sonido cada vez que el usuario se encuentra con este objeto.

4.2. Arquitectura del Software

4.2.1. Unity, la Plataforma de desarrollo

Para el desarrollo del videojuego se utilizó el software **Unity[38]** en su versión 5.1.2f1. Unity es un software utilizado para facilitar la creación de videojuegos, entregando una gran cantidad de herramientas y variados elementos pre hechos, pudiendo con esto el usuario concentrarse en la creación de lo que es el videojuego, más que de detalles de programación, por ejemplo, si se empezara a programar desde cero se tendría que crear el sistema de colisiones entre cada uno de los objetos (como se hacía en computación gráfica), pero con Unity se pueden utilizar colisionadores pre hechos en los objetos, además de poder conseguir "templates" de personajes (con animaciones predefinidas), sonidos, materiales para poner sobre los objetos y tutoriales creados por la comunidad.

Además de las herramientas de Unity, se permite adjuntar scripts en javascript o C#. Para este videojuego se utilizaron scripts en C#.

4.2.2. Lógica del videojuego

Sobre el **videojuego** se puede decir que se desarrollaron tres características: el laberinto, las batallas y el plano cartesiano, además se descartó la característica de cuarto geométrico.

4.2.2.1 El prototipo

El **laberinto** es la parte del juego dónde el usuario pasa la mayor parte de su tiempo, consiste en una serie de pasillos con giros en 90 grados e intersecciones que el usuario puede explorar. En el laberinto están situados los tesoros que el jugador puede recoger pasando sobre ellos, monstruos con los que se debe enfrentar si desea pasar por un determinado lugar, trampas que al ser pisadas reinician el piso (el jugador muere y vuelve a comenzar desde ese piso) y entradas al denominado cuarto geométrico (que se detallará un poco más adelante). Cada elemento del laberinto posee sonidos característicos que los hacen reconocibles a los jugadores, incluyendo el movimiento del personaje en lo que respecta a los giros, caminar y extender su bastón (extender el bastón era un elemento importante a incluir que fue sugerido para ayudar a reforzar en los niños la costumbre de sacar su bastón antes de moverse en su entorno).

Las bifurcaciones de caminos eran un caso especial, porque había que hacer entender al jugador mediante sonidos qué dirección podía tomar para seguir y cuál no. Para entregar esta información se hizo que el videojuego tuviese que ser utilizado con auriculares y al llegar a una intersección se producían unos sonidos secuenciales "pew" (era un sonido icónico y que se adoptó porque le agradaba a los niños) que sonaban en auricular izquierdo si había camino a la izquierda, en ambos si había camino al frente y a la derecha si había camino a la derecha (en esa secuencia). En un principio costó su entendimiento y utilización, pero se presentó una mejora al también diferenciar cada dirección con una intensidad del sonido, pero aún no era del todo satisfactorio así que en este momento es parte de las mejoras a realizar.



Figura 6: Vista de una intersección del laberinto.

La **batalla** consistía en un mini juego de combate por turnos en dónde el usuario debe seleccionar alguna cara del cubo con el control y ejecutar un ataque. La selección de la cara del cubo determina el elemento que se utilizará en el ataque hacia el monstruo, luego el usuario queda a la espera del feedback que consiste en el resultado de su ataque y un contraataque. En lo que al ataque respecta, el resultado dependía de si el monstruo era débil, neutral o resistente al ataque (esto determinaba el daño realizado) y el contraataque correspondía a la posibilidad de que el monstruo hiciera daño al jugador, que el monstruo cambiara sus resistencias o que rotara el cubo del jugador (así el jugador tendría que buscar nuevamente el elemento que hacía daño al monstruo).

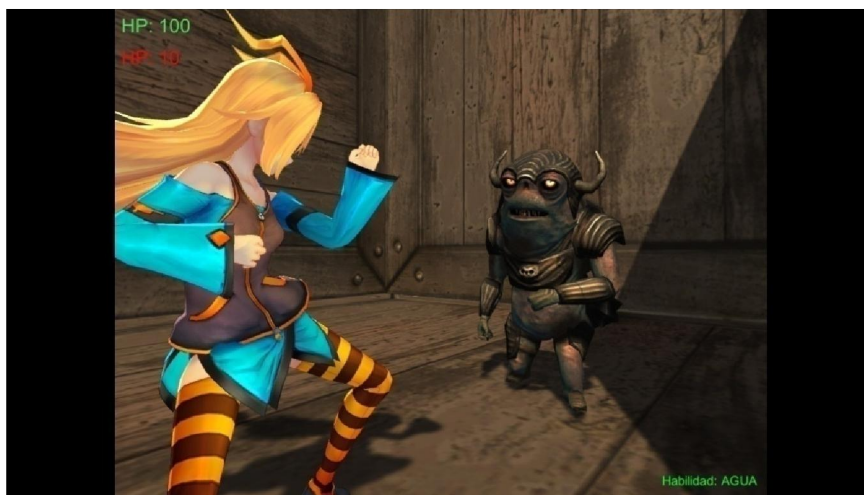


Figura 7: Vista de la batalla.

El **cuarto geométrico**, consiste en la idea de que el usuario se cruza con un portal mágico que lo enviaba a una habitación con alguna forma geométrica (en el caso actual un triángulo). La perspectiva cambiaba a una perspectiva aérea en vez de primera persona, y el usuario debe explorar el cuarto, para ver dónde está la salida (representada por un cuadrado blanco

que vibraba cuando el jugador representado por la esfera pasaba cerca). Luego de explorar el cuarto el usuario debe presionar un botón para "activar" la salida, el que al ser presionado devolvía al jugador a su posición inicial en el cuarto y aplicaba al cuarto alguna transformación al azar (traslación, rotación o reflexión) indicando sentido, pasos o grados de la transformación según corresponda. El problema de este cuarto es que fue diseñado para usar con la interfaz Falcon, ya que el usuario podía explorar la figura y sentir su forma usando los limitadores de movimiento del Falcon, pero como no se logró implementar satisfactoriamente en primera instancia, se optó por manejo con control de Xbox, asistido por pistas habladas que indicaban en qué dirección se encontraba la salida (Norte, Este, etc.), lo cual tampoco daba mucho la sensación de encontrarse explorando una figura en particular, así que finalmente sería descartado. A medida que se avanza en el juego, aparecen nuevos pilares y paredes en el cuarto.

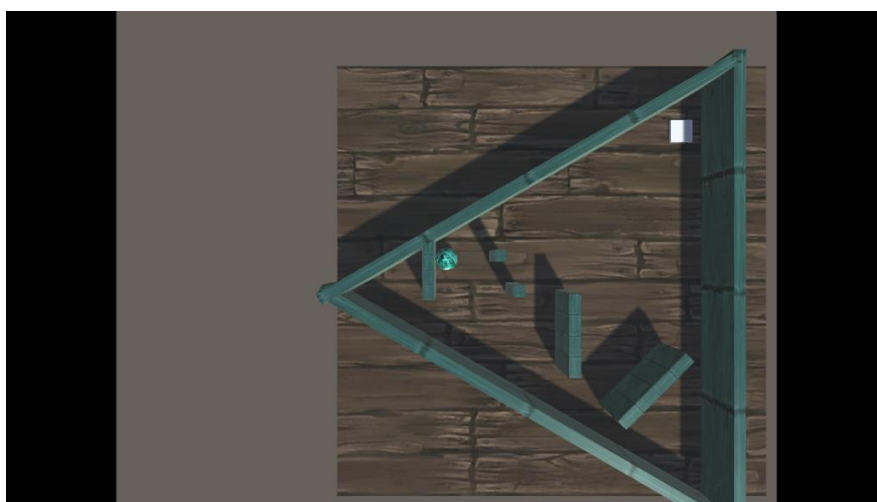


Figura 8: Cuarto geométrico. La esfera es el jugador y el cuadrado la salida.

4.2.2.2 Resumen características del prototipo

En resumen el prototipo original tenía:

3 Niveles (No hay introducción paulatina de elementos).

Utilizaba control de Xbox 360, pero se esperaba usar el Novint Falcon.

- Menú principal:

- Fondo no hace contraste con opciones.
- No hay audio.
- El usuario final requiere asistencia para acceder a la opción que desea (se accede con mouse).

- **Laberinto:**

- Sonidos de "pew" en intersecciones.
- Tesoros que se obtienen al contacto.
- Trampas.
- Monstruos.
- Entrada al cuarto geométrico.
- Sonidos al acercarse a monstruos, trampas y puerta.
- Voz de instrucciones generadas por programa.
- Todos los niveles eran gráficamente iguales.
- Se requiere desplegar bastón al comienzo del nivel.
- Se puede preguntar por objetos alrededor.
- No posee acertijos.
- Baldosas guías.

- **Pelea:**

- El usuario elegía elemento que quería para atacar.
- Era el único lugar dónde se usaba el Cubo mágico, así que usuario no sabía ubicación de elementos.
- Era solamente elegir cualquier elemento y atacar hasta que monstruo muriera, sólo se cambiaba elemento si monstruo se hacía inmune.

- **Cuarto Geométrico:**

- Cuarto explorable que cambiaba de posición y decía que transformación realizaba.
- Diseñado para ser usado eventualmente con Novint Falcon.

4.2.2.3. Resumen de Rediseño para Versión Final

El desarrollo de la memoria condujo a los siguientes cambios a grandes rasgos en el videojuego:

Nuevos niveles: El prototipo original tenía solamente 3 niveles, y no se preocupaba de la gradualidad. El nuevo juego posee más niveles y se preocupa de introducir gradualmente cada elemento con el que se puede interactuar. Cada cierta cantidad de niveles cambian las texturas del ambiente, para que todos los niveles no sean "el mismo" (que era cómo pensaban los usuarios con visión parcial en las primeras fases de desarrollo).

Elementos de historia: La introducción de la historia, y el final de la misma en el último nivel, ya que es la versión reducida. En la versión completa se introduce el resto, pero el final dependerá de cuántos acertijos y tesoros encontró el jugador (para motivar a recorrer el laberinto y no sólo intentar encontrar la puerta, ya que se observa en algunos jugadores una

conducta de activa búsqueda de lugares dónde no hubiera acertijos, mientras otros los buscaban para resolverlos.).

Uso de control de Xbox 360: Aunque en un comienzo se deseaba usar la interfaz Falcon en conjunto con un teclado para el videojuego, por temas de complejidad de incorporación del Falcon al videojuego se terminó utilizando un control alámbrico de Xbox 360. Se decide seguir el desarrollo con el control de Xbox 360 ya que es más accesible en comparación con el Falcon, lo que permite que el videojuego pueda ser más masivo y además porque fue con esta interfaz que se hicieron las pruebas del prototipo en el colegio con los niños.

Lo otro importante del uso del control, es el correcto mapeo de las acciones de cada botón y la consistencia entre los distintos escenarios que presenta el videojuego.

Uso del Cubo Mágico: En un principio el cubo mágico sólo hace su aparición en el mini juego de las batallas, por lo que el usuario no adquiere costumbre sobre la posición de cada elemento del cubo y su orientación en el espacio ya que no está acostumbrado a su uso, prueba de esto es el hecho que durante las peleas los niños buscaban aleatoriamente la cara con algún elemento que dañara al monstruo y cuándo sucedía alguna rotación del cubo volvían a probar aleatoriamente hasta encontrar alguna nueva cara que dañara al monstruo. Lo que se hizo a grandes rasgos es introducir el cubo como elemento de navegación en el laberinto, además de asociar elementos con direcciones en la navegación, y un mapeo acorde con estas direcciones en el control, interiorizando así en el usuario el cubo y su distribución, lo que en una batalla o acertijo haría significativo el hecho de girar el cubo, y el usuario abordaría esta problemática con un proceso mental que implicaría una elaboración y no una simple búsqueda aleatoria.

Mejoras de sonidos: Se mejoró el uso de los sonidos dentro del juego, sustituyendo el actual sistema de navegación en intersecciones, por sonidos relacionados con los elementos del cubo (por ejemplo, agua será Este, viento Oeste y fuego Norte, y serían los sonidos que se escucharían en una intersección que tuviese esas tres direcciones). Se produce una mejora también al utilizar voces grabadas, que son preferidas por los usuarios y no generadas por software.

Descartar Cuarto Geométrico: El cuarto geométrico fue pensado originalmente para su uso con el Falcon, y su uso con el control de Xbox no es del todo satisfactorio porque se aleja mucho del concepto de explorar la forma de la habitación que se deseaba dar y luego realizar una transformación geométrica. No se logra transmitir la forma del cuarto correctamente.

Acertijos: Se introducen acertijos asociados a preguntas respecto del cubo con el cubo, qué sucede con él luego de ciertas transformaciones, para ayudar al usuario a entender y reforzar lo que son las transformaciones geométricas.

Actividad de Plano Cartesiano: Descartado el cuarto geométrico se crea una nueva actividad correspondiente al plano cartesiano que permitiría reforzar habilidades de traslación, practicar con el uso del plano cartesiano y dar una actividad fuera de lo común respecto al resto del videojuego.

4.2.2.4. Descripción detallada de Mecánicas y Objetos

Ahora se procederá a explicar en detalle las características de la versión final del videojuego.

- **Menú Principal:** Después del rediseño al ingresar al menú principal, este usa colores de alto contraste para que también una persona con visión parcial pueda identificar sus elementos.



Figura 9: Vista Menú Principal.

Lo más importante es que se escucha un mensaje de bienvenida al videojuego y además se escucha la instrucción de cómo seleccionar utilizando el joystick. Al seleccionar alguna de las opciones, el videojuego le indica auditivamente cuál está seleccionando y que debe presionar el botón nuevamente para confirmar la selección, lo que permite al usuario inspeccionar las opciones sin elegir alguna que no le parezca. Las opciones son "Juego Nuevo" y "Juego Anterior", al presionar "Juego Nuevo" se dirigirá al Nivel 1 del videojuego, y al presionar Juego Anterior irá a un nuevo menú, similar al menú principal, dónde las opciones son comenzar un juego anterior

o volver al menú principal. Si elige comenzar juego anterior empezará en el laberinto en el Nivel dónde quedó la última vez que jugó al videojuego. Las interacciones se pueden resumir en el siguiente diagrama:

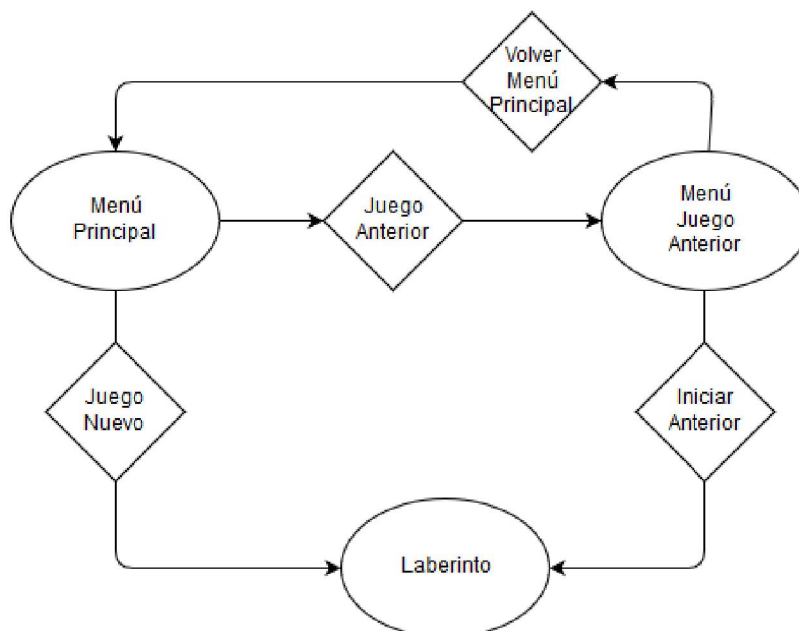


Figura 10: Esquema Interacciones Menú Principal.

- **Laberinto:** Una vez que ingresa el jugador al laberinto, se le dan las indicaciones del comienzo del nivel. Si es el nivel 1 se le indica quién es como personaje (introducción de historia), si no, se le indica que debe recorrer el laberinto.

En el laberinto se le darán oportunamente las indicaciones de cada elemento que esté próximo a encontrar o características útiles (que no existía para todo en el prototipo).

Antes de repasar los objetos que se hallan en el laberinto es bueno indicar algunas características de navegación que no son objetos.

- **Saber dirección a la que apunta:** Se introduce un botón que al ser presionado hace que el juego responda auditivamente en qué dirección está apuntando el jugador (o hacia dónde será su avance si elige avanzar). Las direcciones disponibles son Norte, Sur, Este y Oeste (ya que en el laberinto se puede avanzar y hacer giros de 90° solamente). Esto ayuda a orientarse al usuario si ha dado muchos giros.

- **Preguntar caras del cubo:** Mientras se está explorando el laberinto y se presiona el botón de saber caras del cubo, suena un audio que indica al usuario que: Norte es Tierra, Este es Agua, Sur es Fuego, Oeste es Viento,

Arriba es Arcano y Abajo es Naturaleza. Esto es utilizado en las intersecciones.

- **Intersecciones:** Antes al llegar a una intersección se escuchaba un "pew", uno agudo y en el auricular izquierdo si había camino a la izquierda, uno un poco más grave que ese en ambos auriculares si había camino hacia adelante y uno más grave y en el auricular derecho si había camino a la derecha, pero aún así había dificultad para identificar hacia dónde había camino.

Es aquí que se introduce la mejora de utilizar el cubo como elemento de navegación, en vez de escuchar "pew", se escucha el sonido de un elemento que es característico a una dirección.

Ejemplo, si el jugador camina hacia el norte y se encuentra con una bifurcación que tiene camino hacia este y oeste, escuchará en su auricular izquierdo el sonido del Este, que corresponde a viento, y luego el sonido que corresponde al Oeste, que es agua. Si el jugador gira a la derecha y avanza un paso estará yendo hacia el Oeste. Si da dos giros la derecha (quedará mirando hacia el Este) y avanza pasando por la misma intersección, como ahora estará caminando al Este entonces escuchará Fuego que corresponde al Sur (camino original desde dónde venía en el ejemplo), y Viento (que es el camino al este).

Esta misma situación es la que sucede cuando el usuario se encuentra por primera vez con una intersección, y poco antes se le explica cómo funciona. De todas formas también cuenta con otras dos acciones para explorar su entorno, que son "Preguntar" y "Tocar".



Figura 11: Vista primera intersección del juego (Nivel 1).

- **Preguntar que hay en el entorno inmediato:** Aunque esta funcionalidad ya se encontraba disponible, se hace que se pueda preguntar

qué hay arriba, abajo y atrás del protagonista (que en un principio no estaba). Si hay algún objeto le comunica al jugador auditivamente con palabras qué hay en esa dirección, si no responde nada, es que no hay nada en esa dirección, o sea "hay camino libre". Se aprovecha de hacer esta funcionalidad con el botón que servía para desplegar el bastón, ya que después de desplegar el bastón no tenía ninguna utilidad. Para usarla se debe mantener presionado el botón y luego presionar en la dirección en la que se desea saber qué objeto está en ese lugar (arriba, abajo, izquierda, derecha, adelante o atrás).

- **Tocar en entorno cercano:** Similar a preguntar qué hay en entorno cercano, se tiene un botón que es la acción de tocar, que lo que hace es tocar lo que hay en el entorno inmediato. El feedback a diferencia de la descripción oral que es la de preguntar, aquí se escucha un sonido característico del objeto al ser "tocado", por ejemplo en la pared se escucha el sonido del golpeteo contra piedra. Es una forma rápida de saber qué hay en una dirección (sin usar palabras), pero es para mantener consistencia con interacciones de otros objetos principalmente.

- **Instrucciones y elementos de historia:** Algunas casillas del laberinto, cuando el usuario pasa por ellas, detienen el movimiento del personaje y reproduce auditivamente un texto, esto para guiar al jugador e instruirlo respecto a algún elemento nuevo que se introducirá a continuación o el avance de la historia. El sonido se reproduce la primera vez que el jugador pasa por ese punto.

- **Cambio de sonidos al chocar con paredes:** Un cambio adicional que se hizo fue un cambio en el sonido que realiza el videojuego cuando el usuario choca con una pared frontalmente, ya que el anterior era demasiado sutil y se perdía si el usuario se encontraba cerca de la puerta o cerca de un monstruo o trampa (elementos que emiten sonidos y vibración cuando el jugador se encuentra cerca), el sonido del choque con la muralla se perdía. Esto no sucede con el nuevo sonido.

- **Baldosas guías:** este elemento se mantiene como estaba originalmente. Cuando el jugador pasa por esa casilla suena uno de dos sonidos posibles. Uno indica que se está acercando a la puerta de salida, y el otro que se está alejando. El sonido suena cada vez que el jugador pasa por esa casilla para informar su situación respecto de la puerta de salida, lo que le permite ubicarse de una forma más global dentro del nivel, es un elemento de orientación relacionado con el mapa mental que el jugador crea del laberinto.

- **Cambio de entorno al avanzar en el juego:** Algo que no estaba antes era que al avanzar por los niveles del juego ahora cambian gráficamente las paredes del juego, para dar la sensación de estar en otro lugar. Esto fue

implementado a petición de los usuarios con visión parcial, que sentían que estaban siempre en el mismo lugar. Con el cambio ahora sentían que había un cambio de entorno.

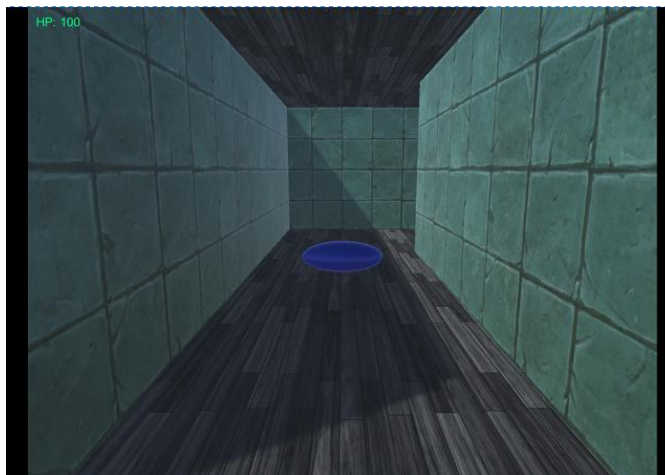


Figura 12: Vista de Nivel 5 del Laberinto.

