

Diseño de un videojuego de aventuras para personas invidentes

Autor: Miguel Ángel Barceló Hernández

Tutora: Heliodoro Tejedor Navarro.

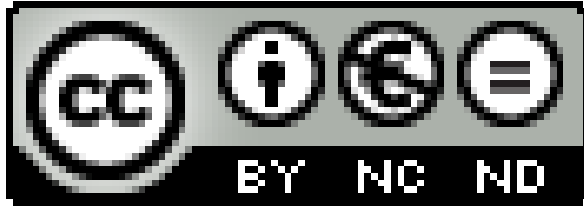
Profesor: Joan Arnedo Moreno

Máster Universitario en Diseño y Programación de Videojuegos

Diseño de experiencias de juego

16 de junio de 2024

Créditos/Copyright



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial - SinObraDerivada [3.0 España de Creative Commons.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

Copyright © 2024 Miguel Ángel Barceló Hernández.

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Diseño de un videojuego de aventuras para personas invidentes</i>
Nombre del autor:	<i>Miguel Ángel Barceló Hernández</i>
Nombre del colaborador/a docente :	<i>Heliodoro Tejedor Navarro</i>
Nombre del PRA:	<i>Joan Arnedo Moreno</i>
Fecha de entrega (mm/aaaa):	<i>MM/AAAA</i>
Titulación o programa:	<i>Máster Universitario en Diseño y Programación de Videojuegos</i>
Área del Trabajo Final:	<i>TFM - Diseño de experiencias de juego</i>
Idioma del trabajo:	<i>Español</i>
Palabras clave	<i>Invidentes, aventura, prototipo</i>

Resumen del Trabajo

Este trabajo consiste en el desarrollo de un videojuego de aventuras orientado a usuarios invidentes. El objetivo es desarrollar un videojuego (demo) con mecánicas tales que permitan al usuario experimentar las mismas sensaciones que experimenta un usuario con visión al jugar un videojuego de aventuras.

Para comprobar la facilidad de desenvolverse con las mecánicas creadas se hará un tutorial de aprendizaje. Después se desarrollará un nivel de juego donde el jugador podrá experimentar todas las sensaciones de un videojuego formando mapas mentales basándose en los elementos de audio de la escena i sus posiciones.

Este trabajo dará pie al desarrollo de un videojuego comercial con todos los elementos que se pueden encontrar en un juego de aventuras orientado a personas invidentes.

Enlace al repositorio del código GitLab junto con el archivo "Ejecutable.zip"

Abstract

This thesis consists of the development of an adventure video game for blind users. The aim is to develop a video game (demo) with mechanics that allow the user to experience the same sensations that a sighted user experiences when playing an adventure video game.

The aim is to develop an original game to avoid being a mere copy.

In order to test how easy it is to get along with the developed mechanics, a learning tutorial will be created. Then a level will be developed where the player will be able to experience all

the sensations of a video game by making mental maps based on the audio of the scene and its positions.

This work will lead to the development of a commercial video game with all the elements of an adventure game for blind people.

Link to the GitLab code repository along with the “Ejecutable.zip” file

Agradecimientos

Un profundo agradecimiento a mi familia, quienes me brindaron su amor incondicional y apoyo emocional durante el tiempo que ha durado este aprendizaje. Gracias Félix por creer en mí siempre, "AveFeFenix". Extiendo mi agradecimiento a la Universitat Oberta de Catalunya por darme la oportunidad de realizar este Master, así como a los profesores y al tutor de este trabajo.

Abstract

This thesis consists of the development of an adventure video game for blind users. The aim is to develop a video game (demo) with mechanics that allow the user to experience the same sensations that a sighted user experiences when playing an adventure video game.

The aim is to develop an original game to avoid being a mere copy.

In order to test how easy it is to get along with the developed mechanics, a learning tutorial will be created. Then a level will be developed where the player will be able to experience all the sensations of a video game by making mental maps based on the audio of the scene and its positions.

This work will lead to the development of a commercial video game with all the elements of an adventure game for blind people.

Resumen

Este trabajo consiste en el desarrollo de un videojuego de aventuras orientado a usuarios invidentes. El objetivo es desarrollar un videojuego (demo) con mecánicas tales que permitan al usuario experimentar las mismas sensaciones que experimenta un usuario con visión al jugar un videojuego de aventuras.

Para comprobar la facilidad de desenvolverse con las mecánicas creadas se hará un tutorial de aprendizaje. Después se desarrollará un nivel de juego donde el jugador podrá experimentar todas las sensaciones de un videojuego formando mapas mentales basándose en los elementos de audio de la escena i sus posiciones.

Este trabajo dará pie al desarrollo de un videojuego comercial con todos los elementos que se pueden encontrar en un juego de aventuras orientado a personas invidentes.

Palabras clave

Invidentes, aventura, prototipo

Índice

1. Introducción.....	10
1.1. Introducción/Prefacio.....	10
1.2. Descripción/Definición	10
1.3. Objetivos generales	11
1.3.1. Objetivos principales.....	11
1.3.2. Objetivos secundarios	12
1.4. Metodología y proceso de trabajo.....	12
1.5. Planificación.....	13
1.6. Presupuesto	13
1.7. Estructura del resto del documento	14
2. Análisis de mercado	15
2.1. Público objetivo (i.e. <i>target audience</i>) y perfiles de usuario.....	15
2.2. Competencia/Antecedentes (o marco teórico/estado del arte)	16
2.2.1. Gráfica de posicionamiento	17
2.3. Análisis DAFO.....	18
3. Propuesta.....	21
3.1. Definición de objetivos/especificaciones del producto	21
3.2. Modelo de negocio	22
3.2.1. Recursos necesarios y costos.....	22
3.2.2. Mercado potencial	23
3.2.3. Cálculo de ingresos.....	24
3.2.4. Rentabilidad y tasa de quema	24
3.3. Estrategia de marketing.....	25
3.3.1. Marca.....	26
3.3.2. Estrategia de ventas	26
4. Diseño.....	28
4.1. Arquitectura general de la aplicación/sistema/servicio	28
4.1.1. Elementos generales	28

4.2. Arquitectura del proyecto.....	30
4.3. Diseño e interfaces.....	34
4.3.1. Estilos.....	35
4.3.2. Usabilidad /UX	35
4.4. Lenguajes de programación y APIs utilizados	38
5. Implementación.....	39
5.1. Análisis de la implementación.....	39
5.1.1. Jugabilidad.....	39
5.1.2. Accesibilidad	42
5.1.3. Otras consideraciones	44
6. Demostración	45
6.1. Instrucciones de uso.....	45
7. Conclusiones y líneas de futuro	46
7.1. Conclusiones	46
7.2. Líneas de futuro.....	47
Bibliografía.....	48
Anexos.....	51