Ahora que han sido revisados los elementos de navegación y relativos al laberinto, también hay que mencionar los objetos que se encuentran en el laberinto y con los que el usuario puede interactuar.

- **Protagonista, Myr:** El jugador utiliza una casilla en el laberinto y presenta una vista de primera persona. Proyecta sombra al acercarse a las paredes. Sus movimientos posibles en el laberinto son avanzar, girar a la izquierda 90° ó girar a la derecha 90°, emitiendo un sonido característico de cada acción al realizarla. Al presionar hacia adelante una vez, se escuchará el sonido de pasos y el personaje avanzará una casilla en el laberinto (este movimiento puede ser continuo hasta encontrarse con algún otro objeto, mientras suceda se escucharán pasos).

Los giros suceden en la misma casilla donde está situado el jugador, y luego de realizar la acción hace una pequeña pausa antes de continuar el giro, para impedir que el usuario gire eternamente sin saber cuándo se realizó la acción deseada (que era un problema antes de que se pusiera esta pausa). La pausa venía desde el prototipo, pero no había sido probada con usuarios finales.

- **Muralla:** Son los objetos que delimitan los movimientos del protagonista dentro del laberinto y dan forma a los distintos pasillos.

- **Puerta:** Este es el objeto que marca el fin de un nivel. A medida que el protagonista se acerca a este objeto el joystick comienza a vibrar y se escucha un sonido de de estrellas, ambos feedback aumentan en intensidad mientras más cerca se encuentre el protagonista de la puerta. Al entrar el

jugador a la casilla en la que está la puerta este es llevado a una pantalla de transición donde escucha el sonido de victoria y es llevado al siguiente nivel.



Figura 13: Imagen de puerta en el final de Nivel 2.

- **Acertijo:** Uno de los elementos más importantes en el videojuego. Al entrar el jugador en una casilla con acertijo se congela su movimiento y se reproducen las indicaciones para resolver el acertijo. En el acertijo el botón de preguntar por el objeto que está en una dirección en el laberinto se convierte en el botón para escuchar nuevamente el acertijo.

El botón que indicaba la correspondencia entre los elementos de la cara del cubo y los puntos cardinales cambia a un audio en que los elementos del cubo representan una dirección en el contexto del acertijo: Tierra es adelante, Fuego es atrás, Agua es Derecha, Viento es izquierda, Arcano es Arriba y Naturaleza abajo (la diferencia con el laberinto es que ahora el Norte sería adelante, y las otras 3 direcciones se reemplazan por sus relativos, Oeste es Izquierda, Este es Derecha y Sur atrás).

El botón para "Tocar" es el botón para responder. Se debe mantener presionado y luego presionar en la dirección que el usuario piensa que es la respuesta correcta. Si la respuesta es correcta, el jugador obtiene 20 puntos de vida (sin exceder el máximo de 100) y puede moverse nuevamente dentro del laberinto (y el objeto del acertijo desaparece) y se le informa de esta situación auditivamente al usuario. Si la respuesta es incorrecta se le informa que es incorrecta y se le descuentan 10 puntos de vida (y no puede moverse del lugar aún).

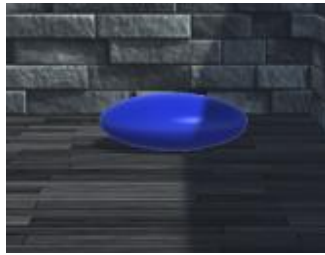


Figura 14: Objeto Acertijo, correspondiente al óvalo azul.

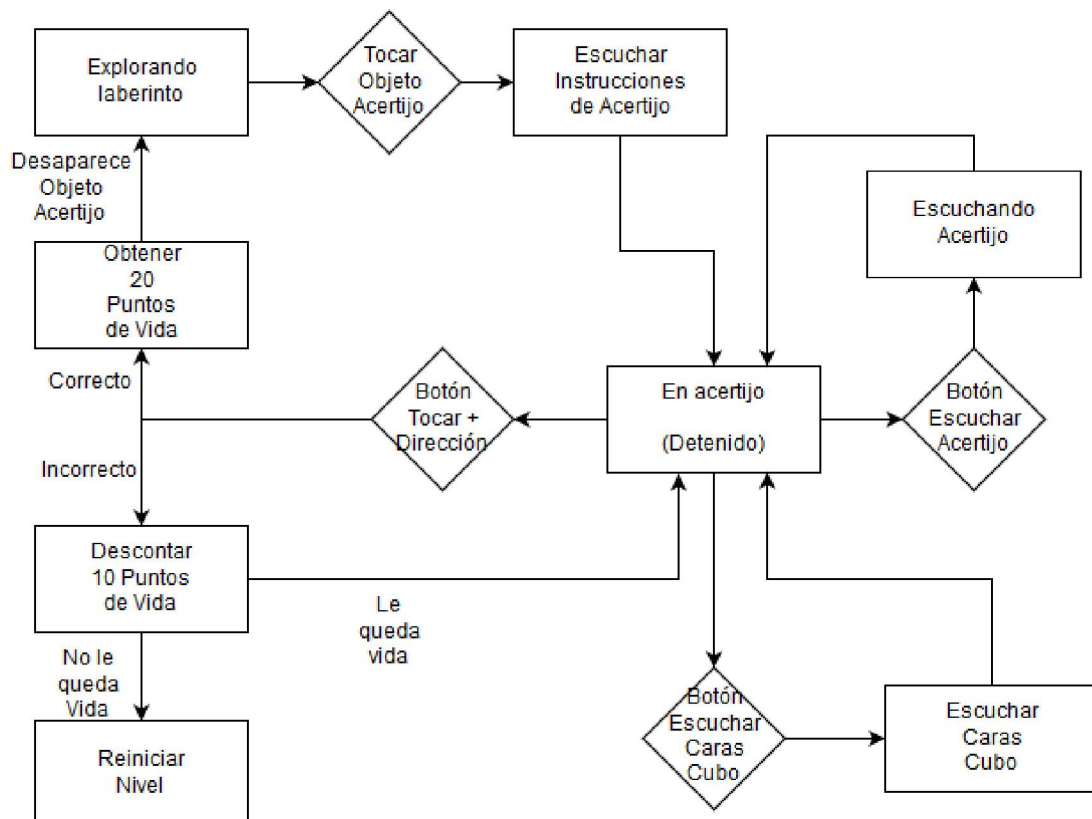


Figura 15: Diagrama de responder acertijo.

Los acertijos son etiquetados en el juego, es decir, al escuchar la pregunta, inicia diciendo el identificador por ejemplo "Pregunta 1 de Rotación...", esto para facilitar la asistencia y saber qué pregunta está desarrollando el jugador. Los acertijos disponibles en el videojuego se traducen en transformaciones al cubo. Éstas y sus respectivas respuestas son los de la siguiente tabla:

Identificador	Transformación	Respuesta
Rotación 1	Girar a Izquierda. ¿Qué elemento queda hacia la derecha?	Fuego (atrás)

Rotación 2	Girar a la derecha. ¿Qué elemento queda hacia adelante?.	Viento (izquierda)
Rotación 3	Girar hacia atrás. ¿Qué elemento queda hacia arriba?	Tierra (adelante)
Rotación 4	Girar hacia adelante. ¿Qué elemento queda a la izquierda?	Viento (izquierda)
Rotación 5	Girar 2 veces hacia atrás. ¿Qué elemento queda hacia arriba?	Naturaleza (abajo)
Traslación 1	Teletransportar un espacio hacia arriba. ¿Hacia dónde está el cubo?	Arcano (arriba)
Traslación 2	Teletransportar un espacio hacia la izquierda. ¿Hacia dónde está el cubo?	Viento (izquierda)
Traslación 3	Teletransportar: 1 espacio a la derecha, luego 2 espacios hacia la izquierda. ¿Hacia dónde está el cubo?	Viento (izquierda)
Traslación 4	Rotar hacia adelante, y teletransportar un espacio hacia adelante. ¿Qué elemento queda hacia atrás del cubo?	Naturaleza (abajo)
Traslación 5	Teletransportar: 1 espacio a la derecha, 1 espacio adelante, 1 espacio a la izquierda. ¿Hacia dónde está el cubo?	Tierra (adelante)
Traslación 6	Teletransportar: 1 a la izquierda, 2 a la derecha. ¿Hacia dónde está el cubo?	Agua (derecha)
Reflexión 1	Voltear horizontalmente. ¿Qué elemento queda hacia atrás?	Tierra (adelante)
Reflexión 2	Voltear verticalmente. ¿Qué elemento queda hacia la izquierda?	Agua (derecha)
Reflexión 3	Teletransportar 1 espacio a izquierda, luego reflejar verticalmente (desde jugador). ¿Hacia dónde está el cubo?	Viento (izquierda)
Reflexión 4	Teletransportar 1 espacio hacia adelante, luego reflejar horizontalmente (desde jugador). ¿Hacia dónde está el cubo?	Fuego (atrás)

Reflexión 5	Teletransportar 1 espacio hacia atrás, luego reflejar horizontalmente (desde jugador). ¿hacia dónde está el cubo?	Tierra (adelante)
Rotación Final	Girar 2 hacia la izquierda y 1 hacia atrás. ¿Qué elemento queda hacia arriba?	Fuego (atrás)
Traslación Final	Teletransportar: 1 hacia arriba, 1 hacia la derecha y uno hacia abajo. ¿Hacia dónde está el cubo?	Agua (derecha)
Reflexión Final	Voltear horizontalmente, luego voltear verticalmente. ¿Qué elemento queda hacia adelante?	Fuego (atrás)

Tabla 1: Acertijos del Videojuego.

- **Tesoro:** El tesoro es una forma de premiar al jugador que explora el laberinto. La versión inicial era que el usuario obtenía una recompensa al azar que aumentaba los puntos de daño que realizaba alguno de los elementos del cubo en las peleas contra monstruos. Se hizo la mejora de introducir el cubo mágico de una forma similar al acertijo. Ahora cuando el usuario entra a la casilla de tesoro se le da la instrucción para recolectar el tesoro. El botón de preguntar las caras del cubo queda igual que el del acertijo, es decir, los elementos corresponden a direcciones relativas respecto del jugador (adelante, atrás, derecha, izquierda, arriba y abajo). El usuario debe tocar alguna dirección para saber si obtiene algo (como cuando responde pregunta). Si en esa dirección estaba el objeto, el videojuego le comunica auditivamente al usuario la recompensa que acaba de encontrar, si no se emitirá el sonido característico del elemento dónde está la recompensa.

Por ejemplo si el objeto es la pluma del Fénix, recompensa ligada al fuego que corresponde a la dirección atrás, y al tocar se toca en la dirección adelante se escuchará el sonido del fuego, ahora si el jugador realiza la acción de tocar hacia atrás el juego le informará que ha recibido la pluma del Fénix, lo que mejora el ataque de fuego, y el usuario podrá moverse una vez más.

No hay límite de intentos o castigos a la hora de obtener el tesoro y fallar.



Figura 16: Objeto tesoro (Prisma rectangular amarillo).

- **Trampa:** Este objeto que ocupa una casilla, disminuye todos los puntos de vida al contacto del protagonista. Cuando el jugador está cerca, al igual que la puerta, posee vibración y un sonido particular, que aumentan en intensidad a medida que se acerca a la trampa, el sonido es desagradable y cuando el usuario se acerca además hay un aviso de que hay una trampa y es mejor no ir por ahí. Este elemento está para recalcar el hecho, que al igual que en el mundo real, al explorar nuevos lugares se debe estar consciente de que puede haber peligros y hay que estar atentos al respecto.



Figura 17: Objeto trampa (Prisma rectangular negro).

- **Monstruo:** Este objeto ocupa una casilla y mientras el jugador se acerca produce un sonido leve de respiración y también una vibración leve, que aumentan en intensidad mientras se acerca al monstruo. Al ingresar el jugador a una casilla con un monstruo es transportado al escenario de la pelea.



Figura 18: Objeto Monstruo en laberinto.

- **Transportador a actividad de plano cartesiano:** Este objeto se encuentra cerca de la puerta del nivel de traslación, y es similar al objeto acertijo, sólo que al tocarlo envía al jugador a la actividad del plano cartesiano.

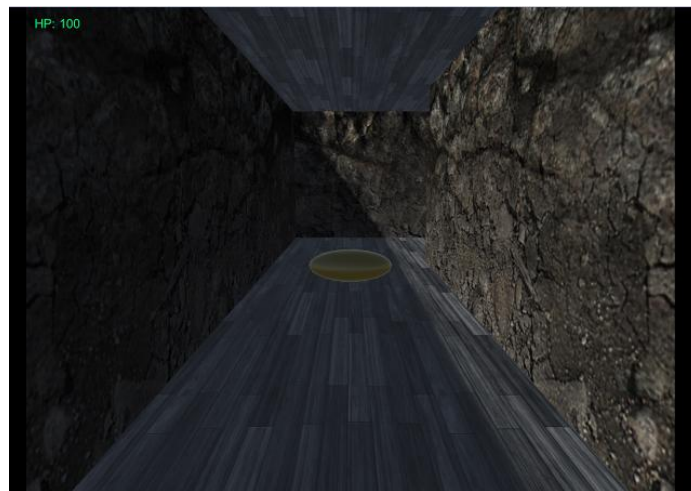


Figura 19: Transportador a actividad del plano cartesiano en Nivel 3 (Es el óvalo café).

- **Pelea:** Es la actividad donde el usuario se enfrenta al monstruo que acaba de encontrar. La versión original consistía en elegir un elemento cualquiera y atacar al monstruo hasta que muriera, y sólo había cambio de elementos cuando el monstruo se hacía inmune en respuesta a un ataque. Era una pelea por turnos que sólo consistía en presionar un botón hasta que terminara.

La versión actual pone un poco más en juego los elementos del cubo y su ubicación.

Ahora hay un botón para preguntar cuál es el elemento que daña al monstruo. El usuario lo debe presionar y escuchará el nombre del elemento, luego deberá seleccionar el elemento usando los botones de dirección, cuando selecciona un elemento, escucha el sonido característico del elemento. Luego el usuario puede atacar al monstruo con el botón de atacar. Si el elemento correspondía con el que el monstruo recibía daño en ese turno, entonces se calcula el daño realizado por el jugador al monstruo y se resta de sus puntos de vida. Si el elemento era incorrecto, se informa que es incorrecto y el daño realizado es 0. Sin importar si era correcto o incorrecto, si el monstruo tiene puntos de vida disponibles entonces realizará un ataque después de que fue atacado, el cual puede ser:

- Realizar daño al jugador
- Realizar daño crítico al jugador (daño aumentado)
- No realizar daño
- Girar el cubo (hacia adelante, hacia atrás, hacia la izquierda o hacia la derecha).
- Aumentar su resistencia a algún elemento aleatorio.

Luego del ataque del monstruo, es nuevamente turno del jugador el de tomar acción. Debe preguntar qué elemento es el que hace daño y seguir la secuencia hasta que el monstruo o el jugador agoten sus puntos de vida.

Cuando el jugador pregunta cuál elemento es el siguiente para atacar, las opciones son los 6 elementos del cubo (Fuego, Viento, Agua, Tierra, Arcano y Naturaleza), pero además hay una séptima opción que es "Cualquiera". Cuando el próximo elemento es "Cualquiera" el jugador puede elegir cualquier elemento para hacer daño, pero esta opción también está para darle al usuario la oportunidad de elegir algún elemento que él sepa que hace daño aumentado al monstruo (el monstruo recibe más daño de ciertos elementos, aunque éstos son decididos aleatoriamente y el usuario sólo se entera luego de realizar daño con el elemento) o puede seleccionar el elemento del que haya encontrado más tesoros (ya que este elemento realizará más daño base). Esta opción está para darle un grado más de libertad y poder aprovechar su ventaja, ya sea por tesoros o por haber puesto atención a los elementos que el enemigo presenta debilidad, y así no siente el combate tan determinista.

- **Plano Cartesiano:** Esta actividad se encuentra al final del segundo nivel de rotación, para introducir los niveles de traslación. La actividad está para reforzar la traslación de objetos en el espacio y el uso del plano cartesiano, y ocurre en un escenario distinto al laberinto. Para describirlo, en general consiste en que el jugador posiciona cuatro piedras en cuatro puntos determinados del plano y puede seguir con el videojuego.

En detalle, el jugador al entrar a este escenario se le da una introducción de lo que debe hacer: "mover cuatro piedras mágicas". Para realizar ésta tarea dispone de varias acciones y su feedback relacionado. Posee un botón para escuchar una explicación de qué es un plano cartesiano y cómo funcionan sus coordenadas (por si el jugador no está familiarizado con el plano cartesiano o no lo recuerda). Otro botón para que le digan a qué coordenada debe mover la piedra mágica. Un botón para preguntar cuántas piedras mágicas le quedan por mover (así sabe su progreso en la actividad) y un botón para regresar la piedra al punto de origen (el 0,0) por si el usuario se "pierde" y quiere volver a comenzar su posicionamiento.

Para mover la piedra tiene los botones de dirección, adelante, atrás, derecha e izquierda; cada vez que se presionan se escucha el elemento de esa dirección para marcar que se ha movido un paso hacia esa dirección, y si ya no se puede mover más en una dirección genera un sonido y vibración.

Luego para bajar el cubo, donde si el jugador piensa que la ubicación actual de la piedra es la respuesta, están los botones de arriba y abajo (arcano y naturaleza en el laberinto), debe presionar el botón para bajar la piedra y ver si hay feedback. Si la ubicación es correcta escuchará un sonido que le indicará que está bien y se activará la siguiente piedra, si no deberá usar el botón arriba para levantar la piedra y seguir buscando el lugar dónde debe ir, y si se pierde siempre puede recomenzar desde la piedra que tiene actualmente presionando el botón para volver al origen.

La actividad termina cuando han sido posicionadas correctamente las cuatro piedras, suena el sonido de victoria, y el jugador vuelve al laberinto en la posición en la que estaba (a pasos de terminar el segundo nivel de rotación).



Figura 20: Actividad de plano Cartesiano.

4.2.3. Arquitectura lógica

El juego como se mencionó anteriormente fue construido utilizando el software para creación de videojuegos llamado Unity (en su versión 5.1.2f1). Aún con esto, también se utilizaron algunos Scripts en C# para manejar algunas interacciones que no eran directas con Unity, o la lógica del videojuego. Algunos de los scripts más importantes y sus relaciones son representados a continuación:

Construcción de Laberinto

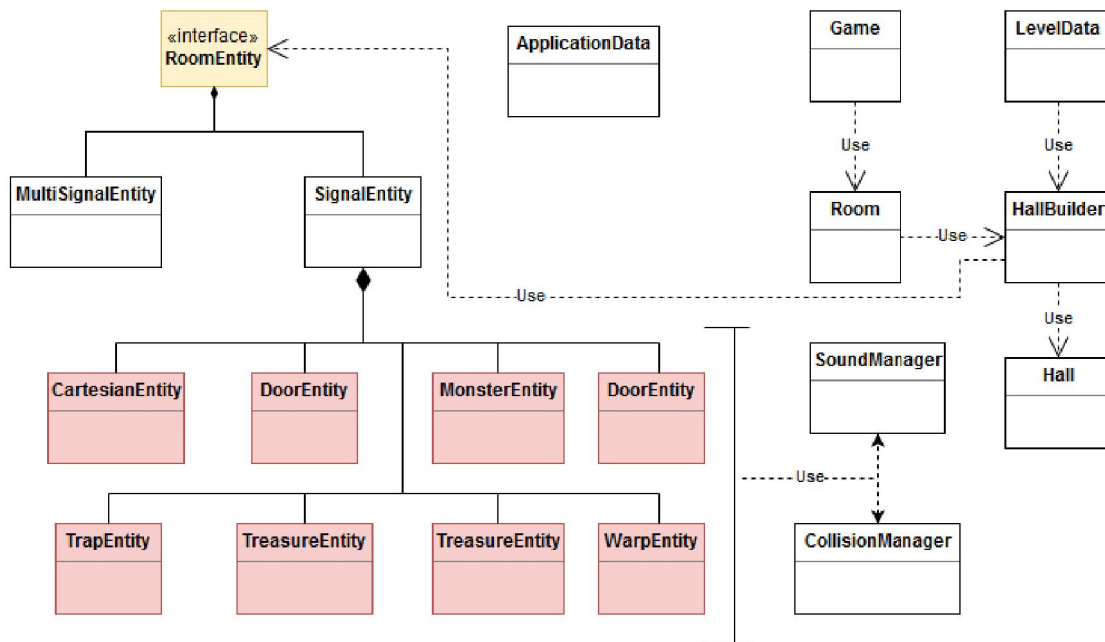


Figura 21: Esquema Simplificado de clases relativas a Construcción de Laberinto.

El Laberinto es generado cuando empieza el juego (Luego de seleccionar alguna opción en el menú principal).

Se crea el juego e interaccionan los siguientes scripts:

Game.cs: Corresponde al objeto principal que es el "videojuego", al iniciar construye un **Room**, que será dónde se guardarán los datos del nivel actual.

Room.cs: Objeto para mantener el nivel actual. Genera los objetos del nivel utilizando el **HallBuilder**.

HallBuilder.cs: Obteniendo datos de nivel actual y otras constantes a partir de **ApplicationData.cs**, construye el nivel utilizando el arreglo de Strings de generación propio del nivel en **LevelData.cs** y los arreglos de variables inicializadoras que hay en él.

ApplicationData.cs: Clase que mantiene constantes e información global de la Aplicación.