Figuras y tablas

Índice de figuras

Figura 1: Gráfica de posicionamiento	18
Figura 2: Esquema de GameObjects del nivel 1.....	31
Figura 3: Componentes del GameObject Player	32
Figura 4: Scripts correspondientes al nivel 1 en la ventana Project	33
Figura 5: Diseño guía para el menú principal.....	34
Figura 6: Diseño guía para instrucciones y créditos.....	35
Figura 7: Distribución de los sonidos ambiente en la ciudad.....	39
Figura 8: Distribución de las fuentes de audio de los semáforos	40
Figura 9: Distribución de enemigos en un área del nivel 2	41
Figura 10: Ejemplo de referencia gráfica del nivel 1	42
Figura 11: Ejemplo de referencia gráfica del nivel 2.....	43

Índice de tablas

Tabla 1: Planificación de hitos.....	13
Tabla 2: Tabla del análisis DAFO.....	20
Tabla 3: Tabla rentabilidad para una pequeña empresa de videojuegos.....	25
Tabla 4 Características del equipo	38

1.Introducción

1.1. Introducción/Prefacio

Cada vez hay más personas con problemas de visión e incluso con ceguera total, sin embargo las tecnologías son desarrolladas, en gran parte, para personas sin estos problemas. Además con la ceguera suele haber algún problema cognitivo asociado que impide a las personas con problemas graves de visión aprender, divertirse o hacer tareas cotidianas con normalidad. Por lo tanto es importante llevar la tecnología y los videojuegos a las personas invidentes. Así como prevenir y estudiar los trastornos cognitivos usando el mismo tipo de tecnología. De hecho, según la organización *Euro Blind Union*^[1], en la Unión Europea cerca de 30 millones de personas son ciegas, con discapacidad visual o baja visión. Muchos de estos afectados son jóvenes ciegos, de no más de 30 años.

1.2. Descripción/Definición

Por todo el expuesto en el punto anterior, el proyecto consta de un videojuego de aventuras orientado a personas invidentes. La idea es obtener unas mecánicas de juego que permitan realizar acciones complejas sin la necesidad de componentes gráficos. Los resultados se usarán, más allá del TFM, para desarrollar un videojuego comercial y una empresa desarrolladora de este tipo de productos, más adelante se profundizará en la posibilidad de detectar problemas cognitivos monitorizando el desempeño del jugador.

Hace unos años realicé unas pruebas para comprobar la posibilidad que una persona ciega pudiera jugar a un videojuego sin necesidad de estar recibiendo información explícita de los elementos que conforman la escena. Los resultados fueron bastante buenos y con el tiempo he pensado en realizar un producto vendible que satisficiera la necesidad lúdica de las personas invidentes. Además, se planteó la opción de desarrollar herramientas de detección de problemas cognitivos.

El videojuego trata de un/a estudiante que lleva una vida normal y repentinamente tiene que adaptarse para sobrevivir a una especie de mutación que convierte a los seres humanos en descontrolados monstruos insaciables. A lo largo del juego descubrirá que estas mutaciones son provocadas por extraterrestres que pretenden cambiar los hábitos del planeta para hacerlos aptos a su especie.

El jugador dispondrá de información auditiva que conformará todos los elementos de la escena. Esta información no será explícita, es decir si el jugador se acerca a una carretera y siente ruido de vehículos podrá deducir si hay mucho tráfico y a qué distancia aproximada

se encuentra un vehículo en particular. Igualmente ocurrirá con los enemigos, según los sonidos que el jugador percibe puede deducir si el enemigo está más cerca o más lejos y por qué dirección se aproxima.

Para realizar el guion del juego final, se ha utilizado como orientación el *monomito*^[2] de Joseph Campbell donde se explican las 17 etapas que tienen los relatos épicos.

Por otro lado, el sonido es un aspecto fundamental para el proyecto. En un principio se pensó en el sonido *binaural*^[3], es decir reproducir sonidos a través de auriculares, de manera que cada oído reciba un estímulo sonoro ligeramente diferente. Esto crea una ilusión de sonido tridimensional y permite una mayor percepción de los detalles y la espacialidad del sonido. Aunque debido a la complejidad de obtención de las fuentes necesarias finalmente se utilizarán las herramientas del entorno de Unity para la reproducción de audio.

Con este trabajo se pretende desarrollar unas mecánicas óptimas para el desarrollo del videojuego final. Además se espera despertar el interés de otras personas que quieran involucrarse en el proyecto. También se espera que el videojuego sea testado por personas ciegas y así obtener su opinión en cuanto a interés, mejoras y participación en testeos del videojuego comercial. La intención en un futuro es trabajar con metodologías *Lean Startup*^[4] y *Design Thinking*^[5].

1.3. Objetivos generales

El objetivo general de este trabajo es la creación de un prototipo que con sus mecánicas bien desarrolladas y una interacción con las personas ciegas adecuada permita interactuar sin problemas por las diferentes escenas.

1.3.1. Objetivos principales

- Creación de mecánicas según lo comentado anteriormente.
- Creación de puzzles y escenas de acción fáciles de jugar de acuerdo con las mecánicas desarrolladas.
- Realizar un diseño de niveles con un guion que equilibre las escenas y puzzles dentro de una narrativa convincente y atractiva para el jugador.
- Finalizar la demo por completo con la BSO y los recursos de audio (sonido *binaural*^[3] o adaptado con Unity según recursos y facilidad de implementación).

1.3.2. Objetivos secundarios

- Entender la manera en que las personas invidentes perciben la información. Pensar cómo se podría almacenar las acciones de los jugadores para evaluar si hay algún problema cognitivo.
- Aunque es complicado con tan poco tiempo, sería una buena experiencia poder hacer partícipe a una persona ciega en el proyecto como asesora.

1.4. Metodología y proceso de trabajo

Para desarrollar un nuevo videojuego se realizan los siguientes pasos:

- Creación del guion de la aventura teniendo en cuenta los recursos necesarios y a los usuarios a los cuales va dirigido.
- Investigación, creación u obtención de los audios en el sistema necesario para componer la escena.
- Desarrollo del menú principal con la banda sonora.
- Testeo y corrección del menú principal.
- Desarrollo de la escena tutorial.
- Testeo y corrección del tutorial.
- Desarrollo de la escena de juego con todos los elementos de juego.
- Testeo y corrección de la escena de juego.
- Desarrollo de una escena final.
- Testeo y corrección de la escena final.
- “Building” de la demo en Windows.

Cómo se puede observar la metodología es similar a *Lean Startup*^[4], aunque adaptada al tiempo disponible. Las pruebas se intentará realizarlas con personas invidentes aunque actualmente no se dispone de ningún tester.

1.5. Planificación

La planificación con las fechas clave queda de la manera siguiente:

- Hito 1 (■): Creación del guion del videojuego y entrega de la PEC1. (24 de Marzo)
- Hito 2 (■): Desarrollo y testeo del menú principal. Entrega de la PEC2 (21 de Abril).
- Hito 3 (■): Desarrollo y testeo de la escena de tutorial. Entrega de la PEC3 (19 de Mayo).
- Hito 4 (■): Desarrollo y testeo de la escena de juego. Entrega de la PEC4 (16 de Junio).
- Hito 5 (■): Desarrollo y testeo de la escena final. Creación de la demo final. Entrega de la PEC5 (30 de Junio). Finalización de la memoria del TFM.

	Febrero - 24 Marzo	25 Marzo – 21 Abril	22 Abril – 19 Mayo	19 Mayo– 16 Junio	16 - 30 Junio
Hito 1	■ ■ ■ ■				
Hito 2		■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■			
Hito 3			■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■		
Hito 4				■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■	
Hito 5					■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Tabla 1: Planificación de hitos

1.6. Presupuesto

Para este trabajo no es necesario un presupuesto puesto que todas las herramientas necesarias son gratuitas.

Sin embargo para desarrollar y publicar un videojuego comercial, sí que es necesario contratar ciertos perfiles profesionales. Además hay unos costes derivados del propio desarrollo.

A continuación se detalla un posible presupuesto para el desarrollo del videojuego comercial pensante en perfiles “sénior”:

- Coste salarios anuales: 140.000 € (CEO, 2x programadores, especialista sonido 3D)
- Marketing digital: 4.800 € (Externalizado) + costes variables segundos campañas.
- Alquiler local: 500 €/mes
- Mobiliarios: 600 €
- Ordenadores: 4.000 €
- Licencias software: 7.508 €
- Gastos recurrentes: 3.000 €

- Impuesto autónomo: 234 €/ mes
- Costes legales de creación de la empresa: 1000€ Por lo tanto, para desarrollar un videojuego en el plazo de 1 año el coste sería aproximadamente de 170.000 €.

Se han de ingresar 3000 € de depósito obligatorio. Aunque se pueden usar por ejemplo para comprar ordenadores y no computa como gasto.

1.7. Estructura del resto del documento

En los siguientes apartados encontramos el análisis del mercado, un breve estudio financiero-económico y estado del arte. Seguidamente, se presentará la propuesta del juego, explicando su origen e idea, todas sus mecánicas con su funcionamiento, la narrativa y la ambientación mediante el audio. En el apartado de “Diseño” se muestra la implementación de todo.

Después se describen las sensaciones y el resultado obtenido. Aquí se explicará detalladamente todos los procesos que se han superado para crear el videojuego.

A continuación, se recogerán los datos del apartado “Demostración” para sacar conclusiones y valorar el resultado sobre el trabajo realizado. En base a esto se hará un comentario respecto del desarrollo del videojuego comercial basado en el prototipo creado.

Finalmente, se hace una valoración personal de todo el trabajo realizado.

2. Análisis de mercado

En este capítulo se muestran los datos que enmarcan el público objetivo al que va dirigido el videojuego, así como otros productos semejantes al que se propone en este trabajo y que se encuentran disponibles en el mercado.

2.1. Público objetivo (i.e. *target audience*) y perfiles de usuario

El público objetivo principal, son personas ciegas usuarias de tecnología. Su problemática es la falta de diversidad de productos tecnológicos diseñados para ellas, especialmente las creadas para el ocio. Para llegar a esta conclusión se realizaron unas pruebas para enfocar en el tipo de producto a desarrollar.

Entre las personas de prueba encontramos un programador web invidente acostumbrado al uso de tecnología. Este usuario al utilizar los diseños de prueba (estos diseños no tienen relación con este trabajo) tuvo una respuesta muy positiva ya que era la primera vez que usaba un juego con control propio para personas ciegas.

Sin embargo otra persona de pruebas, una profesora invidente que da clases a niños también invidentes y con diferentes problemáticas asociadas, no acababa de interactuar correctamente con el juego de prueba y se sentía frustrada hasta el punto de pensar que la aplicación estaba estropeada. Con la ayuda del primer usuario se llegó a la conclusión de que la cuestión era que el nivel del juego debería regularse según la habilidad del jugador. La cuestión es que es posible que la ceguera de algunas personas venga dada por otras enfermedades que pueden también afectar a otras habilidades cognitivas.

Se ha realizado una prueba similar con un par de personas sin problemas visuales y curiosamente los resultados han sido similares. Uno de los testers es usuario habitual de tecnología y la idea le ha atraído bastante a pesar de que la demo no disponía de gráficos. Sin embargo la segunda usuaria no conseguía entender la mecánica de juego.

Por lo tanto se puede generalizar que el target del videojuego sería el siguiente:

- **Personas invidentes:** Este sería nuestro principal target, de hecho el primer producto será un videojuego diseñado para estas personas. Dado el limitado número de videojuegos diseñados expresamente para este segmento de la población, pensamos que tendrá buena acogida en el mercado.

- **Jugadores de videojuegos casuales:** Este target secundario probaría nuestro videojuego por curiosidad y para experimentar algo diferente. Son una oportunidad de encontrar un espacio en el mercado generalista de videojuegos.
- **Centros especiales para invidentes:** En este caso tenemos la posibilidad de ofrecer el videojuego a organizaciones de discapacitados visuales. En principio no es nuestro mercado principal.
- **Organizaciones relacionadas con la neuropsicología o neurociencia** en general: No es un mercado objetivo, pero dado que a partir de este trabajo se pretende desarrollar otros videojuegos que puedan monitorizar o detectar problemas cognitivos, quizás se pueda llamar la atención de estas entidades a partir de este trabajo.

Además de todo lo expuesto se ha de tener en cuenta la barrera generacional debido a la edad, por lo tanto se hace un sesgo respecto a las personas mayores de 50 años. Aunque cada vez más, la edad de los usuarios tecnológicos aumenta debido al envejecimiento de los primeros usuarios de videojuegos.

2.2. Competencia/Antecedentes (o marco teórico/estado del arte)

Actualmente se pueden encontrar algunos videojuegos de bajo presupuesto desarrollado para personas ciegas:

- **The Vale: Shadow of the Crown**^[6] es un juego desarrollado por las compañías *Creative Bytes Studios* y *Falling Squirrel*. *Falling Squirrel* es un estudio fundado en 2017 que se define como los pioneros en avances en diseño narrativo y mecánica de juego basada en audio para personas con discapacidad visual. Las mecánicas de este juego son muy parecidas a las utilizadas en los prototipos que se han desarrollado para las pruebas antes mencionadas.
- **Sequence Storm**^[7] es un juego musical donde el jugador controla un vehículo futurista siguiendo el ritmo de una canción. Está desarrollado por *Special Magic Games*, compañía formada por un solo desarrollador que se financia intermediando *Patreon*. El juego está totalmente adaptado para poder ser jugado por personas ciegas.

- **Papa Sangre**^[8], es un juego de terror para el sistema IOs sin ningún tipo de componente visual. Fue creado en diciembre de 2010 por la compañía *Somethin'else*. Actualmente esta compañía se dedica básicamente a la realización de Podcasts. El juego es muy parecido a la idea del prototipo a realizar en este trabajo. Una aventura donde el jugador puede moverse libremente y actuar según los inputs sonoros que va recibiendo. A lo largo de la aventura hay puzles y momentos en los cuales el jugador tendrá que actuar con rapidez.
- **Lost and Hound**^[9] es un juego que puede ser jugado tanto por personas ciegas como por personas sordas. El personaje del juego es un perro que tiene que resolver misterios utilizando su sentido del olfato. El videojuego está disponible tanto para PC como para Nintendo Switch y ha sido desarrollado por *Daisy Ale Sounds*, un desarrollador independiente australiano.