LevelData.cs: Clase que contiene la definición de "cómo es" un nivel en el laberinto. Un nivel está determinado por un arreglo de Strings que define los objetos del nivel y su posición, y junto con ello se deben definir constantes de inicialización (por ejemplo, a qué acertijo corresponde un objeto acertijo). Tiene traducciones de los caracteres de estos Strings a RoomEntitys. Con esto además se generan los objetos del videojuego.

Hall.cs: Resultado del Hallbuilder.cs, es el nivel propiamente tal (la colección de objetos que lo componen).

RoomEntity.cs: Es una interface que define los métodos de un objeto del cuarto.

MultiSignalEntity.cs: Es el RoomEntity de las intersecciones. Este objeto es puesto en las intersecciones de los pasillos y se encarga de dar el feedback de sonido para saber hacia dónde hay camino.

SignalEntity.cs: los Signal Entity son todos los objetos con los que se puede interactuar en el cuarto y contienen las lógicas de interacción entre el objeto y el jugador. Las clases que heredan de esta y el objeto que representan son: **CartesianEntity.cs** (representa el teletransportador a actividad del plano cartesiano), **DoorEntity.cs** (corresponde a la puerta para finalizar el nivel), **MonsterEntity.cs** (corresponde a la representación de un monstruo en el laberinto, puede decirse que es el teletransportador a la actividad pelea), **TrapEntity.cs** (corresponde al objeto trampa), **TreasureEntity.cs** (corresponde al tesoro), **WarpEntity.cs** (corresponde a los acertijos y su lógica, su nombre proviene del que antes eran el transportador a actividad de cuarto geométrico).

SoundManager.cs: Utilizado por todos los SignalEntity y todo el resto de la aplicación excepto por el Menú principal para el manejo de sonidos.

CollisionManager.cs: Utilizado para el manejo de qué sucede con el RoomEntity luego de colisionar con el jugador.

Manejo de Input en Laberinto

Player.cs: Es el objeto jugador que es posicionado en el laberinto luego de su construcción, posee la mayoría de la lógica del jugador (y sus estados) en el laberinto.

JoystickMovementController.cs: Corresponde a la traducción de lo que sucede con el input del joystick en el laberinto y cómo se traduce en acciones del jugador, según el estado en que se encuentra.

KeyboardMovementController.cs (obsoleto): Similar a la clase que maneja el input del joystick pero con el teclado, está obsoleta porque no se siguió su desarrollo ya que el input principal es el joystick. Seguir su desarrollo significa hacer pruebas de usabilidad del teclado, aparte de las pruebas del joystick, pues son diferentes interfaces, pero está ahí por si en un trabajo futuro se desea seguir el desarrollo.

Batalla

Battle.cs: Es el script más importante de la batalla, tiene toda la lógica de manejar la pelea y el cómo interactúan el jugador y el monstruo (además de manejar el input del joystick y el teclado en este escenario).

Actividad Plano Cartesiano

MagicBlock.cs: Es el script más importante del plano cartesiano. Al ingresar al plano se activa el primer bloque y la lógica de movimientos, feedback y de activar el siguiente bloque al posicionar el actual correctamente están descritos en esta clase. Toma sólo en consideración el input del joystick.

Menú Principal

Aunque la construcción del menú principal se realiza con herramientas de Unity, la lógica para que el control interactúe con el menú principal.

MenuInit.cs y **LoadInit.cs:** Scripts que se ejecutan al ingresar al menú principal o de juego anterior respectivamente. Sólo inicializan variables, que son distintas para ambos menús así que no ameritan una interfaz.

MenuJoystick.cs y **LoadJoystick.cs:** Scripts que manejan la lógica de interacción del joystick con el menú principal y de juego anterior respectivamente.

4.2.4. Ejemplos de código

Algunos ejemplos de código utilizados en los scripts del videojuego son los siguientes:

Detección de Input en Menú Principal

```
state = GamePad.GetState(playerIndex);

if (state.Buttons.X == ButtonState.Pressed) {
    x_status = true;
    return;
} else {
    if (x_status) {
        x_status = false;
        if (new_game) {
            new_game = false;
            menu_event.startNewGame();
        } else {
            new_game = true;
            resume_game = false;
            welcome.Stop();
            old_game.Stop();
            start_game.Play();
        }
        return;
    }
}
```

Figura 22: Código de detección de presionar X en menú principal.

Este código corresponde a la detección de presionar el botón x en el menú principal. El juego es parecido a los vistos en computación gráfica donde hay ciclos, y en cada ciclo se pregunta si se ha presionado un botón.

La librería para manejar el input de joystick sabe cuando el botón es presionado o es soltado, pero no tiene algo definido para esa acción completa, así que se usan booleans.

Si se presiona x, se marca "x_status = true". Luego, al ciclo en que el botón dejó de ser presionado, se ve si es que en el ciclo anterior habías sido presionado en el "if de x_status". aquí se ve si ya había sido presionado "X" con anterioridad con la variable "new_game". Si había sido presionado se gatilla el evento de comenzar juego nuevo (menu_event.startNewGame()), si no, se marca en "new_game" que se ha presionado, se desmarca "resume_game" (que es para indicar si no se ha presionado Y), se detienen los sonidos que puedan estar ejecutando y se deja escuchar la instrucción de que hay que presionar "x" otra vez para confirmar. Es así como funcionan los menús, la idea es presionar dos veces seguidas un botón para elegir la opción.

Generador de Nivel 1

```
case 1:
    levelData.hallData = new string[]{
        "D#####",
        "#    l-    #",
        "#####u####",
        "##### -   #",
        "#####h####",
        "#  hr  h  ####",
        "#h#####",
        "#h#####",
        "# #####",
    };
    levelData.startPosition = new Vector2(1, 8);
    /*Orientations*/
    //Doors
    levelData.addOrientation(1, 0, Orientation.SOUTH);
    levelData.addDoor(1, 0);
    // help
    levelData.addSound(1, 6, "ayuda-first-rotation", 16);
    levelData.addSound(1, 7, "ayuda-brujula", 16);
    levelData.addSound(4, 5, "sonido-positivo", 4);
    levelData.addSound(8, 5, "ayuda-touch-and-ask", 16);
    levelData.addSound(9, 4, "ayuda-first-cubo", 17);
    break;
```

Figura 23: Definición del Nivel 1 en levelData.cs

Esto es lo que aparece en levelData.cs para generar el nivel 1. El arreglo de Strings corresponde a una descripción de los objetos y su ubicación en el nivel (los '#' son murallas por ejemplo). Bajo esto hay variables de inicialización requeridos por los objetos del nivel (que se guardan en arreglos que son accedidos al momento de crear estos objetos a partir del arreglo de Strings).

Mover Piedras en plano cartesiano

Otro buen ejemplo a observar es el mover bloques en el plano cartesiano (MagicBlock.cs), ya que la mayoría de las detecciones de inmputs y su respuesta suceden de forma similar.

Se ve primero si la piedra mágica está activa en el "if (active)", luego se revisa si ha sucedido algún evento, en este caso se ve "leftEvent()", que es una función que retorna boolean para ver si se ha gatillado el evento a la izquierda. Luego hay algunas acciones dependiendo de si está flotando o no la piedra. Si no flota hay vibración, pero si flota se reproduce el sonido correspondiente al viento y se mueve a la izquierda para quedar finalmente esperando que se suelte el botón (esto es para impedir que el usuario se mueva múltiples veces hacia una dirección).

```

if (active) {
    prevState = state;
    state = GamePad.GetState(playerIndex);

    if (leftEvent()) {
        if (flying) {
            if (!waiting_release) {
                wind.Play();
                moveLeft();
            }
            waiting_release = true;
        } else {
            GamePad.SetVibration((PlayerIndex)0, 0.2f, 0.2f);
        }
    }
} else if (rightEvent()) {

```

Figura 24: Código de reacción de piedra mágica al gatillar Evento Izquierda

Lo que es el evento a la izquierda está definido más abajo y aquí hace referencia al joystick, son las condiciones que corresponden a mover la palanca izquierda hacia la izquierda. Lo importante de separar en funciones esto es que el día de mañana se puede poner aquí el código de detección de presionar a la izquierda en el teclado y no habría que hacer cambios en otros lados, es decir sería un cambio modular.

```

private bool leftEvent(){
    float x = state.ThumbSticks.Left.X;
    float y = state.ThumbSticks.Left.Y;
    return x < 0 && Mathf.Abs(x)>Mathf.Abs(y);
}

```

Figura 25: Código de función que define Evento Izquierda

Finalmente también se define en otra función qué significa moverse a la derecha (y si llega al límite de movimiento produce vibración). Esto permite tener el código más limpio en la primera parte y hacerlo más fácil de mantener. Usar funciones para encapsular ciertas acciones y que los objetos se encarguen de tener definidas sus acciones posibles (programación orientada a objetos) permite un mayor orden y que al revisar esas acciones u objetos sólo basta con revisar el código del objeto o acción en particular.

```

private void moveLeft() {
    float new_x = transform.position.x - 1;
    if (new_x < (-1 * max_x)) {
        new_x = (-1 * max_x);
        GamePad.SetVibration((PlayerIndex)0, 0.2f, 0.2f);
    }
    block.transform.position = new Vector3(new_x, transform.position.y, transform.position.z);
}

```

Figura 26: Código de acción "mover a la izquierda" de piedra mágica.

4.3. Arquitectura de Hardware

Aunque no se desarrolló un hardware específico para la utilización del software, este sí requiere de unos componentes mínimos para poder jugar. El videojuego está diseñado para ser jugado por una sola persona de manera local en la máquina en la que el software es ejecutado (es decir no requiere de estar conectada a internet o compartir información con otras máquinas en una red).

Es necesario un computador (con el ejecutable del videojuego), un control de Xbox 360 y una interfaz de salida de audio (se pueden utilizar parlantes pero es recomendable el uso de auriculares). La existencia de una pantalla puede ser necesaria para ejecutar el videojuego, pero una vez que el videojuego está en ejecución su uso es opcional, ya que el juego está diseñado para que se pueda jugar sin necesidad de feedback visual, sólo utilizando el control de Xbox 360 como interfaz de entrada y la interfaz de audio como interfaz de salida.

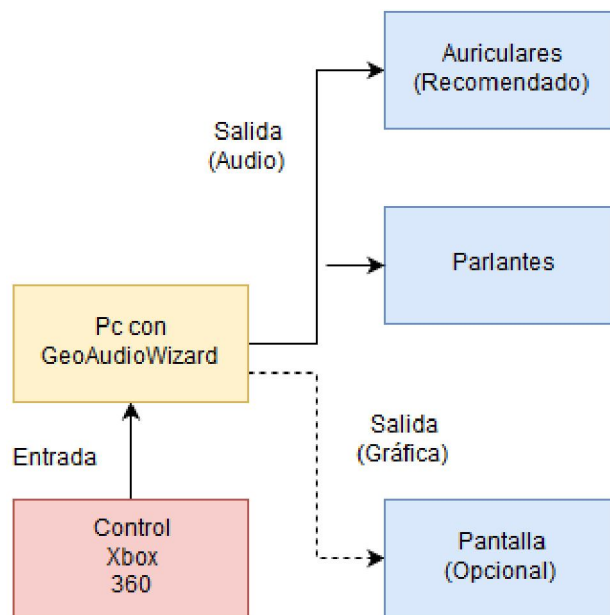


Figura 27: Esquema de Entrada/Salida del Hardware.

4.4. Diseño de la Interfaz usuaria

El diseño de la interfaz de usuario fue algo que se realizó durante toda la memoria y se realizaban modificaciones según se requiriera o se observara en las pruebas. Es así como se llegó al estado actual en cuanto a interfaz de salida y de entrada.

4.4.1. Interfaz de entrada

Para la interfaz de entrada se analizaron varias opciones: Teclado y Mouse, Novint Falcon, Phantom y Joystick de Xbox360, pero la que finalmente se utilizó es el joystick de Xbox 360 por temas de accesibilidad al componente, su capacidad de vibrar, su comodidad de uso (su diseño reduce el error que se pueda producir del uso de un teclado al presionar "el botón equivocado") y su compatibilidad para videojuegos desarrollados con Unity.

El juego posee distintas situaciones donde se encuentra el jugador y los botones realizan acciones diferentes, pero se intenta mantener cierta similitud entre las acciones que realizan los botones entre distintos escenarios.

4.4.1.1. Botones del joystick y sus acciones en el videojuego

A continuación veremos el mapping del control de Xbox 360 en cada una de las situaciones del videojuego. Los que tengan un "---" significa que no poseen una acción asociada.

Botones del Control

A continuación un Diagrama con los Botones del Joystick de Xbox 360 que son utilizados en el videojuego (los botones que no son señalados no son utilizados).



Figura 28: Botones de Control de Xbox 360 utilizados en GeoAudioWizard.

En qué se traduce cada uno de éstos botones en el videojuego, se ve a continuación:

Direcciones del Cubo y Personaje

Como el Cubo tiene 6 caras, utilizar solamente la cruz direccional para cada una de sus caras no es suficiente, así que para referenciar las 6 caras y 6 elementos se usa la siguiente tabla (aprovechando la ubicación de los botones LB y RT). Este mapeo de direcciones aplica para todo el videojuego (y es el que se usa cuando una acción referencia a un botón direccional).

Botón	Elemento/Dirección(Punto Cardinal)
Arriba	Tierra / Adelante (Norte)
Abajo	Fuego / Atrás (Sur)
Izquierda	Viento / Izquierda (Oeste)
Derecha	Agua / Derecha (Este)
LB	Arcano / Arriba (Arriba)
LT	Naturaleza / Abajo (Abajo)

Tabla 2: Representación caras del cubo con botones del joystick.

En Laberinto

Botón	Acción
Arriba	Avanzar
Izquierda	Girar a la izquierda en 90°
Derecha	Girar a la derecha en 90°
Abajo	---
LB	---
LT	---
RB	Preguntar ¿Cuánta vida tiene Myr?
RT	---
X	Preguntar ¿Cuáles son las caras del cubo y qué punto cardinal representan?
Y	Acción de Tocar: Si se mantiene presionado junto a un botón direccional, se escucha el sonido de tocar lo que hay en esa dirección.
A	Al Inicio de nivel Sacar Bastón. Luego se convierte en acción de Identificar: Si se mantiene presionado junto a un botón direccional se escucha en palabras lo que hay en esa dirección.
B	Brújula (se obtiene la información de a qué punto cardinal apunta el jugador)

Tabla 3: Botones del joystick y acciones en el laberinto.

En Acertijo

Botón	Acción
Arriba	---
Izquierda	---
Derecha	---
Abajo	---
LB	---
LT	---
RB	Preguntar ¿Cuánta vida tiene Myr?
RT	---

X	Preguntar ¿Cuáles son las caras del cubo y qué dirección representan?
Y	Acción de Tocar: Mantener presionado junto a un botón direccional sirve para responder acertijo.
A	Escuchar acertijo
B	---

Tabla 4: Botones del joystick y acciones en acertijo.

En Tesoro

Botón	Acción
Arriba	---
Izquierda	---
Derecha	---
Abajo	---
LB	---
LT	---
RB	---
RT	---
X	Preguntar ¿Cuáles son las caras del cubo y qué dirección representan?
Y	Acción de Tocar: Mantener presionado junto a un botón direccional sirve para intentar obtener tesoro.
A	---
B	---

Tabla 5: Botones del joystick y acciones en tesoro.

En Pelea

Botón	Acción
Arriba	Seleccionar cara de adelante del cubo
Izquierda	Seleccionar cara de izquierda del cubo
Derecha	Seleccionar cara de derecha del cubo
Abajo	Seleccionar cara de atrás del cubo
LB	Seleccionar cara de arriba del cubo
LT	Seleccionar cara de abajo del cubo
RB	Preguntar ¿Cuánta vida tiene Myr?
RT	Preguntar ¿Cuánta vida tiene enemigo?
X	Preguntar ¿Cuáles son las caras del cubo y qué dirección representan?
Y	Atacar
A	Preguntar ¿A qué monstruo me enfrento?
B	Preguntar ¿Qué elemento es el que debo usar para atacar ahora ?

Tabla 6: Botones del joystick y acciones en pelea.

En Plano Cartesiano

Botón	Acción
Arriba	Mover piedra un espacio en dirección positiva del eje Y
Izquierda	Mover piedra un espacio en dirección negativa del eje X
Derecha	Mover piedra un espacio en dirección positiva del eje X
Abajo	Mover piedra un espacio en dirección negativa del eje Y
LB	Subir la Piedra (si estaba en el suelo)
LT	Bajar la Piedra (para ver si es el punto correcto, si no estaba en el suelo)
RB	---
RT	---
X	Da explicaciones de cómo funciona el plano cartesiano y cómo ubicar puntos en él.
Y	Regresa la piedra al punto de Origen (0.0)
A	Indica en qué punto debe ir la piedra que está actualmente activa.
B	Indica cuántas piedras falta posicionar para terminar la actividad.

Tabla 7: Botones del joystick y acciones en plano Cartesiano.

En Menú Principal

Botón	Acción
X	Seleccionar Juego Nuevo (segunda vez confirma).
Y	Repetir instrucción de seleccionar opciones.
A	Repetir instrucción de seleccionar opciones.
B	Seleccionar Menú Juego Anterior (segunda vez confirma).

Tabla 8: Botones del joystick y acciones en Menú Principal.

En Menú Juego Anterior

Botón	Acción
X	Seleccionar Juego Comenzar Juego anterior (Segunda vez confirma)
Y	Repetir instrucción de seleccionar opciones
A	Repetir instrucción de seleccionar opciones
B	Seleccionar Volver a Menú Principal (Segunda vez confirma)

Tabla 9: Botones del joystick y acciones en Menú Juego Anterior.

4.4.2. Interfaz de Salida

La interfaz de salida corresponde al conjunto del audio, la vibración del joystick y la pantalla (representación gráfica del videojuego). Cada acción dentro del videojuego o algo que sucedía tenía una representación en audio, siendo la interfaz de salida principal considerando que el juego estaba diseñado para personas con discapacidad visual.

El cómo se utilizó la pantalla y la vibración se puede apreciar en el punto 4.2.2.4. donde aparecen todos los elementos del videojuego explicados con capturas de pantalla.

4.5. Justificación del diseño

Ahora que se ha revisado la solución en detalle es posible apreciar con más claridad la orientación que toman sus interfaces y el modo en cómo cada acción o cada suceso del videojuego se traduce en feedback de sonido para el usuario.

El diseño del videojuego fue orientado desde un comienzo a ser utilizado sin necesidad de interfaz gráfica, es decir puede ser usado por personas con discapacidad visual sin el impedimento de no poder reconocer qué es lo que sucede en pantalla.

Usuarios ciegos y con visión parcial pueden usar el software, e incluso los con visión parcial pueden hacer uso de la interfaz gráfica gracias a los contrastes utilizados.

Con lo anterior ya se tiene un software para personas con discapacidad visual, ahora el hecho de poner actividades y problemas como lo son los acertijos y el cuarto con la actividad de plano cartesiano agregan a la solución el componente necesario para ayudar en el aprendizaje de los conceptos geométricos de rotación, traslación y reflexión.

El software es una herramienta que sirve para el apoyo del aprendizaje en personas con discapacidad visual, o al menos en lo que es el diseño.

Lo importante es rescatar la validación del software, el utilizar el software con usuarios finales y tomar en cuenta su experiencia para el desarrollo, es el último aspecto a revisar que no se detalló en este capítulo y se encuentra explicado en el capítulo 6.

El software fue concebido para resolver el problema, es un videojuego educativo para personas con discapacidad visual, y fue probado con usuarios finales para su validación.

Capítulo 5

Metodología

Capítulo 5

Metodología

5.1. Análisis del Prototipo de Videojuego Inicial

Se realizó un análisis del Prototipo de videojuego que se ha desarrollado previamente (y que siguió un proceso iterativo de evaluaciones de usabilidad con usuarios finales) para evaluar sus fortalezas, debilidades y mejoras posibles. Para el desarrollo se tomaron en cuenta modelos[40][85][86][87][88] que fueron creados para este tipo de software.

5.2. Los instrumentos y procedimiento general

Se realizó una investigación previa sobre temas que pudiesen ayudar a realizar las mejoras del videojuego y potenciarlo para cumplir con los objetivos propuestos. Investigación bibliográfica sobre trabajos similares y complementarios y consultas con profesores de matemáticas y especialistas que trabajan con niños con discapacidad visual. También se habló con evaluadoras diferenciales para diseñar y desarrollar los elementos que fueron utilizados para evaluar el impacto del videojuego en el aprendizaje de conceptos geométricos como rotación, traslación y reflexión en los usuarios finales[64]. Para evaluar la usabilidad del videojuego se utilizaron el Cuestionario de Usuario Final[55] y la Pauta de Evaluación Heurística[56] desarrolladas por el Dr. Jaime Sánchez, las que no necesitaron ser modificadas ya que fueron creadas con el fin de evaluar videojuego educativos para niños con discapacidad visual.

5.2.1. Cuestionario de Usuario Final

Corresponde a un cuestionario de dos partes en que el evaluador debe realizar las consultas al usuario (ya que el usuario tiene discapacidad visual y tendría dificultades para la lectura del instrumento). En la primera parte se evalúa el nivel de satisfacción de 1 al 10 de 20 aspectos del videojuego (el apartado de imágenes sólo aplica para usuarios con visión parcial). En la segunda parte son 5 preguntas abiertas. El documento en detalle se puede ver en el Anexo A.

5.2.2. Pauta de Evaluación Heurística

El documento cuyo nombre específico es "Evaluación Heurística de Videojuegos Educativos"[56] está dirigido a usuarios con conocimientos en el ámbito de la usabilidad y no exclusivamente para usuarios finales. El Cuestionario consta de 46 preguntas en la que el usuario experto debe decir qué tan de acuerdo está con ciertas aseveraciones sobre el videojuego. Estas preguntas están agrupadas en heurísticas y se responden marcando una de

las cinco opciones dependiendo de qué tan de acuerdo está ó una sexta opción que es "No aplica" que es para el caso en que el experto estima que la aseveración no tiene relación con el videojuego evaluado. Luego al final del documento tiene 2 preguntas abiertas para agregar comentarios que creen que quedaran fuera del resto de la evaluación. El documento en detalle se puede ver en el Anexo B.

5.2.3. Instrumento de evaluación de impacto (usabilidad)

El documento de evaluación de impacto[64] utilizado en la evaluación de usabilidad fue desarrollado por educadoras diferenciales luego de hablar con el alumno que realizó esta memoria sobre qué aspectos eran los tratados en el videojuego. El instrumento cuenta con 37 indicadores que son evaluados con la escala "Logrado", "En Proceso" y "No Logrado", que les corresponde un valor numérico (2, 1 y 0 respectivamente). El instrumento tiene espacio para la pre-evaluación y post-evaluación. El instrumento se encuentra en el Anexo C y los detalles de la aplicación se verán en el punto 6.3.3.4. El documento en detalle se puede ver en el Anexo C.

5.3. Desarrollo de mejoras del prototipo de videojuego inicial

Para describir esta parte se siguió el modelo propuesto en la lectura [40], aunque también se tuvieron presentes otros modelos[85][86][87][88] para la implementación de videojuegos educativos. Este es un modelo dividido en cinco fases: Apresto, Análisis, Diseño, Implementación y Evaluación.

5.3.1. Apresto

Esta fase corresponde a la preparación para el desarrollo del videojuego. Las habilidades en base a las que se deseaba trabajar ya habían sido determinadas cuando se creó el prototipo inicial: Orientación y los aspectos de geometría rotación, traslación y reflexión, pero aún no se determinaba qué interfaces utilizar ya que en un principio se utilizarían el teclado en conjunto con el Novint Falcon[43]. El Novint Falcon al ser tan costoso (\$245.95 USD[79] equivalente aproximadamente \$166.263 CLP[80]) y poco accesible, es descartado y se opta por utilizar un control de Xbox 360 que es menos costoso (\$29.990 CLP[81]) pero también posee vibración y resulta más atractivo que un teclado (el teclado posee más botones y es menos costoso que el control (\$5.990[82]) pero no posee vibración, que es un elemento que proporciona otra clase de estímulo en la interacción para niños con discapacidad visual).

5.3.2. Análisis

Esta fase consistió en evaluar el prototipo y ver las mejoras que se podrían realizar para que el software cumpliera sus objetivos. El software inicial contaba con 4 niveles en los que el usuario recorría un laberinto, tomaba tesoros y se enfrentaba a monstruos. Se le informaba de su situación en intersecciones con un sonido de "pew" y no se utilizaba mucho el cubo mágico. Cumplía hasta cierto punto el objetivo de orientación, pero presentaba debilidades en temas geométricos. En base a lo observado y leído hasta el momento se propuso una serie de mejoras que son con las que comenzó el videojuego. Entre las mejoras se puede mencionar la inclusión de acertijos, utilización del cubo mágico como elemento de navegación en el laberinto, agregar niveles, dar mayor significancia al cubo a la hora de tomar tesoros y en las peleas (que el usuario utilice más el cubo y se familiarice con él).

5.3.3. Diseño, Implementación y Evaluación: Rediseño

El diseño e implementación fueron de la mano en conjunto con la evaluación de usabilidad del software. Desde aquí fue un ciclo de diseño de mejoras, implementación de las mismas y evaluación de usabilidad, ciclo que tenía como una duración una semana. Durante los días de semana se realizaban pruebas de usabilidad, principalmente con cuestionarios de usuario final[55] en un principio y observación. Luego durante el fin de semana se realizaba un análisis de las observaciones, se diseñaban mejoras y eran implementadas. El detalle de la implementación del software se trata en el punto 4, y los procedimientos de evaluación en el punto 6. En este punto se describirá lo sucedido en cada semana del ciclo. Se utilizó una versión demo del videojuego (para poder realizar las pruebas en el tiempo que se tenía disponible para trabajar con los niños) y en un comienzo el orden de los acertijos era al azar (para ver cómo se sentían con los acertijos que tenía el juego y que al estar en orden no se podrían evaluar si el usuario no lograba avanzar mucho en el videojuego).

Semana 1 (24 a 30 de Octubre de 2016)

Evaluación:

- Se realizaron pruebas con usuarios finales los días 25, 26 y 27.
- Se concluye que el menú **principal** del videojuego funciona bien (es decir los usuarios pueden acceder a la opción de juego nuevo sin requerir asistencia).

- El orden de los **acertijos es aleatorio** (la mayoría de los usuarios llegaba sólo al nivel 3, así que si estuvieran en orden no hubiesen alcanzado a ver las últimas).
- Los usuarios concordaban en que **faltaba claridad en algunas instrucciones** (cómo responder acertijo, cómo obtener tesoro y cómo utilizar cubo en intersecciones).
- Costaba entender el funcionamiento de los acertijos (problema con instrucciones de cómo responder).

Diseño e Implementación:

- Se **revisan los acertijos** pero antes de realizar cambios aún se quiso observar una segunda semana y realizar una entrevista con un profesor de matemáticas al respecto.
- Se **cambiaron las instrucciones** que no estaban muy claras (de cómo responder acertijo, cómo obtener el tesoro y cómo usar el cubo en intersecciones).

Semana 2 (31 de Octubre a 6 de Noviembre de 2016)

Evaluación:

- Se realizaron pruebas con usuarios finales los días 31/10, y 03/11.
- Se realiza **entrevista con profesor de matemáticas** el 02/11. Se descubre principalmente que las palabras usadas para describir movimientos en el acertijo pueden resultar confusas, y además algunos comentarios de aplicación.
- Se sigue observando dificultad para **responder acertijos** (ya no por la instrucción, sino que por el acertijo en sí).
- Hay usuarios que completan el juego. Se observa que en el **nivel final** donde está el último jefe y tres preguntas, la cercanía del monstruo final al personaje en los acertijos produce **molestias** (se escucha su respiración y vibración característicos por la cercanía).
- Se nota que los usuarios "aprenden a jugar" con el videojuego, es decir, realizan acciones en el juego con más rapidez y seguridad a medida que avanzan en él.

Diseño e Implementación:

- Se cambian los **acertijos** por unos con instrucciones más claras (utilizar "se teletransporta un espacio hacia abajo" en vez de "empujas el cubo hacia abajo", por ejemplo).
- Al comienzo del acertijo se les da un **identificador**, por ejemplo "pregunta 1 de rotación" o "pregunta 5 de traslación". Esto ayuda para el caso en que el alumno requiera asistencia con una pregunta, o se desee saber cuáles responde bien o mal en caso de una evaluación, ya que hasta el momento si el alumno tenía problemas se le debía pedir los audífonos para escuchar la pregunta.
- Los acertijos ahora aparecen en **orden** y en **dificultad creciente**.
- Se revisa el **último nivel del juego**, ya no es un pasillo recto, si no que tiene unas curvas para que así el feedback generado por la cercanía al jefe final no se interponga con el desarrollo de los tres acertijos finales.

Semana 3 (7 a 13 de Noviembre de 2016):

Evaluación:

- Se realizan pruebas con usuarios finales los días 08 y 10.
- Ahora los usuarios dicen que las **instrucciones** de los **acertijos** son más claras.
- Más jugadores comienzan a **jugar todo el juego** (terminaban los que tenían el juego a la mitad y otros jugaron todo el videojuego de principio a fin durante las pruebas).
- Se muestra otro problema, cuando usuarios no saben la respuesta al acertijo prueban todas las posibilidades, **adivinando** la respuesta por ensayo y error.

Diseño e implementación:

- Para reducir el problema de las adivinanzas, se opta por que cada respuesta **incorrecta reste 10 puntos de vida**, y que al responder un acertijo se recuperen 20 puntos de vida sin sobrepasar el máximo de 100. La vida se renueva en cada nivel (y perder toda la vida es equivalente a caer en una trampa o perder una pelea, entonces comienza el mismo nivel otra vez).

- Ahora hay **cambios de texturas** en las paredes de los niveles, para dar sensación de estar en distintos ambientes (habían observaciones relacionadas al respecto).
- Se diseña actividad de **plano cartesiano** pero no se implementa aún. El propósito es ver un poco de traslación de una forma distinta, así que se discute durante la semana con educadoras diferenciales para incluirla en el instrumento de evaluación de impacto.
- Se usa terminología "cuarto de giro" para referirse a giros en el laberinto, que tiene que ver con terminología de orientación y movilidad para personas con discapacidad visual.

Semana 4 (14 a 20 de Noviembre 2016):

Evaluación:

- Se realizan pruebas con usuarios finales los días 14, 15.
- Pre-Evaluaciones de impacto 14, 15 y 17.
- Los **acertijos** con quitar vida funcionan bien, se reducen las adivinanzas.
- Terminología nueva se entiende (para ubicación en laberinto).

Diseño e implementación:

- Para la versión final se decide **quitar aún más puntos de vida** en respuestas incorrectas, para evitar aún más las adivinanzas (restar 10 resultaba poco en ocasiones).
- Se implementa actividad del **plano cartesiano**. El usuario debe poner piedras mágicas en ciertas ubicaciones del plano, y además se le explica cómo funciona.

Semana 5 (21 a 27 de Noviembre 2016):

Evaluación:

- Post-Evaluaciones días 22 y 23, y sesiones de juego asociadas)
- Entrevista 2, a alumno de educación diferencial que realiza tesis relacionada. Se concluye que la demo puede **resultar un poco rápida** (rápida en introducción de elementos del juego), pero como el juego final es más gradual está todo bien.

- La actividad de **plano cartesiano** es bien recibida y entendida.

Diseño e implementación:

- En este momento el juego se encuentra en una forma que se puede considerar final, se concertaron reuniones con usuarios expertos la semana siguiente para realizar las **evaluaciones heurísticas**.

Semana 6 (28 de Noviembre a 1 de Diciembre 2016)

- Evaluaciones heurísticas el día 30 de Noviembre.

Diseño e implementación:

- Se hacen algunas revisiones según lo indicado por usuarios heurísticos (instrucciones, superposición de voces en actividad de plano cartesiano).
- Afinados los últimos detalles el videojuego se da por **terminado**.

Capítulo 6

Validación y Evaluación de Usabilidad

Capítulo 6

Validación y Evaluación de Usabilidad

En este capítulo se tratará en detalle las evaluaciones realizadas y sus resultados. El enfoque de las evaluaciones fue principalmente el de ver que el software era apto para poder ser utilizado con personas con discapacidad visual, ya sea esta de visión parcial o ceguera, de manera relativamente autónoma, es decir, una vez puesto el videojuego el usuario puede desenvolverse en él de manera autónoma contando con el conocimiento de las interfaces.

Además se analizarán los resultados de las distintas evaluaciones, para ver si se pudo cumplir con el objetivo general tratado en el punto 1.7, construir un videojuego educativo que sea un apoyo para el aprendizaje de los conceptos geométricos de rotación, traslación y reflexión.

Es importante realizar una evaluación de usabilidad adecuada, ya que los usuarios finales deben poder utilizar el videojuego y sentirse cómodos con él. Siempre puede haber diferencia en cómo un desarrollador piensa las interfaces para su uso y cómo finalmente entiende el usuario final éstas interfaces e interactúa con el software mediante ellas.

6.1. Versión del Videojuego

Para los distintos estudios de usabilidad e impacto realizados se utilizó una versión reducida del videojuego. La versión del videojuego completo consta de once niveles, en los que se van introduciendo de a poco las acciones y elementos de exploración, es decir, el videojuego empieza con un nivel uno que es sólo un pasillo y en niveles siguientes se le enseña a girar y orientarse en el laberinto, los niveles de rotación, traslación y reflexión contienen menos preguntas.

La versión reducida cuenta con todos los acertijos que tiene el videojuego principal, pero se prescinde de elementos de historia más allá de la introducción y fin de la historia del videojuego. El detalle de los niveles de esta misión reducida son (también tratados en el punto 4.1.3):

- **Nivel 1, Orientación:** En este nivel el usuario aprende a moverse y orientarse en el laberinto, en cómo interactuar con las intersecciones de caminos y en cómo saber si se está acercando a la puerta final del nivel.
- **Nivel 2, Rotación 1:** En este nivel se presenta la mecánica de acertijos y se encuentran los acertijos de rotación 1, 2 y 3. Además si el usuario se desvía del camino puede conocer el objeto trampa del juego.

- **Nivel 3, Rotación 2:** El laberinto de este nivel es más sencillo. Es un nivel rápido que sirve para introducir el objeto "Tesoro" y los acertijos 4 y 5 de rotación, que si hubiesen sido puestos en el nivel anterior hubiesen sido muchas cosas muy rápido (aunque sea una versión reducida se debió tener cuidado de no sobrecargar al usuario). Cerca de la puerta de salida del nivel se encuentra la actividad correspondiente al **plano cartesiano**, para introducir los niveles de traslación.

- **Nivel 4, Traslación:** Este nivel más laberíntico (más extenso y con más intersecciones y giros) que los anteriores, posee los acertijos 1, 2, 3, 4 y 5 de traslación.

- **Nivel 5, Reflexión:** Un nivel con varios pasillos como el de traslación, pero en este se encuentran preguntas 1, 2, 3, 4 y 5 de reflexión. Además en este nivel se encuentra un monstruo para introducir la mecánica de las peleas del videojuego.

- **Nivel 6, Prueba Final:** este nivel es un pasillo con sólo dos curvas. En él se encuentran tres preguntas, la pregunta final de rotación, la pregunta final de traslación y la pregunta final de reflexión (que son más difíciles que las vistas en sus respectivos niveles), para evaluar contenidos tratados en el juego. Superado esto se encuentra la pelea con el jefe final y la puerta para terminar el juego.

En general, se le hablaba al usuario un poco del videojuego y se le daba la instrucción de que jugara un "juego nuevo", es decir, desde el principio, y que comentara cualquier cosa que deseara o pregunta que tuviese. El usuario se ponía los audífonos y se le daba el control de Xbox 360, luego el evaluador ejecutaba el videojuego y el usuario debía realizar lo pedido. El detalle de lo que se pedía se verá en cada tipo de evaluación realizada.

6.2. Equipo e Interfaces utilizadas

Para todos los estudios realizados se utilizaron los siguientes elementos:

- Computador portátil HP Pavilion DV6-6124CA[83], con sistema operativo Windows 8.1 y versión de Unity instalada 5.2.2f1.
- Auriculares Gamer EACH G400[84], usaban la entrada de input/output de audio del equipo.
- Control Alámbrico USB de Xbox 360[81], fabricado por Microsoft Corporation.

En las referencias se pueden encontrar enlaces a los elementos utilizados.

6.3. Cuestionarios y procedimiento

A continuación se presenta cada evaluación realizada y el procedimiento de aplicación.

6.3.1. Cuestionario de Usuario Final

Este instrumento corresponde a la "Pauta de Usabilidad de Videojuegos"[55] utilizada en el ramo CC6502, Taller de Usabilidad de Interfaces de Software. El nombre completo de este instrumento es "Pauta Resumida de Evaluación para el Usuario Final Destinada a Evaluar la Usabilidad de Software para Niños Ciegos".

6.3.1.1. Composición del instrumento

El instrumento se compone de dos partes, la primera parte son 20 aseveraciones evaluadas con escala Likert, es decir, con una escala del 1 al 10 dependiendo de qué tan de acuerdo está con la aseveración, dónde 1 es Poco y 10 Mucho. Las aseveraciones son:

1. Me gusta el videojuego.
2. El videojuego es entretenido.
3. El videojuego es desafiante.
4. El videojuego me hace estar activo.
5. Volvería a jugar con el videojuego.
6. Recomendaría este videojuego a otros niños/jóvenes.
7. Aprendí a jugar con este videojuego.
8. El videojuego tiene distintos niveles de dificultad.
9. Me sentí controlando las situaciones del videojuego
10. El videojuego es interactivo.
11. El videojuego es fácil de utilizar.
12. El videojuego es motivador.
13. El videojuego se adapta a mi ritmo.
14. El videojuego me permitió entender nuevas cosas.
15. Me gustan los sonidos del videojuego.
16. Los sonidos del videojuego son claramente identificables.
17. Los sonidos del videojuego me transmiten información.
18. Me gustan las imágenes del videojuego.
19. Las imágenes del videojuego son claramente identificables.
20. Las imágenes del videojuego me transmiten información.

Las últimas tres aseveraciones sólo se preguntaban a usuarios finales que no tuviesen ceguera. La siguiente parte del instrumento consistía en cinco preguntas abiertas:

- 1.- ¿Qué te gustó del videojuego?
- 2.- ¿Qué no te gustó del videojuego?
- 3.- ¿Qué agregarías al videojuego?
- 4.- ¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?, ¿Qué otros usos le darías al videojuego?
- 5.- Observaciones o comentarios.

6.3.1.2. Muestra

La muestra para el cuestionario de usuario final correspondió a 12 usuarios finales pertenecientes al Colegio Hellen Keller (ubicado en la comuna de Ñuñoa en Santiago), y principalmente al Colegio de Ciegos Santa Lucía (ubicado en la comuna de La Cisterna de Santiago).

Los usuarios finales de la muestra tenían edades entre 10 y 14 años de edad (cursando entre 5º y 8º de enseñanza básica), de los cuáles 10 eran hombres y 2 mujeres. Dentro del grupo de hombres, 4 presentaban ceguera, y los otros 8 usuarios finales presentaban visión parcial.

6.3.1.3. Tarea realizada

A los usuarios se les pide jugar un "juego nuevo" (empezar desde el principio) y comentar cualquier cosa que piensen o cualquier duda que tengan. La sesión duraba entre 30 y 40 min, hasta que el usuario debía volver a clases o completaba el videojuego.

6.3.1.4. Procedimiento

Se sentó al usuario final frente al equipo con los auriculares y el joystick. Se le explicó de qué se trataba más o menos el juego y en qué consistiría la experiencia. Se le consulta si está familiarizado con el joystick, si no se le explican la ubicación de los botones (el usuario de todas formas podía consultar con el evaluador). Se le pasaban los auriculares y el joystick, se le decía "ahora pondremos el juego, debes iniciar un juego nuevo" y se ejecutaba el videojuego. Durante la experiencia se tomaba nota de lo que decía el usuario o sobre ciertos comportamientos o dificultades con el videojuego. Una vez terminada la sesión de juego se procedía a completar el cuestionario de usuario final. Se le explicaba al usuario de qué trataba y se iban realizando las preguntas.



Figura 29: Usuario final jugando el videojuego GeoAudioWizard (Colegio de Ciegos Santa Lucía).



Figura 30: Usuario final jugando el videojuego GeoAudioWizard (Colegio de Ciegos Santa Lucía).



Figura 31: Usuario final jugando el videojuego GeoAudioWizard (Colegio de Ciegos Santa Lucía).



Figura 32: Usuario final jugando el videojuego GeoAudioWizard (Colegio de Ciegos Santa Lucía).



Figura 33: Usuario final jugando el videojuego GeoAudioWizard (Colegio de Ciegos Santa Lucía).



Figura 34: Usuario final jugando el videojuego GeoAudioWizard (Colegio de Ciegos Santa Lucía).



Figura 35: Usuario final jugando el videojuego GeoAudioWizard (Colegio de Ciegos Santa Lucía).

6.3.2. Entrevistas

Para la entrevista no se llevaron preguntas pre-hechas, si no que la idea era una conversación entre el entrevistado y el evaluador del videojuego. Los entrevistados son personas que tienen que ver con la docencia y que eventualmente podrían utilizar el videojuego como apoyo a sus actividades docentes, por eso es bueno ver qué piensan al respecto.

6.3.2.1. Muestra

Los participantes de las entrevistas fueron 2. El primero fue un docente de Matemáticas que se encontraba realizando su tesis en C5[78], el segundo fue un estudiante de educación diferencial, que estaba evaluando utilizar el videojuego de la presente memoria para su propia tesis, orientada al uso del videojuego en un ambiente pedagógico.

6.3.2.2. Tarea realizada

En la primera entrevista más que sólo observar al usuario, la idea era discutir algunas cosas del juego que le llamaran la atención mientras jugaba. La primera entrevista buscaba mejorar las expresiones utilizadas en los acertijos para que fuese más claro, aparte de conocer las opiniones del docente de matemáticas respecto al videojuego.

En la segunda entrevista, se le dejó al usuario jugar el juego completo y luego se hablaría sobre su experiencia.

6.3.2.3. Procedimiento

El procedimiento fue presentar el videojuego a los usuarios y su fin. Mientras jugaban se realizaba observación y se tomaba nota de comentarios y si quedaban dudas (si el evaluador tenía dudas de algo que se dijo, o el usuario tenía alguna duda respecto al juego), se preguntaba y se tomaba notas. En la primera entrevista se llegó hasta el nivel 4, que era suficiente para revisar el tema de las expresiones utilizadas en los acertijos. Para la segunda entrevista, el usuario jugó todos los niveles del videojuego.

6.3.3. Evaluación de Impacto (usabilidad)

Este instrumento corresponde al documento de evaluación de impacto diseñado por las educadoras diferenciales tomando en cuenta las actividades del videojuego y la evaluación de otras habilidades que son evaluadas en el documento original. El instrumento tiene como nombre "Instrumento de evaluación de habilidades matemático geométricas y de representación mental para niños y niñas con discapacidad visual entre 11 y 13 años" [64].

6.3.3.1. Composición del instrumento

La primera página del instrumento es para anotar datos relativos al usuario al que se le realizará la evaluación de impacto. Luego el instrumento posee 4 ítems que son para evaluar 4 grandes temas. En cada ítem hay un set de indicadores con un espacio para anotar los resultados observados en pre-evaluación y post-evaluación. Los resultados posibles para un indicador, cómo se señala en la primera página del instrumento, son:

- Logrado (L) si al momento de realizar la evaluación, la actividad puede ser realizada en su totalidad con independencia.
- En Proceso (EP) si al momento de la evaluación, puede realizar la actividad sólo parcialmente.
- No Logrado (NL) si al momento de la evaluación, es incapaz de realizar la actividad.