Hay infinidad de videojuegos tipo elige tu propia aventura o novelas interactivas a los cuales cualquier persona con problemas de visión puede jugar.

Aun así son una excepción entre la inmensa cantidad de títulos que se publican continuamente. En cuanto a las grandes empresas de videojuegos, a lo sumo lo que hacen es “adaptar” mediante avisos, a modo de sonidos, cuando el videojuego requiere realizar una acción. Por lo tanto, la persona invidente tiene muchos problemas para poder sumergirse en las dinámicas de estos videojuegos.

2.2.1. Gráfica de posicionamiento

En el apartado anterior se han escogido cuatro juegos destacables en el ámbito de la discapacidad visual, todos de una alta jugabilidad y adaptación a los jugadores ciegos. Los cuatro competidores son muy similares en cuanto a jugabilidad y desarrollo del juego para las personas ciegas, pero *Sequence Storm*^[7] de la empresa *Special Magic Games* tiene el problema que al tratarse de un juego musical se puede hacer difícil escuchar los avisos de las indicaciones y eso despista al jugador. Los otros tres juegos tienen una jugabilidad y prestaciones muy parecidas. En el caso de este trabajo se quiere mantener la calidad y ofrecer al usuario la adaptación del juego a sus necesidades de reacción y dificultad.

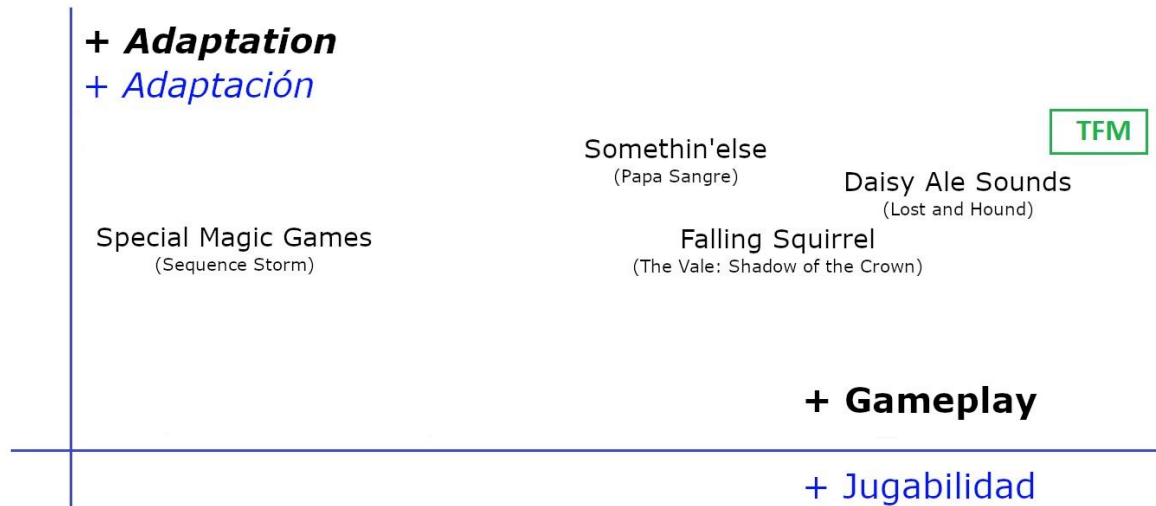


Figura 1: Gráfica de posicionamiento

2.3. Análisis DAFO

Obviamente este tipo de análisis trata de identificar las carencias y virtudes del proyecto. Quizás en el estado actual del videojuego hay riesgo de no ser capaz de superar los puntos ciegos en el propio pensamiento. Como metodología de trabajo, una vez realizado el desarrollo del juego y testeado este con un “usuario objetivo” se harán patentes virtudes y defectos que ahora no son previsibles. Entramos en el análisis propiamente dicho:

- **Debilidades:** La principal debilidad es no tener los recursos (financiación) suficientes para desarrollar en su totalidad una idea como la expuesta en este trabajo. Esto conlleva a la imposibilidad de acceder a herramientas de pago o elementos de calidad para la composición del videojuego. También es una debilidad la falta de equipo, el proyecto piloto está siendo desarrollado por el estudiante sin contar con un equipo de desarrollo compuesto de los perfiles necesarios para la realización de las diferentes tareas que componen el desarrollo del videojuego. Otra debilidad es el tiempo disponible para realizar la demo, ya que en tres meses es difícil realizar un trabajo depurado donde se pueda mostrar todo el potencial de la idea. Aunque bien es cierto que la finalidad de este trabajo no es la de crear un juego comercializable sino mostrar las habilidades adquiridas a lo largo de la formación realizada.

- **Amenazas:** Como amenaza se encuentra el hecho de que otro emprendedor o empresa desarrolle un producto igual al aquí expuesto y cope el mercado. No sería el primer caso, hay organizaciones que buscan la innovación de otros para hacerla suya. El robo de la idea es algo con lo que todo emprendedor ha de vivir. También cabe decir que lo que se le ocurre a una persona se le puede ocurrir a cien.

Puede ocurrir que se produzca un avance tecnológico que haga que el proyecto quede obsoleto antes de llegar al mercado. Lo que hoy es una innovación mañana se convierte en algo arcaico. Por ejemplo, el constante avance en IA puede provocar que en cuestión de meses nos encontremos con desarrolladores artificiales que realicen proyectos innovadores de forma autónoma.

Una amenaza es la dificultad propia del desarrollo del videojuego, pueden ocurrir circunstancias inesperadas que repercutan en el tiempo dedicado al trabajo o simplemente puede ser que una mala planificación dé al traste con el proyecto.

- **Fortalezas:** Como principal fortaleza está el hecho de ser un proyecto social orientado hacia las personas invidentes que entra dentro de la *Tiflotecnología*^[10]. Es decir se analiza la necesidad tecnológica de las personas con discapacidad visual y se resuelve la exclusión de estas producida en el ámbito de los videojuegos. Esta es una manera de luchar contra la analfabetización digital que sufren los invidentes.

Otra fortaleza es la experiencia en emprendimiento tecnológico del promotor de la idea. En este caso se trata del estudiante que fundó hace unos años una empresa tecnológica donde se contrató a dos personas en riesgo de exclusión social y con ello se les dio una oportunidad en el ámbito del desarrollo de software publicitario. También entra en este punto la metodología *Lean Startup*^[4] que permite minimizar la incerteza y maximizar el aprendizaje, con lo que se puede rectificar en tiempo de desarrollo problemas que se darían tras la publicación del juego.

Además de todo lo expuesto, el prototipo permite comprobar si la idea es aceptada por el público objetivo. De esta manera se puede pivotar para adaptarse a los gustos y necesidades del público objetivo. Por último el hecho de que el mercado de videojuegos para invidentes sea escaso, puede hacer que el hecho de que otros copien la idea pase de amenaza a fortaleza ya que hace que se busquen más este tipo de productos al ser escasos en el mercado.

- **Oportunidades:** El auge de la creación de tecnología para invidentes en los últimos años es una oportunidad de atraer a estas personas hacia el uso del videojuego. Además también hay más inversión en cuestiones sociales como la adaptación tecnológica para las personas con discapacidad, lo cual actualmente incluso está muy bien valorado.

También es una oportunidad la inversión tecnológica más generalista que ya es una constante y hay inversores que están especializados en la búsqueda de “unicornios tecnológicos” que les proporcione grandes beneficios en un corto plazo de tiempo.

El uso periódico de aplicaciones por parte de las personas ciegas como ayuda en su día a día también es una oportunidad de penetrar en el mercado de la *Tiflotecnología*^[10] a través de los videojuegos.

El excelente momento del mercado del videojuego es indudablemente una oportunidad que no se puede dejar pasar. Según la empresa de asesoramiento e inteligencia de mercados *Mordor Intelligent*^[11], en el presente año se espera que el volumen de mercado sea de 272,86 mil millones de dólares y continuará creciendo considerablemente en los próximos años debido al continuo desarrollo tecnológicos y el empuje de los desarrolladores de países emergentes que se esfuerzan por producir videojuegos independientes y distribuirlos a través de la nube. La IA también puede ser una oportunidad de innovar en estos productos.

<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de recursos - Falta de equipo de desarrollo - Límite de tiempo 	<p>Amenazas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Robo de la idea - Rápido avance tecnológico - Difícil desarrollo del videojuego
<p>Fortaleza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proyecto social - Experiencia en emprendimiento - Metodología <i>Lean Startup</i> - El robo de la idea pasa a ser una fortaleza, hace que crezca el mercado. 	<p>Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auge en tiflotecnología - Inversión en tecnología - Usuarios tecnológicos invidentes. - Fortaleza del mercado del videojuego

Tabla 2: Tabla del análisis DAFO

3.Propuesta

La propuesta consta de un videojuego creado para invidentes donde la UX/UI se diseña para un fácil uso por parte del jugador. El juego consistirá en una aventura en primera persona donde el jugador se desenvolverá con su entorno y los distintos NPCs mediante la información auditiva que irá recibiendo durante el juego. El jugador tendrá libre movimiento e irá conociendo los elementos de su alrededor según se los vaya encontrando de manera que podrá crear un mapa mental del espacio en el que se encuentra el personaje y los objetos que componen la escena. Se plantearán pruebas y retos donde se tendrá que usar la memoria y la destreza para superar los problemas encontrados durante la aventura. De esta manera el jugador pondrá a prueba su percepción, atención y razonamiento. En los entornos abiertos el jugador tendrá que orientarse correctamente para alcanzar los puntos claves del juego.

En un futuro se pretende que la desenvoltura del jugador se almacene de manera que se pueda monitorizar su progreso y comprobar si este se encuentra dentro de los registros normales o si puede haber alguna anomalía cognitiva.

3.1. Definición de objetivos/especificaciones del producto

Los objetivos del producto ya se han comentado en el punto [1.3. Objetivos generales](#) de este documento. A continuación se listan a modo de recordatorio:

- Creación de mecánicas según lo requerido en el proyecto.
- Creación de puzzles y escenas de acción fáciles de jugar de acuerdo con las mecánicas desarrolladas.
- Realizar un diseño de niveles con un guion que equilibre las escenas y puzzles dentro de una narrativa convincente y atractiva para el jugador.
- Finalizar la demo por completo con la BSO y los recursos de audio (sonido *binaural*^[3] o adaptado con Unity según recursos y facilidad de implementación).
- Entender la manera en que las personas invidentes perciben la información. Pensar cómo se podría almacenar las acciones de los jugadores para evaluar si hay algún problema cognitivo.
- Aunque es complicado con tan poco tiempo, sería una buena experiencia poder hacer partícipe a una persona ciega en el proyecto como asesora.

3.2. Modelo de negocio

El modelo de negocio es de tipo *B2C*, es decir el producto se ofrece directamente al consumidor. Aunque bien es cierto que se utilizarán plataformas para distribuirlo como *Steam*, *uPlay*, *GOG*, *Battle.net*, *EpicGames*, *AmazonGames*, etc. El videojuego también se ofrecerá a través de su página web y de redes sociales. Obviamente estos medios estarán adaptados al público al que va dirigido el producto.

En este apartado además de exponer el modelo de negocio, también se ha realizado el estudio de los recursos necesarios y su coste (en el apartado [1.6 Presupuesto](#) ya se hace mención de los posibles costes del proyecto), aunque de forma breve ya que no se trata de realizar un “Business Plan”. De esta manera se obtendrá una previsión de los posibles beneficios en un tiempo de tres años de venta del videojuego. Se calculará la financiación necesaria para mantener el equipo de desarrollo completo durante el un año. Por último se muestra un bance muy resumido a cinco años vista de una pequeña empresa desarrolladora de videojuegos como el expuesto en este trabajo.

3.2.1. Recursos necesarios y costos

Los recursos necesarios para desarrollar y publicar el videojuego son los siguientes:

Equipo desarrollador:

- CEO: Dirección del proyecto y toma de decisiones. Ha de conocer el ámbito de la discapacidad visual y el desarrollo de videojuegos. Ha de ser capaz de realizar o al menos entender las tareas del resto del equipo. Realizará también las funciones de diseñador de niveles junto a los programadores.
- Programadores: Experiencia en Unity (otro IDE o lenguaje de programación será tenido en cuenta). Mente creativa y analítica.
- Ingeniero/técnico de sonido: Experiencia en sonido 3D (8D, holofónico, binaural), edición y creación de audio. Conocimientos de Unity.

IDE y Hosting:

- Entorno de desarrollo de videojuegos: Licencia de Unity Pro.
- Programa profesional de edición de audio como Adobe Audition.
- Página web: Dominio y hosting de la página web.

Recursos materiales:

- Equipos informáticos: Ordenadores e impresora.

- Mobiliario: Mesas y sillas.
- Local: Local adecuado para la realización de la actividad de desarrollo.

Teniendo todo esto en cuenta se ha realizado una búsqueda de precios para poder hacer una estimación aproximada de los costos de desarrollo durante un año. Los resultados son los siguientes:

- Coste salarios anuales: 140.000 € (CEO, 2x programadores, especialista sonido 3D)
- Márquetin digital: 4.800 € (Externalizado) + costes variables según campañas.
- Alquiler local: 500 €/mes
- Mobiliarios: 600 €
- Ordenadores: 4.000 €
- Licencias software: 7.508 €
- Gastos recurrentes: 3.000 €
- Impuesto autónomo: 234 €/ mes
- Costes legales de creación de la empresa: 4.000€ (se incluyen 3.000 € de depósito obligatorio)

Por lo tanto, los datos nos dicen que **para desarrollar el videojuego en el plazo de 1 año el coste sería aproximadamente de 170.000 €.**

3.2.2. Mercado potencial

En el punto [2.1. Público objetivo](#) se ha establecido a quien va dirigido el videojuego. Ahora se establecerá que cuota de mercado tiene ese público objetivo, para ello se ha analizado la cantidad de personas con discapacidad visual en Europa y el resultado se ha acotado según edad y uso habitual de la tecnología.

En la Unión Europea cerca de 30 millones de personas son ciegas, con discapacidad visual o baja visión. Muchos de estos afectados son jóvenes ciegos, de no más de 30 años.