Numéricamente corresponden a 2, 1 y 0 respectivamente. Los ítems e indicadores del instrumento son los que siguen:

I. Habilidades sensoperceptivas hápticas y auditivas

a) Comprensión de indicadores táctil-kinestésicos

1. Identifica táctilmente en tarjetas, siete texturas: suave liso rugoso, áspero frío, húmedo, blando.

2. Percibe y clasifica 6 láminas según grosor de relieve.
3. Percibe y empareja cuatro láminas según tamaño.
4. Identifica y reconoce diferencias en cuatro superficies.
5. Reconoce cuatro cambios de nivel en láminas.
6. Localiza tres diseños específicos, según referencias verbales entregadas por el evaluador.
7. Reconoce cinco figuras geométricas según su contorno: círculo, triángulo, rectángulo, cuadrado, pentágono.

b) Comprensión de indicadores auditivos

1. Escucha y comprende indicaciones, diálogos y preguntas
2. Identifica y asocia sonidos de error, correcto, incorrecto, ítem.
3. Identifica y señala sonidos de giro a la derecha, giro a la izquierda, pasos, desplegar bastón
4. Identifica y nombra al menos cinco sonidos icónicos del juego: fuego, viento, agua, arcano, tierra, naturaleza
5. Identifica y nombra al menos cinco sonidos icónicos del laberinto: warp, suspiro, rayo, estrella, victoria.
6. Localiza y se orienta hacia la procedencia de cinco sonidos
7. Reconoce sonido cercano y lejano

II. Mapas mentales de comprensión y competencias geométricas.

1. Identifica al menos dos características geométricas en cuatro figuras: triángulo, rectángulo, cuadrado y rombo.
2. Reconoce tres cuerpos geométricos a partir de figuras geométricas.
3. Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar traslación.
4. Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar rotación.
5. Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar reflexión.
6. Describe e identifica la posición espacial de al menos cuatro puntos, según sus coordenadas, en plano cartesiano
7. Ubica tres puntos en el plano cartesiano, a partir de coordenada entregada.
8. Identifica trayectoria y nueva posición de cuatro puntos en el plano cartesiano.

III. Conceptos y habilidades de O&M (Orientación y Movilidad)

1. Explica conceptos de: esquina, cruce, obstáculos, espacio abierto, espacio cerrado, línea de edificación
2. Explica conceptos de: desnivel, línea recta, vertical, horizontal, diagonal, paralelo
3. Describe y aplica: encuadrarse, alinearse, arco, ritmo, rastreo, técnica de Hoover y bastón corto.

4. Describe y aplica 1/4 giro, 1/2 giro, sistema de reloj, punto de referencia, rodear.
5. Explora espacio interior desconocido usando patrón de rastreo.
6. Se orienta a partir de hitos en lugar recién conocido.
7. Mantiene orientación con puntos cardinales o hitos en un recorrido.
8. Describe sistema de ecolocalización.

IV. Razonamiento espacial

1. Reconoce y selecciona: izquierda, derecha, arriba, abajo, al lado-al frente-atrás en sí mismo y en relación a objetos.
2. Explica y selecciona: antes, después, ahora, aquí, allá, cerca, lejos.
3. Explica conceptos de día, tarde, noche, segundo, minutos, horas, ayer, mañana.
4. Asocia momento del día con actividades.
5. Elige punto de referencia e indica cuatro puntos cardinales: norte, sur, este y oeste, en interior y exterior.
6. Estima tiempo en relación a distancia de cerca y lejos, con ejemplos.
7. Establece su cuerpo como referencia espacial.

6.3.3.2. Muestra

Los participantes de la evaluación de impacto fueron usuarios finales del Colegio de Ciegos Santa Lucía (ubicado en la comuna La Cisterna de Santiago). El Pre-test se realizó con 5 usuarios, pero el post-test sólo se pudo realizar con 2 (esto debido a que se necesitaban al menos dos sesiones con cada uno, y la asistencia de los niños fue irregular durante el último periodo de clases). Eran todos hombres, 2 con ceguera y 3 con visión parcial entre 11 y 13 años (cursando entre 5º y 8º de enseñanza básica). De los que completaron la evaluación (realizaron post-test) uno tenía visión parcial y el otro ceguera.

6.3.3.3. Tareas realizadas

La evaluación se dividió en tres tareas que seguían el siguiente orden:

- 1.- Pre-Evaluación
- 2.- Uso del videojuego
- 3.- Post-Evaluación

En la Pre y Post Evaluación se hizo uso del instrumento de evaluación y material didáctico relacionado. En el Uso del videojuego se le pidió al jugador utilizar el software y jugar todas las etapas de la demo que se había estado desarrollando (era la versión final de la demo, que incluía la actividad de plano cartesiano), y que consultara si tenía dudas pero la idea era que pudiera lograr completar el juego sin ayuda.

6.3.3.4. Procedimiento

Todos los materiales utilizados en esta evaluación fueron elaborados por las educadoras diferenciales.

- Primero se realizaba la Pre-Evaluación

Para el Ítem I se utilizaron tarjetas que tenían distintas texturas, relieves y formas, para su uso en la evaluación, y también grabaciones de sonidos del videojuego.

Para el Ítem II se utilizaron tarjetas de goma Eva con las figuras a evaluar y un plano cartesiano donde la grilla poseía relieve y el evaluado ponía piezas o las interpretaba (se utilizaron dados de variados números de caras para diferenciar los puntos).

Para el Ítem III Se le decía al evaluado que realizara las acciones y explicara qué era lo que estaba haciendo para verificar que estaba familiarizado o qué tan familiarizado estaba con los conceptos de orientación y movilidad.

Para el Ítem IV de razonamiento espacial se hizo preguntas al evaluado respecto de él y de algunos lugares del Centro Educacional para que los usara como referencia.

- Luego de la Pre-Evaluación había una sesión donde el usuario juega todos los niveles de la demo (en su versión final, luego de haber sido modificada con todo lo observado y recopilado durante las evaluaciones de usabilidad).

- Finalmente se realizó otra sesión para efectuar la Post Evaluación, que es igual a la Pre-Evaluación, pero luego de haber jugado el videojuego. Cada una de las actividades anteriores tomaba alrededor de 40 minutos.



Figura 36: Usuario participando en evaluación de usabilidad de impacto (Colegio de Ciegos Santa Lucía).

6.3.4. Pauta de Evaluación Heurística

Este instrumento es el utilizado para la evaluación del videojuego por parte de usuarios que son expertos en usabilidad. El nombre del instrumento es "Evaluación Heurística de Videojuegos Educativos"[56].

6.3.4.1 Composición del instrumento

El instrumento se divide en dos partes. En la primera parte el instrumento presenta aseveraciones agrupadas por heurísticas, en que donde el evaluador (un usuario experto en usabilidad) debe marcar su grado de aceptación respecto a la aseveración: Muy de acuerdo, De acuerdo, Neutro, En Desacuerdo, Muy en Desacuerdo, No Aplica. Numéricamente estas opciones son representadas como 5, 4, 3, 2, 1 y 0 respectivamente, además la heurística XIII es especial, porque es una pregunta de alternativa A, B o C. Las heurísticas y aseveraciones son:

I. Inteligencia del Juego

1. El videojuego provee situaciones establecidas que son no esperadas por el jugador.
2. El videojuego se adapta de acuerdo a la interacción con el jugador generando distintas situaciones.
3. La complejidad del videojuego es suficiente para que no sea obvia ni predecible por el jugador.

II. Historia del Juego

1. El videojuego provee una historia o secuencia de acciones distinguibles y entendibles por el jugador.
2. El videojuego incita al jugador a conocer e ir descubriendo la historia.
3. El jugador ocupa tiempo en pensar cómo resolver el problema presentado en el videojuego.
4. El videojuego envuelve emocionalmente al jugador (generando miedo, alegría, etc.).
5. El videojuego posee distintas variantes sobre cómo el jugador terminará el juego.

III. Medios

1. Las imágenes y videos utilizados son atractivos, reforzando la interacción del jugador con el videojuego.
2. Los recursos multimedia utilizados son atractivos, reforzando la interacción del jugador con el videojuego.
3. El sonido mejora el entendimiento de las situaciones.

4. Los recursos multimedia utilizados transmiten información relevante al juego.

IV. Control y Feedback del videojuego

1. El videojuego permite al jugador realizar distintas acciones con los objetos o personajes presentados.
2. El videojuego indica claramente cuándo una acción no es posible de ser realizada.
3. El jugador reconoce el efecto de sus acciones en el videojuego.
4. El videojuego provee feedback inmediato de las acciones del jugador.
5. El feedback provisto entrega al jugador ayuda para comprender los contenidos, habilidad o valores tratados en el videojuego.
6. El feedback provisto incentiva al jugador en la profundización del contenido, habilidad o valores tratados en el videojuego.
7. El feedback provisto ayuda a seguir y entender mejor el videojuego.

V. Dificultad

1. El videojuego posee distintos niveles de dificultad.
2. El videojuego posee distintas metas por cada nivel de dificultad.
3. La dificultad del videojuego es creciente según le tiempo de uso.

VI. Ayudas

1. El videojuego posee indicaciones, pero no demasiadas.
2. Las indicaciones que provee el software son relevantes al contexto de la historia del juego.
3. Las ayudas del videojuego son indicaciones, pero no proveen la solución a los problemas planteados.

VII. Atención

1. El videojuego provee situaciones que exigen al jugador en atención.
2. Los avances en el videojuego incitan al jugador a realizar nuevas acciones.
3. El videojuego provee estimulación multisensorial que mantiene al jugador informado sobre la interacción realizada.

VIII. Interfaz de Input

1. Las interfaces físicas utilizadas proveen de mecanismos que facilitan la interacción de acuerdo al videojuego.
2. Las interfaces físicas utilizadas poseen simbología Standard.
3. El videojuego utiliza combinaciones de acciones en la interfaz física utilizada de manera sencilla para el jugador.

IX. Metáfora

1. La metáfora utilizada en el videojuego se relaciona coherentemente con los objetivos y contenidos educativos integrados.
2. La metáfora ayuda a motivar y a involucrar al jugador en el videojuego.
3. El tipo de videojuego es acorde a los objetivos educativos que se plantean.

X. Contenido

1. Los conceptos utilizados son coherentes con el contenido educativo del videojuego.
2. Los problemas presentados en el videojuego se relacionan consecuentemente con el contenido educativo.
3. El videojuego es coherente en contenidos con el currículum escolar.

XI. Lenguaje

1. El lenguaje utilizado es coherente a los contenidos tratados en el videojuego.
2. El lenguaje es entendible para el jugador.
3. El lenguaje es acorde a la edad del jugador.

XII. Modelo de usuario

1. El videojuego integra un sistema de estimación del nivel de aprendizaje del jugador durante su interacción.
2. El videojuego provee al usuario de información sobre los contenidos tratados y con qué rendimiento los ha revisado.

XIII. Cómo clasificaría de manera global el Videojuego

A. Videojuego educativo (Tiene explícitamente intencionalidad educativa, indicando contenidos, habilidades, valores que puedan ser desarrollados o abordados a partir del videojuego).

B. Videojuego no Educativo pero es posible utilizarlo de ese modo (Aunque no tiene una intencionalidad explícita, el videojuego permite su uso en un contexto educativo para el trabajo de contenidos, desarrollo de habilidades o desarrollo de valores).

C. Videojuego no Educativo (Videojuego sin intención educativa, sólo de entretenimiento).

XIV. Potencial educativo

1. El videojuego permite la discusión sobre valores para el desarrollo de un juicio ético sobre algún tema abordado por el videojuego.

2. El videojuego permite desarrollar habilidades tales como resolución de problemas, orientación y movilidad, trabajo colaborativo, etc.
3. El videojuego permite trabajar contenido tal como ciencia, historia, lenguaje, matemática, etc.

La segunda parte son dos preguntas abiertas, para que el experto pueda expresarse un poco más sobre lo que piensa. Las preguntas son:

- a) Justifique su respuesta (en relación a lo respondido hasta el momento)
- b) Sugerencias de uso pedagógico (Sector de aprendizaje, nivel, actividades que sean posibles de ser desarrolladas, contenidos, habilidades que son posibles de ser abordadas, etc.).

6.3.4.2. Muestra

Los usuarios expertos que participaron de la evaluación heurística son estudiantes de pre-grado de Ingeniería en Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile que pertenecen al rango etario de entre 20 y 25 años. Su calidad de expertos en usabilidad se debe a haber cursado y aprobado los ramos relativos a usabilidad que existen (CC5504 Interface Humano Computador, CC6501 Taller de Interacción Humano-Computador y CC6502 Taller de Usabilidad de Interfaces de Software). Fuera del conocimiento de usabilidad de interface que poseen los expertos también poseen la experiencia de haber trabajado con software para usuarios con discapacidad visual en el ramo CC6501 Taller de Interacción Humano Computador, así que pudieron hacer uso de esa experiencia al momento de evaluar.

6.3.4.3. Procedimiento

- Primero se le muestra al usuario experto el instrumento que utilizará para realizar la evaluación, para aclarar dudas que pueda tener o que las preguntas no lo sorprendan de alguna manera.
- Luego se deja al usuario final con el videojuego y el equipamiento, de modo que utilice y explore el juego cómo mejor le parezca para su evaluación heurística. Se observa y toma notas de lo que dice o algunas acciones que pueden resultar relevantes.
- Luego de jugar todos los niveles del videojuego el usuario experto procede a rellenar la pauta de evaluación heurística con sus impresiones del software.

6.4. Resultados y Análisis

Ahora que se ha explicado la metodología es pertinente señalar los resultados, que permitirán a su vez verificar qué tan bien el software desempeña su tarea.

6.4.1. Resultados de Cuestionario de Usuario Final

Los promedios de resultados de las aseveraciones (las aseveraciones están descritas en el punto 6.3.1.1.) en la escala Likert son los siguientes:

Aseveración	Promedio	Aseveración	Promedio
1	8,50	11	8,67
2	8,92	12	8,17
3	7,00	13	8,17
4	8,25	14	8,08
5	8,75	15	8,92
6	9,17	16	9,08
7	8,42	17	8,92
8	5,83	18	9,75
9	7,42	19	10
10	8,67	20	9

Tabla 10: Promedio por Aseveración de Cuestionario de Usuario Final.

Para poder apreciar mejor estos resultados se presentan gráficos con estos promedios ordenados de mayor a menor.

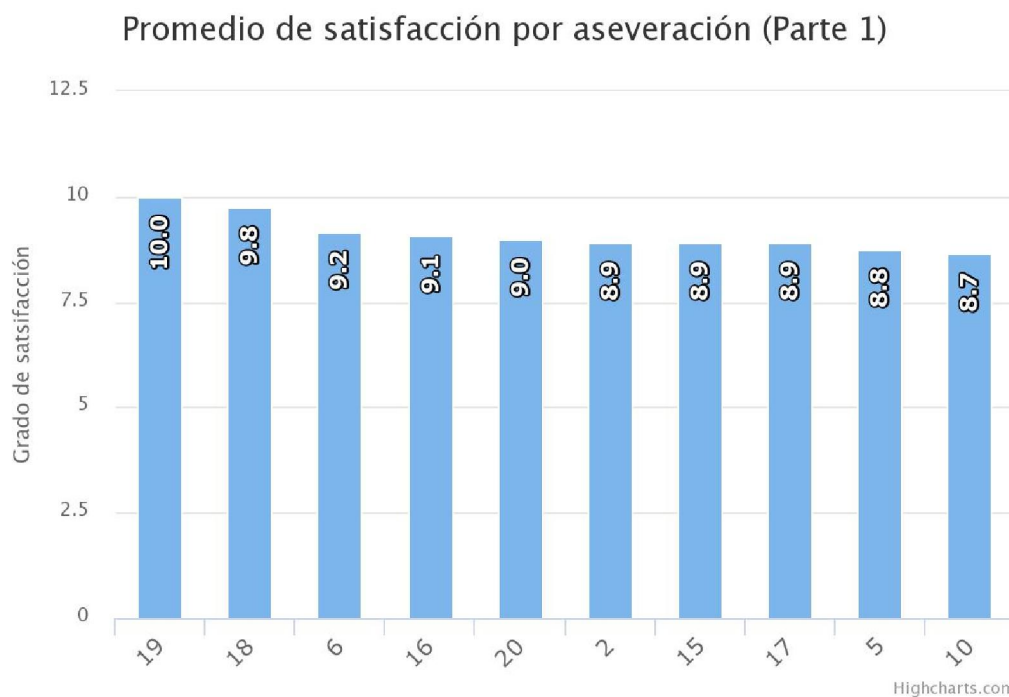


Figura 37: Gráfico Promedio de Satisfacción por aseveración Parte 1, Cuestionario de Usuario Final

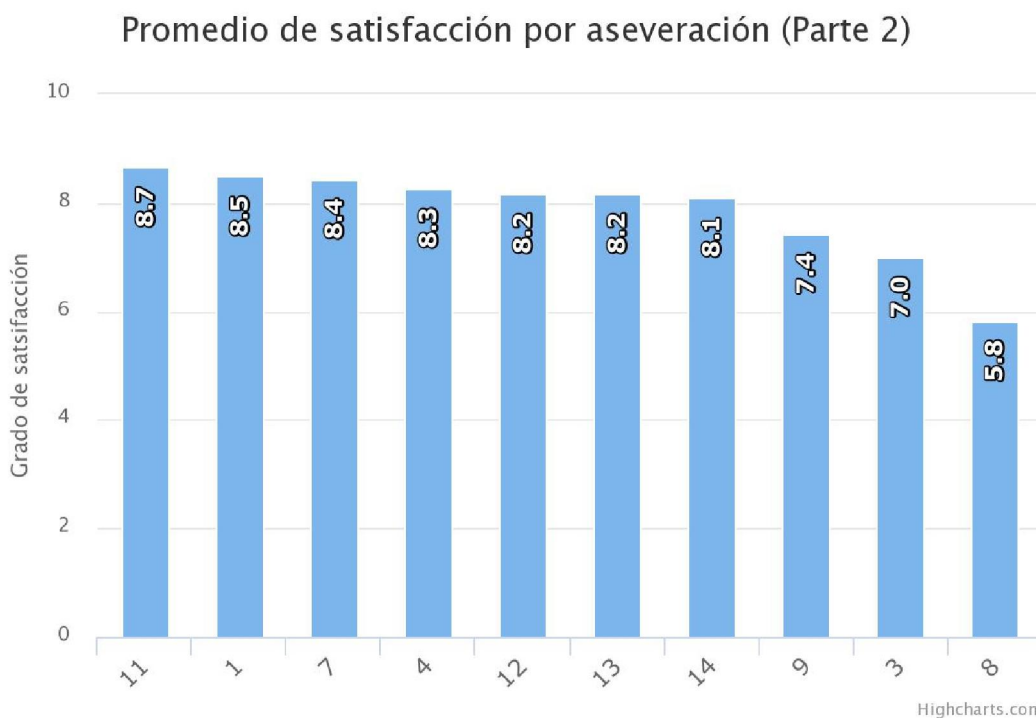


Figura 38: Gráfico Promedio de Satisfacción por aseveración Parte 2, Cuestionario de Usuario Final

El detalle de cada pregunta es posible de ver en los Anexos D y E.

- Análisis de resultados aseveraciones

Sobre el resultado, las aseveraciones se ven bastante bien, los promedios son altos (por sobre 7, que era uno de los criterios de aceptación), aunque existe uno "bajo" (qué aún está por encima de la neutralidad que es 5,5) que es la aseveración 8. "El juego tiene distintos niveles de dificultad". Primero destacar el punto 19 que tuvo una calificación de 10, que es la aseveración 19. "Las imágenes del videojuego son claramente identificables". Lo anterior dice, que los usuarios que presentaban visión parcial eran capaces de diferenciar lo que se mostraba en campaña (por medio de la utilización de formas y contrastes), lo que es bueno considerando que también sentían que estas imágenes les transmitían información (aseveración 20 con promedio 9, "Las imágenes del videojuego me transmiten información) y que gustaron de las imágenes utilizadas (aseveración 18 con promedio 9.8, "Me gustaron las imágenes del videojuego").

Otra aseveración alta fue la número 6, "Recomendaría este videojuego a otros niños/jóvenes" con 9.2, lo que quiere decir que les gustó lo suficiente para recomendarlo a otras personas (es difícil recomendar algo que no les gusta), además la aseveración 1 "Me gusta el videojuego" también fue alta pero no entre las más importantes (con 8.5).

Una aseveración fundamental, y que aplicaba a todos los usuarios (ya que las más altas mencionadas al comienzo sobre las imágenes no aplicaba a usuarios con ceguera), es la aseveración 16 "Los sonidos del videojuego son claramente identificables" que tiene un promedio de 9.1 (la cuarta más alta) lo que quiere decir que realmente se podían diferenciar los sonidos del videojuego (que era parte fundamental del software) y que además en conjunto con la aseveración 17 "Los sonidos del videojuego me transmiten información" que posee un promedio de 8.9, deja en evidencia que los usuarios están cómodos con el feedback de sonido y que obtienen información de él, así que pueden jugar utilizando este feedback.

Ahora volviendo a la aseveración especial, que tiene un bajo promedio, la 8 "El videojuego tiene distintos niveles de dificultad" con un 5.8 se puede deber a qué entiende el usuario como nivel de dificultad. Para algunos podría ser el poder seleccionar la dificultad "entre fácil, normal o difícil", y para otros la percepción pudo ser que cada "etapa del laberinto" (a lo que se refiere en esta memoria como niveles del juego) eran los niveles de dificultad, o tal vez no se percibía el aumento de dificultad en las preguntas al cambiar los tópicos. Estos distintos puntos de vista que se podían generar (y se generaron, luego de consultar una vez realizado el cuestionario) es lo que pudo crear la diferencia de opiniones. Desde el punto de vista de seleccionar dificultad, eso es algo que no se pensó en implementar, pero desde el punto de vista de que hay niveles en los que la dificultad del juego aumenta gradualmente, es algo que si está. Pero aún así no es relevante

para el tema principal que es que el usuario pueda jugar correctamente el videojuego utilizando el feedback provisto.

Sobre las preguntas abiertas se señalarán los ámbitos más relevantes de cada una a continuación (los detalles se pueden consultar en los Anexos F y G):

1.- ¿Qué te gustó del videojuego?

La mayoría de los comentarios hace referencia a que lo que más les gustó del videojuego fue que fuese "entretenido". También mencionaron que les gustaba que fuese "desafiante", pues ponía a prueba su intelecto.

2.- ¿Qué no te gustó del videojuego?

En esta parte 4 usuarios respondieron que no había nada en particular que no les gustara. Algunos usuarios al comienzo comentan que era difícil entender los acertijos y que era todo el rato lo mismo.

3.- ¿Qué agregarías al videojuego?

Aquí también, en uno de los primeros dijo que "aclarar los acertijos". Después las respuestas variaban según las preferencias de los usuarios, pero eran principalmente algunas actividades (como puzzles o integrar un juego de carreras), o algunas mejoras en algunos detalles (como el que aparezca el personaje en tercera persona, que hubieran más pasillos en el laberinto, o agregar acertijos por ejemplo).

4.- ¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?, ¿Qué otros usos le darías al videojuego?

Entre las respuestas se ve que los niños captan la idea de que el juego es para las transformaciones geométricas, pero se repite mucho que puede servir para orientación.

5.- Observaciones o Comentarios

En esta pregunta (que respondieron cinco usuarios) principalmente recalcaron lo que les gustó del videojuego. Uno de los usuarios menciona que le hubiese gustado que "fuese de día".

- Análisis de preguntas abiertas

En general sobre las preguntas abiertas el software se muestra bien, se ve aceptación. Para lo que se mencionó en qué no les gustó del videojuego "la dificultad de los acertijos" eso fue antes de la revisión de cómo decir los

acertijos y ponerlos en orden gradual, con lo que se espera que se solucione (después de eso no hubo reclamos particulares contra los acertijos). Pensando en el usuario que sentía que era siempre lo mismo y algunos que durante la observación comentaron que les gustaría cambio de ambientes. El hecho de poner finalmente cambio de texturas en las paredes al avanzar y agregar la actividad del plano cartesiano da la sensación de tener más ambientes y disminuye esta preocupación. Sobre agregar más actividades es algo que se puede evaluar a futuro.

6.4.2. Resultados de entrevistas

Las entrevistas tenían sólo un fin orientador más que evaluar cuantitativamente el software, pero aún así algo se pudo rescatar de cada una.

- **Entrevista 1:** Clarificar el cómo mejorar los textos de los acertijos y la posibilidad de agregar otras actividades a futuro. También la idea de poder agrupar los contenidos en sesiones de juego, pero esto último no fue trabajado.

- **Entrevista 2:** El juego está bien, es entretenido e interesante, pero a veces siente que el juego es muy rápido, podría ser más gradual. Se aclara que en la versión completa hay más gradualidad.

6.4.3. Resultados Evaluación de Impacto (Usabilidad)

Aunque no se pudo completar todas, se pueden analizar las 2 que sí fueron completadas. Los resultados en detalle se encuentran en los Anexos H y L.

	I		II		III		IV	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
S1	24	28	9	15	7	12	10	13
S10	24	26	7	12	10	11	13	14

Tabla 11: Resultados Totales de Pre y Post Evaluación de Impacto por Ítem

Ya que lamentablemente no se pudieron hacer muchas evaluaciones de impacto por el enorme tiempo que requerían (cantidad de sesiones) y la disponibilidad de los usuarios finales en el período de fin de clases en el Colegio, sólo se cuenta con dos resultados completos.

S1 corresponde a un usuario con ceguera y S10 a uno con visión parcial.

Observando los totales entre pre y post test se ve que se cumple el requerimiento de aceptación, que no bajaran las puntuaciones (que significaría que se produjeron confusiones o no se logró transmitir la información correcta, es decir hubo un aprendizaje erróneo). Es más, los puntajes totales subieron algunos puntos.

El más importante de éstos ítems para la memoria podría ser el ítem II, relativo a "Mapas mentales de comprensión y competencias geométricas", que en ambos casos tuvo un aumento (4 puntos en el usuario con ceguera y 5 en el con visión parcial), lo que es un dato interesante.

Ahora bien, por la baja cantidad de datos es mejor tomar esto como una referencia de que se está bien encaminado, pero es recomendable en el futuro realizar más estudios de impacto en profundidad, para contar con datos más sólidos sobre el impacto.

6.4.4. Resultados de evaluación heurística

Aquí más que evaluar el promedio de todas las heurísticas es mejor rescatar algunas aseveraciones interesantes (Todas las heurísticas y aseveraciones están listadas en el punto 6.3.4.1.). El detalle de esta evaluación se encuentra en el Anexo M. Se marcan con (*) los mejores (promedio 5), y (**) los peores (promedio bajo 4).

Heurística	Promedio	Heurística	Promedio
I.	4,5	VIII.	4,83
II.**	3,5	IX.	4,83
III.	4,75	X.*	5
IV.**	3,86	XI.*	5
V.	4,83	XII.**	3,25
VI.	4,5	XIII.	A
VII.*	5	XIV.*	5

Tabla 12: Promedio por Heurística e Resultados de Evaluación Heurística

Partiendo el Análisis con la Heurística XIII. "Cómo clasificaría de manera global el Videojuego", en dónde los dos expertos están de acuerdo en la clasificación de Videojuego Educativo, lo que es un buen comienzo.

Las heurísticas en general están bien, sobrepasando el criterio de aceptación de un promedio mayor a 3,5 por heurística.

Las mejor calificadas son VII. "Atención", X. "Contenido", XI. "Lenguaje" y XIV. "Potencial educativo", los cuáles son importantes en un videojuego que espera desempeñarse como software educativo para personas con

discapacidad visual, en especial VII., X. y XIV., lo que es un buen indicador también para la evaluación del videojuego.

Un detalle para la XIV., la aseveración XIV. "El videojuego permite la discusión sobre valores para el desarrollo de un juicio ético sobre algún tema abordado por el videojuego", ambos expertos concuerdan en que "No aplica" (y por eso no fue considerada para el cálculo), lo que está bien, pues no era el enfoque del videojuego.

Ahora se debe hablar de las que poseen (**) que son II. "Historia del juego", IV. "Control y Feedback del videojuego" y XII. "Modelo de Usuario".

Primero, señalar que de éstas 3 (que son las peores evaluadas, aunque están por sobre la media 3, lo que es un buen indicador, significa que están en el sector de aseveraciones satisfactorias), sólo 1 está bajo el criterio de aceptación que corresponde a la aseveración XII., las otras dos son señaladas para discutir qué es lo que pasó con esas heurísticas.

Primero partir por la heurística que está bajo el criterio de aceptación, es decir la XII. "Modelo de Usuario". Esta heurística posee dos aseveraciones, XII.1. "El videojuego integra un sistema de estimación del nivel de aprendizaje del jugador sobre su interacción" y XII.2. "El videojuego provee al usuario de información sobre los contenidos tratados y con qué rendimiento los ha revisado", aquí la evaluación de H2 fue quien encontró los rendimientos bajos, un 1 para XII.1. y un 3 para XII.2., lo cual es comprensible, el videojuego no posee un sistema de estimación del nivel de aprendizaje, se asume que el avanzar en el juego representa que está avanzando en el aprendizaje, pero no se realiza una estimación explícita, y en XII.2. también, se menciona que los acertijos corresponden a cierto contenido, pero no se menciona que el nivel es de tal contenido y el rendimiento nuevamente es implícito, que el usuario tenga puntos de vida es indicador de que no ha fallado revisando el contenido, tal vez sea bueno implementar algún tipo de evaluación interna en el videojuego sobre los contenidos, algo más explícito, pero eso se escapa un poco de la finalidad del videojuego, que no es mantener un seguimiento exacto de los aprendizajes del jugador, tal vez esto se refleje en evaluaciones como las pruebas de la asignatura correspondiente.

Sobre la baja calificación en II. (promedio 3.5) puede deberse a que la versión reducida no cuenta toda la historia, sólo algunas partes, lo que explica el bajo rendimiento en esa heurística.

Y sobre IV. correspondiente a la heurística "Control y feedback del videojuego", (con promedio 3,86) las aseveraciones que bajan el promedio (bajo 4) son IV.1. "El videojuego permite al jugador realizar distintas acciones con los objetos o personajes presentados" (promedio 3.5) y IV.2.

"El videojuego indica claramente cuándo una acción no puede ser realizada" (con promedio 3). Sobre IV.1. se debió a que no había muchos más personajes aparte de Myr, Grommy y los monstruos, pero aún así está en un nivel aceptable (3.5).

En IV.2. un experto califica con nota 2 (el experto H2). Su calificación se debe a que cuando el usuario intenta retroceder, no hay nada que le señale que no puede retroceder (se pone un feedback luego de la evaluación heurística que dice que no puede retroceder) y que al tocar en una dirección y no hay nada, debería decir que hay camino libre (esto también se soluciona luego de la evaluación heurística, señalando "Hay camino"). Son detalles en los que ayudó a corregir la evaluación heurística.

Pero esto deja bien calificado por expertos, el videojuego, trabajando en los aspectos que expresaban debilidad, y se justifica en cuáles estaba débil, lo que no presenta un mayor problema para el desempeño del videojuego.

Hubiese sido problemático encontrar problemas severos de feedback, pero esto no fue así.

Sobre las preguntas abiertas no hay mucho más que agregar, ya que están alineadas con lo que se respondió en el resto de la heurística (sirven para ver concordancia entre las aseveraciones y lo que piensa el experto, o si había algún gran detalle que se pudo haber escapado).

Capítulo 7

Conclusiones

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. Resumen

Resumiendo, el trabajo realizado en esta memoria fue el desarrollo de un videojuego educativo para personas con ceguera o visión parcial, que hace uso intensivo del audio como interfaz para comunicarse con el usuario. Este desarrollo fue realizado en etapas y se hizo en conjunto con evaluaciones y pruebas realizadas con usuarios finales, cuidando fundamentalmente la usabilidad del software (No evaluación profunda de impacto). Un software que no es usable, por muy bueno que sea o tenga los mejores algoritmos, quedará en el olvido y no será utilizado por no haber tenido en cuenta a sus usuarios finales, en su desarrollo.

7.2. Objetivos alcanzados y no alcanzados

Para la evaluación de esta parte hay que recordar lo planteado en el punto 1.7, los objetivos, y en el punto 3, los criterios de aceptación.

Respecto al objetivo general de diseñar y desarrollar un videojuego educativo lo que se hizo fue efectivamente realizar el desarrollo de GeoAudioWizard, el videojuego serio para el apoyo del aprendizaje de los conceptos geométricos de rotación, traslación y reflexión en aprendices ciegos.

Para el desarrollo del videojuego se siguieron los requisitos de Usuario y de Software (señalados en los puntos 3.3.1. y 3.3.2.), además de asegurar las Características de calidad (punto 3.4.).

Es en los criterios de aceptación dónde hay que hacer una detención (señalados en 3.5.). Los criterios de aceptación correspondientes a los valores numéricos de la evaluación de impacto si fueron cumplidos (los que consistían en que en las evaluaciones no se disminuyera el puntaje de evaluación de cada ítem), sólo que hubiese sido deseable realizar más evaluaciones de impacto.

Sobre el criterio del cuestionario de usuario final en el que cada aseveración debía obtener un promedio de 7 o más fue alcanzado por 19 de las 20 aseveraciones. La aseveración que no lo alcanzó, corresponde a la número 8, "El videojuego posee distintos niveles de dificultad", que obtuvo un promedio de 5.8, pero como se discutió en el punto 6.4.1., esto puede deberse al punto de vista en cuanto a "qué son niveles de dificultad", y como se analizó es un valor aceptable dada la situación. Por lo tanto, se considera que este criterio de aceptación fue cumplido con una observación.

Sobre el criterio de la evaluación de expertos, en que cada heurística debía obtener un valor promedio de 3.5, nuevamente de las 14 heurísticas, 13 si lo cumplieron y 1 no, correspondiente a la heurística XII. "Modelo de Usuario", que cómo se discutió en 6.4.4. Tiene que ver con que el sistema no fue concebido con un mecanismo de reporte del progreso y calificación del usuario en el videojuego y los contenidos. Nuevamente se considera que es aceptable, pues la tarea de realizar este seguimiento no era algo planeado en el software, así que puede decirse que el criterio de aceptación es alcanzado, pero con observaciones.

En resumen los criterios son aceptados con observaciones.

Finalmente sobre los objetivos específicos planteados se puede decir qué:

El objetivo específico A, de desarrollar la herramienta computacional, se ve realizado en la elaboración del videojuego del que trata la memoria, GeoAudioWizard.

El objetivo específico B, que trata de evaluar la usabilidad del videojuego con niños con discapacidad visual también fue realizado, pues el videojuego pasó por una serie de evaluaciones y la principal de ellas era evaluar el videojuego con usuarios finales (tratado en el punto 6.).

El objetivo específico C, sobre evaluar el impacto en usuarios finales de utilizar el videojuego en el contexto de usabilidad, se realizó con el énfasis en la usabilidad y desarrollo, y no en una evaluación profunda. La nota que hay que dejar patente, es que las evaluaciones fueron muy pocas para ser concluyentes, y considerando la cantidad de tiempo y esfuerzo en realizarlas, puede ser considerado un trabajo a futuro válido, en cómo aplicar el software en ambiente de clases y evaluar el impacto de su uso en profundidad.

El camino que queda pendiente es la evaluación profunda desde el punto de vista del aprendizaje y cognición, a través del uso del videojuego.

7.3. Análisis del por qué de los resultados

El por qué de los resultados tan positivos sobre el uso del videojuego se debe a un proceso constante de validación de cambios con usuarios finales, además de que a la mayoría de los usuarios finales les atraen los videojuegos. El hecho de que les gustara el videojuego en general y lo encontraran entretenido, pudo influir en obtener calificaciones en su mayoría altas, eso sí, cuando debían destacar que algo no era de su agrado o no se sentían cómodos lo expresaban debidamente con una baja calificación. Un asunto de puntos de vista, lo que influyó que en una sola aseveración se tuviera un promedio bajo al esperado (la aseveración correspondiente a los distintos niveles de dificultad).

Aunque 12 no es un gran número de usuarios finales, está bien considerando la cantidad de tiempo a invertir en las sesiones de prueba por los mismos usuarios.

En cuanto a la evaluación de impacto los datos son más un inicio de proyección que datos concluyentes debido a la poca cantidad de evaluaciones de impacto que se pudo realizar (por temas de tiempo y disponibilidad de los usuarios).

Finalmente los usuarios expertos también evalúan bien el software, ya que cuando es evaluado, había pasado por el proceso de desarrollo/validación donde fueron descartados en gran medida los detalles que pudiesen haber. Se dice en gran medida, pues la evaluación señaló una carencia en el momento de cuando no se puede realizar la acción de retroceder en el laberinto, o cuando se pregunta en el entorno y no hay nada en esa dirección. Con las modificaciones realizadas después de dicha evaluación, se tiene la certeza de que el software logra alcanzar los criterios de aceptación requeridos.

7.4. Reflexión acerca de relevancia del trabajo realizado

El trabajo realizado es un apoyo en la educación de aprendices con discapacidad visual. Aunque no se pudieron hacer pruebas de impacto cognitivo, al menos desde un punto de vista el software es usable por los aprendices con discapacidad visual, constituyendo una herramienta lúdica para el apoyo de su aprendizaje, sin el problema de sentirse que están excluidos de su uso por su discapacidad. El videojuego fue hecho pensando en ellos y para que ellos lo puedan utilizar sin requerir mayor asistencia que la de poner el juego a funcionar.

7.5. Lecciones aprendidas

Recalcar el hecho de que el desarrollador muchas veces puede pensar que está haciendo la mejor de las soluciones en su software, pensando que el usuario final se comportará de tal o cual manera, pero cuando se lleva el software a realizar pruebas con ellos, los usuarios finales, es dónde uno realmente se da cuenta que los modelos mentales se ven enfrentados. Es difícil ponerse en el lugar del usuario final, porque quien desarrolla el software concibe su funcionamiento desde el punto de vista de quién sabe mucho más de cómo está hecho el software que el usuario final, el usuario final tiene su propia forma de pensar sus cosas, cómo hacerlas o cómo le gustaría hacerlas.

Es entonces que es muy importante realizar pruebas de usabilidad para validar un software con las personas que al final del día utilizarán el software, cómo se vio en el desarrollo de este videojuego, a partir de estas

pruebas surgen cambios y mejoras en el software que no hubiesen surgido de otra forma, y además se pueden notar problemas que el desarrollador no imagina (el ejemplo más claro de todos fue la comprensión de los acertijos).

El desarrollo del software debe ser un proceso en el que los desarrolladores y los usuarios finales (o expertos) trabajan juntos para llegar a una solución, una buena solución que tal vez puede no ser la más óptima desde el punto de vista de algoritmos, pero es usable y agradable de usar para el usuario final, es decir, es software que será usado y no olvidado.

7.6. Trabajo futuro

Como trabajo futuro se propone lo siguiente:

- Más evaluaciones de impacto, esto a fin de correlacionar el impacto del software en el aprendizaje de los niños con discapacidad visual.
- Utilización del software pedagógicamente, es decir, ver y evaluar su aplicación en las mismas clases de los niños, que sea un apoyo en los contenidos correspondientes (rotación, traslación y reflexión). Es más, se podría ver la forma de incorporar el videojuego como TIC, dentro del área de geometría, y/o separar los niveles en sesiones.
- Probar el software en su versión completa (las que tiene más niveles y es más gradual). Como las pruebas fueron realizadas con una versión reducida, puede que al usarse la versión extendida se encuentren nuevas cosas, nuevas oportunidades y problemas, aunque más probablemente oportunidades (ya que la versión reducida sólo son menos niveles y la introducción de elementos es menos gradual).
- Implementar más actividades de apoyo a las actuales, enriqueciendo la jugabilidad del software. También la posibilidad de integrar herramientas para ir evaluando y checando los contenidos que ve el aprendiz en sus sesiones de juego, que podría ser un apoyo para un profesor que evalúa o alguien más que desee hacer seguimiento del progreso del alumno.

Todas estas son propuestas de trabajo futuro que pueden resultar interesantes para sacar aún más potencial del videojuego desarrollado. Lo importante es tener en mente que siempre se puede mejorar, los tiempos cambian y las personas también, por eso es bueno mantener las tecnologías en constante revisión y periódica actualización para que no terminen como herramientas obsoletas y puedan servir a la mayor cantidad de usuarios posibles.

Capítulo 8

Bibliografía

Capítulo 8

Bibliografía

En esta sección se encuentra bibliografía relacionada con el tema desarrollado principalmente durante la investigación. Se marcan en negrita las referencias principales.

[1] Sánchez, J., Borba Campos, M., Espinoza, M. & Merabet L. B. (2014). Audio Haptic Videogaming for Developing Wayfinding Skills in Learners Who are Blind: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4254778/>

[2] Sánchez, J., Sáenz, M., Ripoll, M. (2009). Usability of a Multimodal Videogame to Improve Navigation Skills for Blind Children. 11th AC; Conference on Computers and Accessibility (ASSETS), pp. 35-42. Pittsburgh, PA, USA.

[3] Sánchez, J., Flores, H. (2004). AudioMath: blind children learning mathematics through audio. Proceedings of the 5th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies. Oxford, UK, 2004.

[4] Torrente, J., Marchiori, E., Vallejo-Pinto, J., Ortega-Moral, M., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B. (2012). Eyes-free Interfaces for Educational Games. Proceedings of the 2012 International Symposium on Computers in Education (SIIE). Pp 1-6.

[5] John Heskett (2005). Design: A Very Short Introduction. Oxford Press, UK.

[6] Sánchez, J. (2012). Development of navigations skills through audio haptic videogaming in learners who are blind. Proceedings of the 4th International Conference on Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI 2012). PP. 102-110.

[7] Sánchez, J. (2001). Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible. Dolmen Ediciones.

[8] Sánchez, J. (2000). Nuevas tecnologías de la Información y Comunicación para la Construcción del Aprender. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

[9] Sánchez, J. (1999). Construyendo y Aprendiendo con el Computador. Centro Zonal Universidad de Chile, Proyecto Enlaces, Santiago, Chile.

[10] Sánchez, J. (1996). Informática Educativa. Editorial Universitaria, Chile.

[11] Sánchez, J., Miranda, J. & Vera F. (2004) Knowledge Construction through Virtual Interaction. Proceedings of World Conference on e-Learning in Corporate, Government, Healthcare, & Higher Education, E-learn 2004. Washington DC, USA.

[12] Kirriemuir, J., McFarlane, A. (2003) Use of Computer and Video Games in the Classroom. Presentation to DiGRA, Utrecht, Netherlands.

[13] Sánchez J., Sáenz, M. (2005). 3D sound interactive environments for blind children problem solving skills. Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on computers and accessibility. Pp. 173-179.

[14] Bierre, K., Chetwynd, J., Ellis, B., Michelle, D., Ludi, S., Westin, T. (2014). Game Not Over: Accessibility Issues in Video Games. San Francisco, California, USA.

[15] Sánchez, J., (2008). User-Centered Technologies for Blind Children. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

[16] Sánchez, J., Elías, M. (2006). Aprendizaje de Ciencias a través de Audio en Niños Ciegos. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

[17] Baecker, R.M., Buxton, W. (1995). Readings in human-computer interaction: a multidisciplinary approach. California: Editorial Morgan Kaufmann.