En concreto las cifras de personas con discapacidad visual son:

2.550.000 personas ciegas y

23.800.000 personas con baja visión, lo que da un total de

26.350.000 personas con discapacidad visual.

Además **alrededor del 80% de las personas con discapacidad visual son mayores de 50 años**, por lo tanto nuestro mercado principal será de unas 510.000 personas,

ciegas menores de 50 años. Aunque esto no significa que tanto personas de mayor edad como personas videntes pero con baja visión no vayan a usar nuestros productos.

Como no tenemos datos de cuantas de estas personas son usuarios de videojuegos o tecnología, suponemos un máximo de 250.000 unidades vendidas.

Para ser más realistas, vamos a tener en cuenta las personas que no usan tecnología bien por ser demasiado jóvenes o por tener alguna dificultad física que se lo impida. Como tampoco tenemos datos específicos suponemos que **nuestro mercado quedaría en un total de 50.000 personas en la UE.**

3.2.3. Cálculo de ingresos

Una vez están todas las hipótesis planteadas se realiza un cálculo de ingresos y beneficios durante tres años y aplicando las observaciones realizadas en las ventas de los videojuegos comentados en el [apartado 2.2. Competencia/antecedentes](#). Esta observación, aproximada para el total de los videojuegos analizados, muestra que durante el primer año se realizan el 60% de las ventas, el segundo año un 20% y el tercer año otro 20%. Después quedan unas ventas residuales que dependen del tipo de campañas que se ofrecen al público. Estos datos se han obtenido analizando las cifras de ventas mostradas en *SteamDB*^[12].

Además se ha supuesto que el videojuego será publicado en la plataforma Steam a un precio de 20 € por unidad. Teniendo en cuenta que por cada unidad vendida la plataforma se queda entre un 35% y un 60% obtenemos los siguientes resultados:

Hipótesis en el porcentaje de ventas en tres años para 50.000 unidades en Europa:

Primer año: 60% -> 30.000 unidades vendidas

Segundo año: 20% -> 10.000 unidades vendidas

Tercer año: 20% -> 10.000 unidades vendidas

Descontando las tasas de las plataformas de publicación (se suponen unos 8 € netos ingresados por juego) tenemos una **previsión de ingresos de 400.000 € en tres años.**

3.2.4. Rentabilidad y tasa de quema

Para los cálculos de rentabilidad se supone que cada año se desarrolla un nuevo videojuego con las mismas hipótesis comentadas en los puntos anteriores. De esta manera podemos calcular los datos de rentabilidad de una pequeña empresa que se dedica a la creación de videojuegos como el expuesto en este trabajo.

Dado que el primer año es de desarrollo y marketing, tenemos los siguientes datos:

Costes totales anuales: 170.000 €

Costes mensuales: 14.167 €

Tal y como se ha expuesto en el punto anterior, los ingresos se suponen de un 60% de las ventas totales durante el primer año de la salida de un videojuego y un 20% durante el segundo y otro 20% en el tercero. Esto nos lleva a los siguientes resultados:

	Ingresos	Gastos	Balance
Primer año:	0 €	170.000 €	-170.000 €
Segundo año	240.000 €	170.000 €	-70.000 €
Tercer año	240.000 € + 80.000 €	170.000 €	50.000 €
Cuarto año	240.000 € + 80.000 € + 80.000 €	170.000 €	450.000 €
Quinto año	240.000 € + 80.000 € + 80.000 €	170.000 €	930.000 €

Tabla 3: Tabla rentabilidad para una pequeña empresa de videojuegos

Con estas hipótesis tenemos que **el punto muerto se alcanza durante el tercer año**. Esto implica que será necesario financiarse también durante el segundo año.

Suponiendo una financiación de 170.000 € durante el primer año y 100.000 € durante el segundo año, de cara al inversor las cuentas quedan de la siguiente manera:

El primer año se pagan los costos de fundación y desarrollo con la financiación obtenida para este año. Al ser el primer año de desarrollo no se generan ingresos.

El segundo año se generan los primeros ingresos, pero es necesario volver a financiarse por lo tanto, tras gastos y la devolución de una primera parte de la financiación del primer año quedan 200.000 € a devolver.

Durante el tercer año no es necesario financiarse y tras gastos y la devolución de una segunda parte de la financiación quedan 150.000 € a devolver.

En el cuarto año es cuando se devuelve toda la financiación. A partir de este momento quedarían por pagar los intereses en el caso de una financiación mediante deuda o se haría un reparto de dividendos con el socio capitalista hasta cumplir el total estipulado según el pacto de socios acordado.

3.3. Estrategia de marketing

Antes de establecer una estrategia de márketing hay que establecer una imagen y una marca comercial. En los siguientes apartados se establecerá la marca y sus valores.

Después se establecerá la estrategia adecuada para la comunicación y distribución de sus productos, en este caso videojuegos.

3.3.1. Marca

Hay que tener en cuenta que el proyecto está orientado hacia el mundo de la discapacidad visual y las organizaciones dedicadas a este ámbito.

Por tanto se ha pensado en un nombre de empresa genérico relacionado con la tecnología y los productos que se desarrollarán. Como nombre de empresa se ha escogido “**SensoryTech**”.

Por otro lado, para el videojuego, su publicidad y distribución se ha escogido el nombre “**Ecos en la oscuridad: Invasión**”. Este nombre indica la temática del videojuego y sus dinámicas basadas en la percepción auditiva del jugador. Además deja abierta la posibilidad del desarrollo de un segundo videojuego que continúe con la historia contada en el primero.

3.3.2. Estrategia de ventas

Para una buena estrategia de ventas se ha de realizar una buena comunicación con el cliente. De manera que sea posible informar del estado de los nuevos desarrollos, pedir la colaboración, conocer sus necesidades, etc.

Dado que la metodología de desarrollo utilizada es *Learn StatUp*⁴¹, ya se asegura la comunicación bidireccional y que el usuario sea parte del proceso de desarrollo del videojuego. Otros canales de comunicación serán:

- **Atención al usuario:** La atención al usuario recogerá las dudas e inquietudes de estos y les responderá en el menor tiempo posible.
- **CrowdFunding:** Como herramienta de promoción y validación se realizará una campaña de crowdfunding.
- **Newsletter:** Información mediante email sobre los proyectos que se están desarrollando. Campañas de mailing.
- **Redes sociales:** Se muestran los productos y como se trabaja animando al internauta a probar las aplicaciones y enlazándolos a la página web.
- **Web:** Contenido periódico donde se muestran diversos factores de los productos. Resúmenes, instrucciones, contacto, colaboraciones, etc.

En cuanto a la distribución del videojuego, se utilizarán las plataformas más comunes como es el caso de Steam, pero teniendo en cuenta las características especiales del público objetivo se tendrán que buscar otros canales de distribución específicos. A continuación se listan algunos canales de distribución más allá de las plataformas de venta de videojuegos:

- **Web:** Los usuarios pueden descargar las aplicaciones desde la web corporativa que estará adaptada para personas con discapacidad visual.
- **Mejora continua:** Al igual que en el caso de la comunicación, la mejora continua es una forma de dar a conocer el videojuego. Además permitirá obtener las primeras métricas.
- **Colaboración con Organizaciones:** Alianzas con organizaciones para personas con discapacidad visual para promocionar el juego.
- **Redes Sociales:** Uso de las redes sociales para difundir información y actualizaciones y crear comunidad. Especialmente la red social para personas ciegas *Blindwords*^[13].

Respecto a la política de precios, tal y como se explica en el punto [3.2.3. Calculo de ingresos](#) el precio del videojuegos será de 20 € para que la cuestión económica no sea un problema para la adquisición del videojuego.

4. Diseño

A partir de este capítulo (y en los sucesivos, ya que el contenido se puede dividir en más de un capítulo) se tiene que explicar todos los detalles del producto/servicio realizado.

Nota: No todas las sub-secciones propuestas a continuación son aplicables a todos los tipos de TF, por lo cual hay que escoger las más apropiadas según cada caso. También se pueden modificar sus títulos o resumir según se considere conveniente.

El diseño tiene ciertas características diferenciales respecto a un videojuego convencional ya que se prescinde totalmente del aspecto gráfico y se potencia el aspecto sonoro. En los siguientes apartados se explica cómo se han ideado los diferentes aspectos del videojuego para hacer posible su jugabilidad canalizando la información solamente a través del sentido del oído.

4.1. Arquitectura general de la aplicación/sistema/servicio

El proyecto se divide en varias escenas que conforman el videojuego. Estas escenas a su vez están compuestas de diversos elementos que realizan las funciones de objetos con las características necesarias para emular el mundo real.

El entorno de desarrollo utilizado ha sido Unity^[14] en su versión 2022.3.4f1 (Long Term Support Release). Esto es así porque le da todo el sentido al programa educativo realizado para profundizar en el conocimiento de este motor de desarrollo. En el máster universitario de Diseño y Programación de Videojuegos ^[15] se ha utilizado como herramienta principal de aprendizaje el entorno de desarrollo Unity, con el que se ha aprendido gran parte de lo relacionado con el desarrollo de videojuegos.

4.1.1. Elementos generales

Los elementos generales que componen una escena en Unity son llamados GameObjects^[16]. Estos elementos se pueden entender como contenedores de componentes. Los componentes se pueden entender como aquellas características que definen y diferencian los GameObjects, por ejemplo podemos tener un GameObject luz cuyos componentes sean tipo de luz, intensidad, etc. Otro ejemplo de GameObjects puede ser un árbol cuyos componentes sean el color de las hojas, la altura, anchura, etc. Ambos son GameObjects pero la diferencia entre ellos la marcan sus componentes. A grandes

rasgos y recordando que en este videojuego no se utilizan elementos gráficos, las escenas se componen de los siguientes componentes:

Objetos estáticos: Este tipo de objetos conforman el decorado y están compuestos por componentes que realizan las funciones de colisiones físicas y/o por componentes de audio. Entre estos elementos podemos encontrar edificios, zonas ambientales, zonas de obras, carreteras, etc. También pueden contener scripts para realizar acciones complejas.

Personaje: El personaje es el elemento con el cual el jugador interactúa mediante el teclado u otro dispositivo de entrada. Está compuesto por un controlador y/o diversos scripts que modelan su comportamiento. Por ejemplo el personaje puede comportarse como un niño en una escena y como un vehículo en otra. También consta de colisionadores y disparadores (triggers) como elementos de física, y de componentes de audio.

Enemigos: Pueden tener varios niveles de inteligencia y ser de muchos tipos, desde zombies hasta vehículos o trampas. Constan de componentes de audio, colisionadores y scripts que modelan su comportamiento.

Aliados: Estos objetos son similares al objeto personaje con la salvedad que no pueden ser manejados por el jugador y tienen un comportamiento predefinido. En realidad se pueden tomar como un tipo de objeto fantasma especial, ya que no disponen de un componente físico sino que reaccionan a eventos mediante audios y parecen interactuar con el personaje cuando es necesario. Un ejemplo de este tipo de objetos puede ser el hombre que aparece al final del primer nivel y que después acompaña al personaje durante la aventura.

Objetos Fantasma: En este caso se trata de representaciones de audio que dan la apariencia de tener un componente físico e incluso interactuar con su entorno, pero que en realidad no es más que una fuente de audio sin colisionadores. Se puede imaginar un cantante en el área del parque que cuando se acerca el personaje puede echarle unas monedas. Da igual lo que haga el personaje, este objeto no variará su comportamiento pero da la impresión que realmente hay un cantante en esa área y que su fin es obtener monedas.

Otros elementos que conforman el videojuego y que no forman parte directamente de la escena de juego son:

Menús: Los menús están constituidos por botones y paneles que a su vez contienen los audios descriptivos de cada acción. Los botones reaccionan al pasar el ratón por encima reproduciendo la palabra que define su función. Los paneles son objetos que contienen una descripción o narración. No se puede interactuar con ellos, simplemente constan de un audio que reproduce una información determinada, un ejemplo pueden ser las instrucciones del videojuego.

Sistema de carga y guardado de partida: Este elemento almacena el nivel actual y el punto de control actual. Cada vez que el jugador alcanza un nuevo punto de control este queda almacenado y al reiniciar la partida el juego comienza desde ese punto. Para esto se ha utilizado la clase de Unity, `PlayerPrefs`^[17]. Esta clase almacena los datos del jugador entre sesiones de juego. Puede almacenar valores en el registro de la plataforma del usuario. Unity almacena `PlayerPrefs` en un registro local, sin encriptación.

4.2. Arquitectura del proyecto

El proyecto está jerarquizado tal y como se establece el entorno de desarrollo. Unity utiliza el concepto de jerarquías padre-hijo, o parenting, para agrupar `GameObjects`. Un objeto puede contener otros `GameObjects` que heredan sus propiedades. Se puede enlazar `GameObjects` juntos para ayudar a mover, escalar o transformar una colección de `GameObjects`. Cuando se mueve el objeto de nivel superior, o `GameObject` padre, también se mueven todos los `GameObjects` hijos.

En el editor tenemos la jerarquía de elementos que componen la escena (`GameObjects`). Podemos manipular estos objetos desde la ventana Hierarchy^[18]. En la siguiente figura se puede ver el esquema de los `GameObjects` que conforman el nivel 1 del videojuego desde la ventana de jerarquía.

Para cada elemento tenemos sus características o componentes tales como scripts o transformadas dentro de la ventana Inspector^[19]. Aquí se pueden ver y editar propiedades y ajustes para casi todo en el Editor de Unity, incluyendo GameObjects, componentes de Unity, Assets, Materiales, ajustes y preferencias en el Editor.