[18] Buxton, W. (2007). Sketching user experience: Getting the design right and the right design. San Francisco, Calif: Morgan Kaufmann.

[19] Courage, C., Baxter, K. (2005). Understanding your users a practical guide to user requirements methods, tools and techniques. Morgan Kaufmann series in interactive technologies. Amsterdam: Morgan Kaufmann.

[20] Druin, A. (2009). Mobile technology for children: Designing for interaction and learning. Amsterdam: Morgan Kaufmann Publishers/Elsevier.

[21] Dumas, J., Redish, J. (1993). A practical Guide to Usability Testing. (1st ed.) Mahwah, NJ: Ablex Publications.

[22] Helen G. (1996). The good usability handbook. London: McGraw-Hill Book Company.

[23] Hix, D., Hartson, R. (1993). Developing user interfaces: ensuring usability through product & process. New York: Wiley and Sons.

[24] Holtzblatt, K., Wendell, J. B., & Wood, S. (2005). Rapid contextual design a how-to guide to key techniques for user-centered design. Morgan Kaufmann series in interactive technologies. San Francisco: Elsevier/Morgan Kaufmann.

[25] Jordan, P. (1998). An introduction to usability. CRC Press

[26] Kuniavsky, M. (2003). Observing the user experience: a practitioner's guide to user research. Morgan Kaufmann series in interactive technologies. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

[27] Lazar, J. (2007). Universal usability: Designing computer interfaces for diverse user populations. Chichester: John Wiley & Sons.

[28] Markopoulos, P. (2008). Evaluating children's interactive products: Principles and practices for interaction designers. Amsterdam: Morgan Kaufmann.

[29] Moggridge, B. (2007) Designing interactions. Cambridge, Mass: MIT Press.

[30] Nielsen, J. (1993). Usability engineering. New York: Academic Press Professional.

[31] Preece, J. (1993). A guide to usability: human factors in computing. New York: Addison-Wesley.

[32] Pruitt, J. & Adlin, T. (2006). The persona lifecycle: keeping people in mind throughout product design. The Morgan Kaufmann series in interactive technologies. Amsterdam: Elsevier.

[33] Schaffer, N., & Isbister, K. (2008). game usability: Advancing the player experience. San Francisco, Calif: Morgan Kaufmann.

[34] Schneiderman, B. (1998). designing the user interface (3rd Edition). New York: Addison-Wesley.

[35] Stone, D. L. (2005). User interface design and evaluation. Morgan Kaufmann series in interactive technologies. Amsterdam: Elsevier.

[36] Tullis, T., & Albert, B. (2008). Measuring the user experience: Collecting, analyzing, and presenting usability metrics. The Morgan Kaufmann series in interactive technologies. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann.

[37] Winograd, T. (1996). Bringing design to software. New York: ACM Press

[38] Unity 3D: <https://unity3d.com/es> (Último acceso: 12-08-2016)

[39] Sánchez, J., Merabet, L., Connors, E., Halko, M. (2012). Teaching the Blind to Find Their Way by Playing Video Games. International Journal of Educational Development (IJED). Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.

[40] Sánchez, J., Espinoza, M., Carrasco, M., Garrido, J.M. (2012). Modelo de videojuegos para mejorar habilidades matemático-geométricas en aprendices ciegos. Nuevas Ideas en Informática Educativa, Memorias del XVII Congreso Internacional de Informática Educativa, TISE. Santiago, Chile.

[41] Lumbreras, M., Sánchez, J. (1999). Interactive 3D Sound Hyperstories for Blind Children. CHI '99 Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing Systems. pp 318-325. ACM New York, NT, USA © 1999.

[42] McCrindle, R., Symoins, D. (2000). Audio space invaders. Proceedings of the Third International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies. pp 59-65.

[43] Novint Falcon: <http://www.novint.com/index.php/novintfalcon> (Último acceso: 22-08-2016).

[44] Phantom: <http://www.dentsable.com/haptic-phantom-omni.htm> (Último acceso: 22-08-2016).

[45] Yuan, B., Folmer, E. (2008). Blind Hero: Enabling Guitar Hero for the Visually Impaired. Proceedings of the 10th international SCM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. pp 169-176. ACM New York, NY, USA ©2008.

[46] Rector, K., Bennet, C., Kientz, J. (2013). Eyes-Free Yoga: An exergame Using Depth Cameras for Blind & Low Vision exercise. Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. Article No. 12. ACM New York, NY, USA ©2013.

[47] Gutschmidt, R., Schiewe, M., Zinke, F., Jürgensen, H. (2010). Haptic Emulation of Games: Haptic Sudoku for the Blind. Proceedings of the 3rd International conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, Article No. 2. ACM New York, NY, USA ©2010.

[48] Glinert, E., Wyse, L. (2007). AudiOdyssey: An Accessible Video Game for Both Sighted and Non-Sighted Gamers. Proceedings of the 2007 conference on Future Play. pp 251-252. ACM New York, NY, USA ©2007.

[49] Miller, D., Parecki, A., Douglas, S. (2007). Finger Dance: A sound game for blind people. Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility. pp 253-254. ACM New York, NY, USA ©2007.

[50] Atkinson, M., Gucukoglu, D., Machin, C., Lawrence, A. (2006). Making the Mainstream Accessible: Redefining the Game. Proceedings of the 2006 ACM SIGGRAPH symposium on Videogames pp 21-28. ACM New York, NY, USA ©2006.

[51] Control de XBOX 360: <https://www.microsoft.com/accessories/es-es/products/gaming/xbox-360-controller-for-windows/52a-00005> (Último acceso: 20-08-2016).

[52] Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>

[53] Sánchez, J. (2016). Apuntes de Clase, Asignatura Interacción Humano-Computador CC5504. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile.

[54] Sánchez, J. (2015). Apuntes de Clase, Asignatura Taller de Interacción Humano-Computador CC6501. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile.

[55] Sánchez, J. (2015). Pauta de Evaluación de Usabilidad de Usuario Final, Asignatura Taller de Interacción Humano-Computador CC6501. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile.

[56] Sánchez, J. (2015). Pauta de Evaluación Heurística de Usabilidad, Asignatura Taller de Interacción Humano-Computador CC6501. Carrera de Ingeniería Civil en Computación, Universidad de Chile.

[57] Nielsen, J. (1995). 10 Usability Heuristics for User Interface Design: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

- [58] Pereira, L., Roque, L. (2012). Towards a Game Experience Design Model Centered on Participation. CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems pp 2327-2332. ACM New York, NY, USA ©2012.
- [59] Torrente, J., Blanco, A., Moreno-Ger, P., Martinez-Ortiz, I., Fernandez-Manjon, B. (2009). Implementing Accessibility in Educational Videogames with e-Adventure. In Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Multimedia Technologies for Distance Learning pp57-66. Beijing, China.
- [60] Torrente, J., Blanco, Á. d., Serrano-Laguna, Á., Vallejo-Pinto, J. Á., Moreno-Ger, P., Fernández-Manjón, B. (2014). Towards a Low Cost Adaptation of Educational Games for People with Disabilities. Computer Science and Information Systems, Vol. 11, No. 1. 369-391 (2014).
- [61] Guerrero, J., Licon, J. (2012). AINIDIU, CANDI, HELPMI: ICTs of a personal experience. Engineering Applications (WEA). 2012 Workshop on pp 1-7. Bogotá, Colombia.
- [62] Sánchez, J., Saenz, M., Garrido, J.M. (2010). Usability of a multimodal video game to improve navigation skills for blind children. ACM Transactions on Accessible Computing. Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and Accessibility. pp 35-42.
- [63] Sánchez, J., Aguayo, F. (2008). AudioGene: Mobile Learning genetics through audio by blind learners. Learning to live in the knowledge society. IFIP 2'th World Computer Congress, IFIP TC 3 ED-L2L Conference September, 2008. pp 79-86. Milano, Italy.
- [64] Castillo, P. (2016). Pauta de Evaluación de Impacto: "Instrumento de evaluación de habilidades matemático geométricas y de representación mental para niños y niñas con discapacidad visual entre 11 y 13 años". Instrumento desarrollado por Educadora diferencial de C5. Santiago, Chile.
- [65] Lahav, O. and Mioduser, D. (2008). Haptic-feedback support for cognitive mapping of unknown spaces by people who are blind. International Journal on Human-Computer Studies, 66, pp. 23-35.
- [66] Dulyan, A., Edmonds, E. (2010). AUXie: initial evaluation of a blind-accessible virtual museum tour. In proceedings of the 22nd Australasian Computer-Human Interaction Conference. pp 272-275. Brisbane, Australia.
- [67] Espinoza, M., Sánchez, J., Campos, M. B. (2014). Videogaming Interaction for Mental Model Construction in Learners Who Are Blind. In Proceedings of 8th International Conference, UAHCI 2014, Held as Part of HCI International 2014, pp 525-536. Crete, Greece.

- [68] Sánchez, J., Mascaró, J. (2011). Audiopolis, Navigation through a Virtual City Using Audio and Haptic Interfaces for People Who Are Blind. In Constantine Stephanidis (ed.), Proc. 15th Human-Computer Interaction International (HCII), pp. 362-371, Jul 2001. Orlando, Florida, USA. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, Germany. Lecture Notes in Computer Science.
- [69] Sánchez, J., Sáenz, M., Pascual-Leone, A., Merabet, L. B. (2010). Enhancing Navigation Skills through Audio Gaming. In Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'10), pp 3991-3996, Apr 2010. Atlanta, GA, USA.
- [70] Sánchez, J., Sáenz, M. (2009). Video Gaming for Blind Learners School Integration in Science Classes. In Tom Gros, Jan Gulliksen, Paula Kotzé, Lars Oestreicher, Philippe Palanque, Raquel Oliveira Prates, Marco Winckler (ed.), Proc. 12th IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction (Interact), pp. 36-49, Aug 2009. Uppsala, Sweden. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, Germany. Lecture Notes in Computer Science vol. 5726 (Part I).
- [71] Sánchez, J., Flores, H.: Virtual Mobile Science Learning for Blind People. *Cyberpsychology & behavior: the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, vol. 11, number 3.
- [72] Lahav, O. and Mioduser, D. (2008). Construction of cognitive maps of unknown spaces using a multisensory virtual environment for people who are blind. *Computers in Human Behavior* 24(3), pp. 1139-1155.
- [73] Sánchez, J., Sáenz, M. (2010). Metro Navigation for the Blind. *Computers and Education (CAE)* 55(3):970-981, Jul 2010. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.
- [74] Sánchez, J., Sáenz, M. (2006). Three-Dimensional Virtual Environments for Blind Children. *CyberPsychology & Behavior*. Vol. 9, issue 2, pp 200.
- [75] Westin, T. (2004). Game accessibility case study: Terraformers – a real-time 3D graphic game. In: Proceedings of the 5th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, ICDVRAT 2004, Oxford, UK, pp. 95–100.
- [76] Trewin, S., Hanson, V. L., Laff, M. R., Cavender, A. (2008). PowerUp: An Accessible Virtual World. In Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, pp 177-184. Halifax, Canada.

[77] Darin, T., Sánchez, J., M.C. Andrade, R. (2015). Dimensions to Analyze the Design of Multimodal Videogames for the Cognition of People Who Are Blind. Conference: XIV Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2015). Salvador, Brasil.

[78] C5: Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento: <http://www.c5.cl/c5/> (Último acceso: 20-12-2016).

[79] Novint Falcon en la Novint Store (\$245.95 USD): <http://www.novint.com/index.php/store/novint-falcon-3d-touch-controllers/1> (Último acceso: 21-12-2016).

[80] Precio Dólar en Chile (\$1 USD = \$676 CLP): <http://www.valor-dolar.cl/> (Último acceso: 23-12-2012).

[81] Comprar Control de Xbox 460 alámbrico en Microplay (Precio \$29.990 CLP): <http://www.microplay.cl/producto/control-xbox-con-cable-xbox-360/> (Último acceso: 23-12-2016).

[82] Comprar Teclado Genius KB-125 USB Negro en pcFactory (Precio \$5.990 CLP): <https://www.pcfactory.cl/producto/20973-Teclado.KB-125.USB.Negro> (Último acceso: 23-12-2016).

[83] Información de producto computador portátil HP Pavilion dv6-6124ca: <http://support.hp.com/us-en/product/HP-Pavilion-dv6-Entertainment-Notebook-PC-series/5082212/model/5128941/product-info> (Último acceso 12-12-2016).

[84] Comprar Auriculares Gamer EACH 400 en Aliexpress: https://es.aliexpress.com/store/product/3-Colors-Gaming-Headsets-EACH-G4000-LED-Light-Noise-Cancelling-Headset-with-Mic-Stereo-earphones-hearphones/1035061_32618610020.html?detailNewVersion=&categoryId=63705 (Último acceso 23-12-2016)

[85] Sánchez, J. (2006). A Model to Design Multimedia Software for Learners with Visual Disabilities. In International Federation for Information Processing, Volume 210, Education for the 21st Century-Impact of ICT and Digital Resources, eds. D. Kumar, and Turner J., (Boston: Springer), pp. 195-204. ISI.

[86] Lumbreras, M. & Sánchez, J. (1997). Hyperstories: A model to specify and design interactive educational stories. En R. Baeza (Editor). Computer Science, USA: Editorial IEEE Computer Society, pp.135-146. Los Alamitos, California.

[87] Sánchez, J., Sáenz, M., Baloian, N. (2007). Mobile Application Model for the Blind. In C. Stephanidis (Ed.): Universal Access in HCI, Part I, HCII 2007, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4554, pp. 527–536, 2007. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007 ISI.

[88] Sánchez, J. & Baloian, N. (2006). Modeling 3D interactive environments for learners with visual disabilities. In K. Miesenberger et al. (Eds.). Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4061, pp. 1326 – 1326, 2006. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006. ISI.

Capítulo 9

Anexos

Capítulo 9

Anexos

Anexo A: Pauta de Usabilidad de Videojuegos

CC6502 – Pauta de Usabilidad de Videojuegos

Pauta de evaluación de usabilidad de videojuegos, adaptación de:

“Pauta resumida usuario final

Evaluación de Usabilidad de Software Para Niños Ciegos

Dr. Jaime Sánchez I.

Universidad de Chile”

La presente Pauta tiene por objetivo evaluar la usabilidad de un videojuego.

Antecedentes

Nombre del Videojuego

--

Nombre del niño

Edad

Género

--	--	--

Nivel del evaluador

Aprendiz	Normal	Avanzado
----------	--------	----------

	Poco					Mucho				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Me gusta el videojuego										
2. El videojuego es entretenido										
3. El videojuego es desafiante										
4. El videojuego me hace estar activo										
5. Volvería a jugar con el videojuego										
6. Recomendaría este videojuego a otros niños/jóvenes										
7. Aprendí con este videojuego										
8. El videojuego tiene distintos niveles de dificultad										
9. Me sentí controlando las situaciones del videojuego										
10. El videojuego es interactivo										
11. El videojuego es fácil de utilizar										
12. El videojuego es motivador										
13. El videojuego se adapta a mi ritmo										
14. El videojuego me permitió entender nuevas cosas										
15. Me gustan los sonidos del videojuego										
16. Los sonidos del videojuego son claramente identificables										
17. Los sonidos del videojuego me transmiten información										
18. Me gustan las imágenes del videojuego										
19. Las imágenes del videojuego son claramente identificables										
20. Las imágenes del videojuego me transmiten información										

Cuestionario

1.- ¿Qué te gusto del videojuego?

2.- ¿Qué no te gusto del videojuego?

3.- ¿Qué agregarías al videojuego?

4.- ¿Para qué crees que te puede servir el videojuego?, ¿Qué otros usos le darías al videojuego?

Observaciones o comentarios

Anexo B: Pauta de Evaluación Heurística de Videojuegos Educativos

Evaluación Heurística de Videojuegos Educativos

Introducción

La presente pauta tiene por objetivo evaluar videojuegos educativos. Es importante que esta pauta sea aplicada luego que Ud. haya explorado, interactuado y jugado detenidamente el videojuego.

Antecedentes

Nombre del videojuego	
Nombre del Evaluador	

Edad	Estudios	Experiencia en uso de Videojuegos
Entre 20 y 25	Título Profesional	Ocasionalmente
Entre 26 y 35	Postítulo	Una vez a la semana
Entre 36 y 45	Magister	Varios días a la semana
Mayor de 45	Doctorado	Todos los días de la semana

Heurísticas

I. INTELIGENCIA DEL JUEGO	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El videojuego provee situaciones establecidas que son no esperadas por el jugador						
2. El videojuego se adapta de acuerdo a la interacción con el jugador generando distintas situaciones						
3. La complejidad del videojuego es suficiente para que no sea obvia ni predecible por el jugador						

II. HISTORIA DEL JUEGO	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El videojuego provee una historia o secuencia de acciones distinguibles y entendibles por el jugador						
2. El videojuego incita al jugador a conocer e ir descubriendo la historia						
3. El jugador ocupa tiempo en pensar cómo resolver el problema presentado en el videojuego						
4. El videojuego envuelve emocionalmente al jugador (generando miedo, alegría, etc.)						
5. El videojuego posee distintas variantes sobre cómo el jugador terminará el juego						

III. MEDIOS	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. Las imágenes y videos utilizados son atractivos, reforzando la interacción del jugador con el videojuego						
2. Los recursos multimedia utilizados están bien alineados con la historia del videojuego						
3. El sonido mejora el entendimiento de las situaciones						

del videojuego por el jugador						
4. Los recursos multimedia utilizados transmiten información relevante al juego						

IV. CONTROL Y FEEDBACK DEL VIDEOJUEGO	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El videojuego permite al jugador realizar distintas acciones con los objetos o personajes presentados						
2. El videojuego indica claramente cuándo una acción no es posible de ser realizada						
3. El jugador reconoce el efecto de sus acciones en el videojuego						
4. El videojuego provee <i>feedback</i> inmediato de las acciones del jugador						
5. El <i>feedback</i> provisto entrega al jugador ayuda para comprender los contenidos, habilidad o valores tratados en el videojuego						
6. El <i>feedback</i> provisto incentiva al jugador en la profundización del contenido, habilidad o valores tratados en el videojuego						
7. El <i>feedback</i> provisto ayuda a seguir y entender mejor el videojuego						

V. DIFICULTAD	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El videojuego posee distintos niveles de dificultad						
2. El videojuego posee distintas metas por cada nivel de dificultad						
3. La dificultad del videojuego es creciente según el tiempo de uso						

VI. AYUDAS	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El videojuego posee indicaciones, pero no demasiadas						
2. Las indicaciones que provee el software son relevantes al contexto de la historia del juego						
3. Las ayudas del videojuego son indicaciones, pero no proveen la solución a los problemas planteados						

VII. ATENCION	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El videojuego provee de situaciones que exigen al jugador en atención						
2. Los avances en el videojuego incita al jugador a realizar nuevas acciones						
3. El videojuego provee estimulación multisensorial que mantiene al jugador informado sobre la interacción realizada						

VIII. INTERFAZ DE INPUT	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. Las interfaces físicas utilizadas proveen de mecanismos que facilitan la interacción de acuerdo al videojuego						
2. Las interfaces físicas utilizadas poseen simbología <i>Standard</i>						
3. El videojuego utiliza combinaciones de acciones en la interfaz física utilizada de manera sencilla para el jugador						

IX. METÁFORA	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. La metáfora utilizada en el videojuego se relaciona coherentemente con los objetivos y contenidos educativos integrados						
2. La metáfora ayuda a motivar y a involucrar al jugador en el videojuego						
3. El tipo de videojuego es acorde a los objetivos educativos que se plantean						

X. CONTENIDO	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. Los conceptos utilizados son coherentes al contenido educativo del videojuego						
2. Los problemas presentados en el videojuego se relacionan consecuentemente con el contenido educativo						
3. El videojuego es coherente en contenidos con el currículum escolar						

XI. LENGUAJE	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El lenguaje utilizado es coherente a los contenidos tratados en el videojuego						
2. El lenguaje es entendible para el jugador						
3. El lenguaje es acorde a la edad del jugador						

XII. MODELO DE USUARIO	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El videojuego integra un sistema de estimación del nivel de aprendizaje del jugador durante su interacción						
2. El videojuego provee al usuario de información sobre los contenidos tratados y con qué rendimiento los ha revisado						

XIII. Cómo clasificaría de manera global el Videojuego	
	A. Videojuego Educativo (Tiene explícitamente intencionalidad educativa, indicando contenidos, habilidades, valores que puedan ser desarrollados o abordados a partir del videojuego)
	B. Videojuego no Educativo pero es posible utilizarlo de ese modo (Aunque no tiene una intencionalidad explícita, el videojuego permite su uso en un contexto educativo para el trabajo de contenidos, desarrollo de habilidades o desarrollo de valores)
	C. Videojuego no Educativo (Videojuego sin intención educativa, sólo de entretenimiento)

XIV. POTENCIAL EDUCATIVO	Muy de Acuerdo	De Acuerdo	Neutro	En Desacuerdo	Muy en Desacuerdo	No Aplica
1. El videojuego permite la discusión sobre valores para el desarrollo de un juicio ético sobre algún tema abordado por el videojuego						
2. El videojuego permite desarrollar habilidades tales como resolución de problemas, orientación y movilidad, trabajo colaborativo, etc.						
3. El videojuego permite trabajar contenido tal como ciencia, historia, lenguaje, matemática, etc.						

JUSTIFIQUE SU RESPUESTA

SUGERENCIAS DE USO PEDAGÓGICO (Sector de aprendizaje, nivel, actividades que sean posibles de ser desarrolladas, contenidos, habilidades que son posibles de ser abordadas, etc.)

Anexo C: Pauta de Evaluación de Impacto (usabilidad)

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE HABILIDADES MATEMÁTICO GEOMÉTRICAS Y DE REPRESENTACIÓN MENTAL
PARA NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD VISUAL ENTRE 11 Y 13 AÑOS

IDENTIFICACIÓN DEL APRENDIZ

Nombre

Curso

Fecha nacimiento

Edad

Sexo

Centro educativo

Evaluador/a

Fecha evaluación

Inicial

Final

Tipo de DV

Ceguera

Baja visión

Diagnóstico visual

Adquirido

Congénito

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Logrado (L): Si al momento de realizar la evaluación, la actividad puede ser realizada en su totalidad con independencia.

- En Proceso (EP): Si al momento de la evaluación, puede realizar la actividad sólo parcialmente.

- No Logrado (NL): Si al momento de la evaluación, es incapaz de realizar la actividad.

Para efectos cuantitativos, el criterio L será evaluado con 2 puntos, EP con 1 punto y NL con 0 punto.

DIMENSIONES A EVALUAR

I. Habilidades sensorceptivas hápticas y auditivas

II. Mapas mentales de comprensión y competencias geométricas

III. Conceptos y habilidades de O&M

IV. Razonamiento espacial

RESUMEN DEL DESEMPEÑO

	Evaluación inicial			Evaluación final		
	Puntaje ideal		puntos	Puntaje ideal		puntos
	Puntaje obtenido		puntos	Puntaje obtenido		puntos
	Porcentaje de logro		%	Porcentaje de logro		%

Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento

116

I. Habilidades sensorceptivos hápticas y auditivas

Nº	Indicadores	E. Inicial			E. Final		
		L	EP	NL	L	EP	NL
a) Comprensión de indicadores táctil-kinestésicos							
1.	Identifica fácilmente en tarjetas, siete texturas: suave, lisa, rugoso, áspero, liso, blando						
2.	Percebe y clasifica 6 láminas según grosor de relieve						
3.	Percebe y empareja cuatro láminas según tamaño						
4.	Identifica y reconoce diferencias en cuatro superficies: madera, cerámica, pasto/alfombra, tierra						
5.	Reconoce cuatro cambios de nivel en láminas						
6.	Localiza tres diseños específicos, según referencias verbales entregadas por el evaluador						
7.	Reconoce cinco figuras geométricas según su contorno: círculo, triángulo, rectángulo, cuadrado, pentágono						
Subtotal							
b) Comprensión de indicadores auditivos							
1.	Escucha y comprende indicaciones, diálogos y preguntas						
2.	Identifica y asocia sonidos de error, correcto, incorrecto, ítem						
3.	Identifica y señala sonidos de giro a la derecha, giro a la izquierda, paso, desplegar bastón						
4.	Identifica y nombra al menos cinco sonidos icónicos del juego: fuego, viento, agua, arcano, tierra, naturaleza						
5.	Identifica y nombra al menos cinco sonidos icónicos del laberinto: warp, suspiro, rayo, estrella, victoria						
6.	Localiza y se orienta hacia la procedencia de cinco sonidos						
7.	Reconoce sonido cercano y lejano						
Subtotal							
Puntaje obtenido ítem I							
Puntaje ideal ítem I					28 puntos		
Porcentaje de logro ítem I							
Observaciones Evaluación Inicial:							
Observaciones Evaluación Final:							

II. Mapas mentales de comprensión y competencias geométricas

Nº	Indicadores	E. Inicial			E. Final		
		L	EP	NL	L	EP	NL
1.	Identifica al menos dos características geométricas en cuatro figuras: triángulo, rectángulo, círculo y rombo						
2.	Reconoce tres cuerpos geométricos a partir de figuras geométricas						
3.	Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar traslación						
4.	Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar rotación						
5.	Reconoce constancia de figura geométrica luego de realizar reflexión						
6.	Describe e identifica la posición espacial de al menos cuatro puntos, según sus coordenadas, en plano cartesiano						
7.	Ubica tres puntos en el plano cartesiano, a partir de coordenada entregada						
8.	Identifica trayectoria y nueva posición de cuatro puntos en el plano cartesiano						
Puntaje obtenido ítem II					16 puntos		
Puntaje ideal ítem II		16 puntos					
Porcentaje de logro ítem II							
Observaciones Evaluación Inicial:							
Observaciones Evaluación Final:							

III. Conceptos y habilidades de O&M

N°	Indicadores	E. Inicial			E. Final		
		L	EP	NL	L	EP	NL
1.	Explica conceptos de: esquina, cruce, obstáculo, espacio abierto, espacio cerrado, línea de edificación						
2.	Explica conceptos de: desnivel, línea recta, vertical, horizontal, diagonal, paralelo						
3.	Describe y aplica: encuadrarse, alinearse, arco, ritmo, rastro, bastón largo y bastón corto						
4.	Describe y aplica: $\frac{1}{4}$ giro, $\frac{1}{2}$ giro, sistema de reloj, punto de referencia, rodear						
5.	Explora espacio interior desconocido usando patrón de rastro						
6.	Se orienta a partir de hilos en lugar recién conocido						
7.	Mantiene orientación con puntos cardinales o hitos en un recorrido						
8.	Describe sistema de ecolocalización						
Puntaje obtenido ítem III							
Puntaje ideal ítem III		16 puntos			16 puntos		
Porcentaje de logro ítem III							
Observaciones Evaluación Inicial:							
Observaciones Evaluación Final:							

IV. Razonamiento espacial

N°	Indicadores	E. Inicial			E. Final		
		L	EP	NL	L	EP	NL
1.	Reconoce y selecciona: izquierda-derecha, arriba-abajo, al lado-al frente-atrás en sí mismo y en relación a objetos						
2.	Explica y selecciona: antes, después, ahora, aquí, allá, cerca, lejos						
3.	Explica conceptos de día, tarde, noche, segundos, minutos, horas, ayer, mañana						
4.	Asocia momento del día con actividades						
5.	Elige punto de referencia e indica cuatro puntos cardinales: norte, sur, este y oeste, en interior y exterior						
6.	Estima tiempo en relación a distancia de cerca y lejos, con ejemplos						
7.	Establece su cuerpo como referencia espacial						
Puntaje obtenido ítem IV					14 puntos		
Puntaje Ideal ítem IV					14 puntos		
Porcentaje de logro ítem IV							
Observaciones Evaluación Inicial:							
Observaciones Evaluación Final:							

Anexo D: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Parte 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S1	10	10	8	10	10	10	10	9	1	10
S2	10	10	5	10	10	7	6	10	8	9
S3	5	10	4	1	3	5	10	3	5	4
S4	5	8	10	10	7	10	1	1	3	10
S5	10	7	5	3	10	9	8	5	10	10
S6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
S7	10	10	10	10	10	10	10	5	6	10
S8	8	9	3	10	7	10	6	1	10	7
S9	8	6	10	9	10	10	10	10	8	7
S10	6	7	7	6	8	9	10	9	10	8
S11	10	10	10	10	10	10	10	5	8	9
S12	10	10	2	10	10	10	10	2	10	10

Tabla 13: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Parte 1

Anexo E: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Parte 2

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S1	9	10	10	10	10	10	10	---	---	---
S2	5	10	10	10	8	8	7	8	10	10
S3	10	9	8	1	5	10	10	10	10	5
S4	4	9	7	1	5	4	10	10	10	9
S5	7	4	5	6	10	7	9	---	---	---
S6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
S7	10	10	7	10	10	10	10	---	---	---
S8	10	8	5	10	10	10	9	10	10	9
S9	10	8	10	10	9	10	10	10	10	10
S10	9	8	6	9	10	10	10	10	10	9
S11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
S12	10	2	10	10	10	10	2	---	---	---

Tabla 14: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Parte 2

Anexo F: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Preguntas abiertas Parte 1

Usuario	1.	2.	3.	4.	5.
S1	Era desafiante e interactivo	Vibraba muy fuerte	Nada, está bien	Para orientación	No responde.
S2	Que era desafiante, ponía a prueba el intelecto	Nada	Poner más cosas, poner instrucciones más claras. Más sonidos	Orientación y Diversión	No responde.
S3	Que era entretenido	Era todo el rato lo mismo. No le gustan los acertijos (Y era difícil orientarse)	Que vaya aumentando la dificultad	Para jugar	No responde.
S4	Lo desafiante que es	La voz y la música	Algo más de acción	No sabe.	No responde.
S5	Es entretenido.	Nada	Juego de carreras.	Para aprender más.	No responde.
S6	Poder jugar mucho.	Las preguntas no se entendían	Poder Jugar más. Es muy corto.	Sirve para jugar.	No responde.

Tabla 15: Resultados Cuestionarios de Usuario Final preguntas abiertas Parte 1

Anexo G: Resultados Cuestionarios de Usuario Final Preguntas abiertas Parte 2

Usuario	1.	2.	3.	4.	5.
S7	Se podían aprender cosas nuevas y realizar actividades	Nada	Más sonidos	Ningún otro uso.	Le gustó mucho el juego.
S8	Fue divertido.	Los acertijos.	Más puzzles	Para aprender a orientarse mejor.	Para estar hecho en Unity están buenas las gráficas.
S9	Que es desafiante por los problemas y sonidos. Encuentra que igual está muy bien hecho para los estándares de juegos. Lo encuentra más desafiante al jugar sin ver	Nada	No se le ocurre	Estimula conocimientos de orientación	Ayuda bastante en matemáticas y es entretenido
S10	Las peleas	Cuando hablan mucho rato.	Que se viera el personaje caminando en el laberinto.	Para aprender conceptos de matemática.	Me gustaría que fuese de día
S11	Cuando hay problemas, los acertijos y la pelea.	Imaginar el cubo. No sabe si los otros jugadores podrán imaginar el cubo.	Más pasillos de laberinto.	Aprender. Enseñar a los hijos con el videojuego.	El creador del videojuego hizo un buen trabajo.
S12	El laberinto	Tener que sacar el bastón mágico	Buscar más acertijos	Para practicar orientación	No responde.

Tabla 16: Resultados Cuestionarios de Usuario Final preguntas abiertas Parte 2

Anexo H: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S1 (Completada)

I.a)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	2
	2	2	2
	3	2	2
	4	2	2
	5	2	2
	6	2	2
	7	2	2
	SubTotal	13	14

I.b)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	2
	2	1	2
	3	2	2
	4	1	2
	5	1	2
	6	2	2
	7	2	2
	Subtotal	11	14

I	Total	24	28
----------	--------------	-----------	-----------

II.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	2
	2	2	2
	3	2	2
	4	1	2
	5	0	2
	6	1	2
	7	1	2
	8	1	1
	Total	9	15

III.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	2
	2	1	2
	3	1	2
	4	1	2
	5	2	2
	6	0	1
	7	1	1

	8	0	0
	Total	7	12

IV.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	2
	2	1	1
	3	2	2
	4	2	2
	5	0	2
	6	1	2
	7	2	2
	Total	10	13

Anexo I: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S7 (Incompleta)

I.a)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	2	-
	3	2	-
	4	2	-
	5	2	-
	6	0	-
	7	1	-
	SubTotal	10	-

I.b)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	-
	2	1	-
	3	1	-
	4	1	-
	5	1	-
	6	2	-
	7	2	-
	Subtotal	10	-

I	Total	20	-
----------	--------------	-----------	----------

II.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	0	-
	3	1	-
	4	1	-
	5	1	-

	6	0	-
	7	0	-
	8	0	-
	Total	4	-

III.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	1	-
	3	1	-
	4	1	-
	5	0	-
	6	1	-
	7	1	-
	8	0	-
	Total	6	-

IV.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	-
	2	1	-
	3	1	-
	4	2	-
	5	0	-
	6	1	-
	7	2	-
	Total	9	-

Anexo J: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S8 (Incompleta)

I.a)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	2	-
	3	2	-
	4	2	-
	5	2	-
	6	2	-
	7	2	-
	SubTotal	13	-

I.b)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	2	-
	3	1	-
	4	1	-

	5	2	-
	6	2	-
	7	2	-
	Subtotal	11	-

I	Total	24	-
----------	--------------	-----------	----------

II.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	2	-
	3	2	-
	4	2	-
	5	0	-
	6	1	-
	7	1	-
	8	1	-
	Total	10	-

III.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	1	-
	3	2	-
	4	1	-
	5	0	-
	6	2	-
	7	0	-
	8	1	-
	Total	8	-

IV.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	-
	2	2	-
	3	1	-
	4	2	-
	5	0	-
	6	1	-
	7	2	-
	Total	10	-

Anexo K: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S9 (Incompleta)

I.a)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	2	-
	3	2	-
	4	2	-
	5	2	-
	6	2	-
	7	1	-
	SubTotal	12	-

I.b)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	-
	2	1	-
	3	1	-
	4	2	-
	5	1	-
	6	2	-
	7	2	-
	Subtotal	11	-

I	Total	23	-
----------	--------------	-----------	----------

II.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	-
	2	2	-
	3	2	-
	4	2	-
	5	2	-
	6	1	-
	7	1	-
	8	1	-
	Total	13	-

III.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	-
	2	1	-
	3	1	-
	4	1	-
	5	2	-
	6	2	-
	7	2	-

	8	0	-
	Total	10	-

IV.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	-
	2	1	-
	3	2	-
	4	2	-
	5	2	-
	6	2	-
	7	2	-
	Total	13	-

Anexo L: Resultados de Evaluación de Impacto usuario S10 (Completada)

I.a)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	2
	2	2	2
	3	2	2
	4	2	2
	5	2	2
	6	2	2
	7	1	2
	SubTotal	13	14

I.b)	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	2
	2	1	2
	3	1	1
	4	2	2
	5	1	1
	6	2	2
	7	2	2
	Subtotal	11	12

I	Total	24	26
----------	--------------	-----------	-----------

II.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	2
	2	1	2
	3	2	2
	4	2	2
	5	0	1

	6	1	1
	7	0	1
	8	0	1
	Total	7	12

III.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	1	2
	2	1	1
	3	1	1
	4	1	1
	5	2	2
	6	2	2
	7	2	2
	8	0	0
	Total	10	11

IV.	Indicador	Ev. Inicial	Ev. Final
	1	2	2
	2	1	2
	3	2	2
	4	2	2
	5	2	2
	6	2	2
	7	2	2
	Total	13	14

Anexo M: Resultados de Evaluación Heurística

	I.1	I.2	I.3	II.1	II.2	II.3	II.4	II.5
H1	5	4	4	5	4	5	4	0
H2	5	4	5	5	3	5	2	1

	III.1	III.2	III.3	III.4	IV.1	IV.2	IV.3	IV.4	IV.5	IV.6	IV.7
H1	5	5	5	5	3	4	4	4	4	5	4
H2	3	5	5	5	4	2	4	4	4	3	5

	V.1	V.2	V.3	VI.1	VI.2	VI.3	VII.1	VII.2	VII.3
H1	5	5	5	4	5	5	5	5	5
H2	5	4	5	3	5	5	5	5	5

	VIII.1	VIII.2	VIII.3	IX.1	IX.2	IX.3	X.1	X.2	X.3	XI.1	XI.2	XI.3
H1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
H2	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5

	XII.1	XII.2	XIII	XIV.1	XIV.2	XIV.3
H1	5	4	A	0	5	5
H2	1	3	A	0	5	5

	A.	B.
H1	Feedback cuando no hay obstáculos es insuficiente. Todo lo demás ok, muy entretenido y hay que conectarse para responder ("acertijos") aunque no sean tan difíciles. Muy creativa la idea.	Las preguntas pueden cambiarse, pero como está es óptimo para preguntas de geometría espacial.
H2	El tema tratado en el juego es matemáticas (orientación espacial y rotación/traslación), no toma cuestiones éticas o valóricas. La historia (en la demo) es simple y lineal, sin mucho como para encariñarse con los personajes (en este caso aprendiz y maestro). Gracias al juego me di cuenta que todavía me confundo con izquierda y derecha.	Actualmente el juego es más una forma lúdica de verificar si los contenidos abordados son bien manejados o no por el jugado.

Tabla 17: Resultados evaluación heurística

Anexo N: Historia Original, Autor: Matías Pardo G.

"Sobre la trama del juego, la idea es tener dos líneas de historia, una para cada dificultad.

El juego se desenvolverá en 9 Niveles, constituidos por 8 Niveles de Torre, y un Nivel de Jefe Final. Cada Nivel es un laberinto.

Y en el quinto piso habrá un personaje especial, que se presentará y se tendrá oportunidad de interactuar con él (dará la misión de obtener un objeto). El personaje volverá a aparecer en el piso 8 (se podrá interactuar con él por última vez, si se encuentra claro está, se le entregará el objeto, se le ignorará o se podrá pelear con él). Según la interacción que se tenga con el personaje se determinará qué habrá en el piso 9.

El protagonista se llama Myr.

Trama Nivel Principiante

Aquí Myr es un aprendiz de mago, mientras vuelve a la torre encuentra a su maestro (Orbaris, un anciano mago) tendido en el suelo muy lastimado. Al hablar con él se entera que la torre ha sido invadida por fuerzas desconocidas y le entrega al joven aprendiz a Grommy (el grimorio mágico (libro)).

El grimorio le explica las habilidades al joven aprendiz.

Los 8 Niveles están reinados por 4 señores elementales.

Los Pisos 1 y 2 por Sarami la elemental de agua (sirena/tritón).

Los pisos 3 y 4 por Rufani, el elemental del viento (un genio).

En el piso 5 se encontrará a la maga Astari, que anda en busca de un objeto para arreglar una distorsión temporal que sintió en la torre (su propósito es arreglar la distorsión, no dice nada respecto al ataque de los elementales). El jugador podía preguntar qué deseaba, o ignorarla.

El piso 5 y 6 están gobernados por Furani, el elemental del fuego (una salamandra).

Los pisos 7 y 8 están gobernados por Tar'Aztami, el elemental de tierra (serpiente pétrea).

En el piso 8 está nuevamente Astari, si armaste (o encontraste) el Objeto, se lo puedes entregar, decirle que no lo posees o destruirlo frente a ella (si no

logras obtener el objeto solamente puedes ignorar o decir que lo destruiste). Si se hace algo malo contra ella, deberá pelear (como un jefe extra).

Al llegar a la etapa final:

El jefe final termina siendo el maestro de Myr, quien ha sido corrompido por fuerzas oscuras.

Si se destruyó objeto de Astari: Al finalizar la pelea, la corrupción escapa por la distorsión temporal de las cercanías y el maestro termina por fallecer, pero sin antes legar su puesto de archimago al aprendiz y darle la misión de perseguir el mal que ha sido liberado.

Si se ignora a Astari: Al eliminar al jefe, la corrupción se desvanece misteriosamente del lugar, el maestro se repone y el aprendiz volverá a sus enseñanzas con su maestro (y reparan la torre).

Si se entrega el objeto a Astari: Durante la pelea al derrotar al mago, la corrupción se intensifica y la pelea se vuelve algo más difícil. Al derrotar al jefe final y este intentar escapar aparece otro mago, a través de la distorsión, y ayuda al jugador a finalizar el combate (el mago es muy poderoso y logra eliminar la corrupción), el mago misterioso no se identifica y vuelve usando la distorsión.

Trama Nivel Avanzado

Años han pasado del suceso anterior y la torre está actualmente en ruinas, Myr ahora ya es un archimago, y años han pasado también desde la muerte de su maestro. Ha vuelto, junto con Grommy a la torre porque ha sentido que una gran fuente de corrupción aqueja al lugar.

Monstruos varios y dragonantes son los monstruos esta vez.

Los pisos 1 y 2 poseen monstruos menores, como slimes (monstruos jalea), insectos o cosas así (monstruos genéricos). El jefe es JurJur, un Slime que ha estado absorbiendo retazos de magia de la torre por años.

Los pisos 3 y 4 poseen bestias algo mayores como orcos y trolls. Urham el gigante de dos cabezas es el jefe de esta etapa.

En el quinto piso se encuentra con un tipo sospechoso que dice llamarse Frank, dice ser un viajero del tiempo y busca un objeto que se le perdió en el lugar. Las interacciones son las mismas que con la maga.

Los pisos 5 y 6 poseen bestias como hombres lobos y vampiros. El jefe de este piso es la vampiresa Rosalie.

Los pisos 7 y 8 tienen seres dracónidos (o reptiles). Urfan, hijo de Jatani es el dragón jefe de este lugar.

En el piso 8 se puede interactuar con Frank de la misma forma que con Astari. Según eso es lo que pasa a continuación.

Jatani el corruptor, es el jefe final (una especie de dragón deformado por corrupción, como si fuese de un lodo negro).

Si se rompe objeto de Frank: El dragón muere y Myr se convierte en el archimago más poderoso. Suelta una sonrisa malévola y Grommy intenta restringir su poder porque en realidad era también un sello que había puesto su maestro por si algún día caía presa de la corrupción. Con el poco poder que tiene, abre un portal al pasado en ese lugar y ve a su maestro y lo ataca intentando corromperlo. El portal se cierra y queda esperando los resultados, para ver si pudo impedir que el maestro usara a Grommy para sellarlo en la época actual.

Si se ignora: Myr logra alejar la corrupción de este plano pero sabe que algún día volverá, así que busca un aprendiz para entrenarlo y que actúe llegado el momento.

Si se entrega objeto: Al final de la pelea la corrupción intenta desesperadamente arrancar al pasado para ver si puede derrotar a Myr mientras era sólo un aprendiz. En eso Frank le abre un pequeño portal al pasado (que no durará mucho tiempo y le advierte que intervenga lo menos posible) para que pueda seguir a la corrupción y se encuentra con su maestro peleando contra una versión más joven de sí mismo. Ayuda a vencer al maestro potenciado con lo que quedaba de Jatani, que venía del futuro y vuelve de nuevo al tiempo actual. Una vez terminado este problema Frank le dice que ya está todo zanjado y él puede volver a su lugar. Frank desaparece en el tiempo y Myr se dedica a vivir el resto de su vida en paz y tranquilidad.

Lo interesante es que se puede usar las 2 tramas si se hacen las 2 dificultades, o elegir una de ellos si sólo se hace una dificultad."