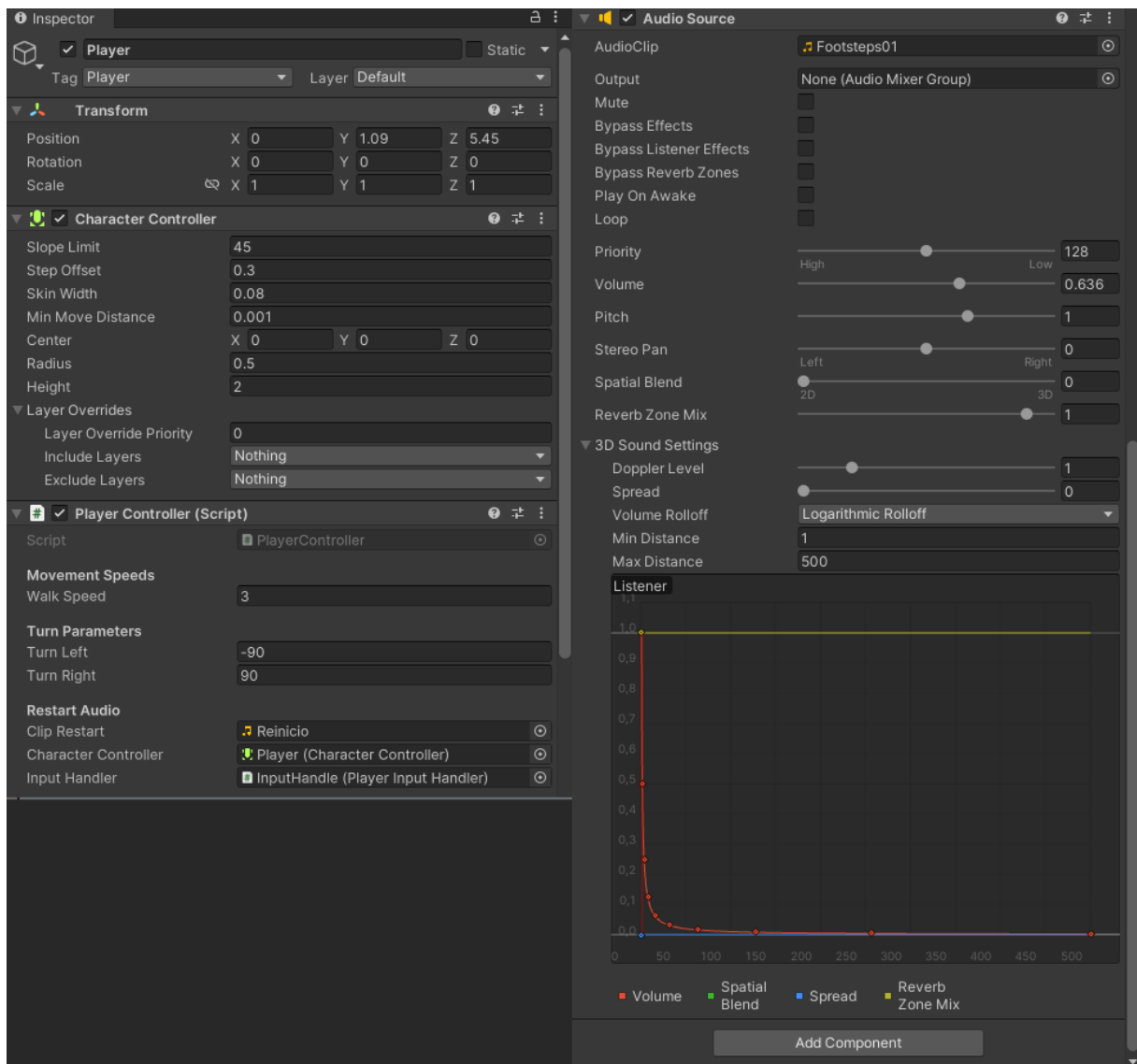


Figura 3: Componentes del GameObject Player

También tenemos la parte de archivos con los assets y ficheros necesarios para crear los diferentes elementos del videojuego. Esto se encuentra en la ventana Project^[20] desde donde se puede acceder y gestionar los assets. El panel izquierdo muestra la estructura de carpetas del proyecto como una lista de jerarquía. Cuando una carpeta es seleccionada, su contenido se muestra en el panel a la derecha. En la siguiente figura se pueden ver los archivos de scripts utilizados en el nivel 1.

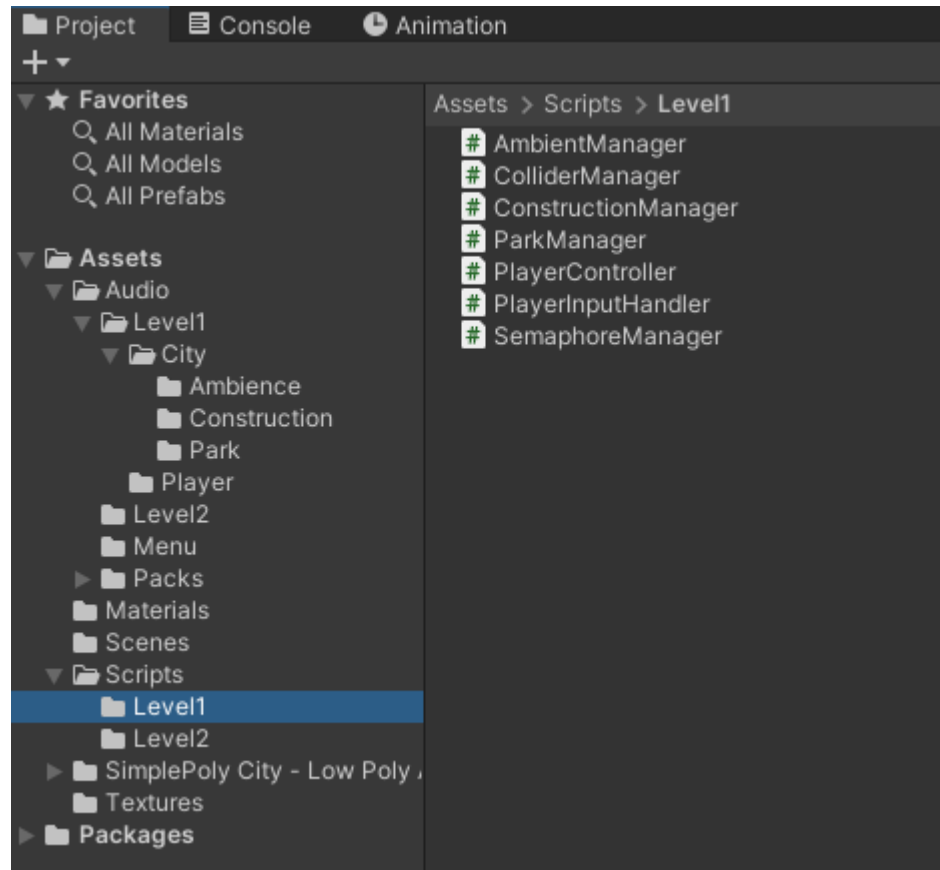


Figura 4: Scripts correspondientes al nivel 1 en la ventana Project

En cuanto a la programación, Unity utiliza el lenguaje C# para la creación de scripts. El scripting^[21] es esencial en Unity. Los scripts son necesarios para responder a las entradas del jugador y para organizar los eventos en el juego. Además, los scripts se pueden utilizar para crear efectos gráficos, controlar el comportamiento físico de los objetos o incluso implementar un sistema de IA personalizado para los personajes del juego.

Para la comunicación entre scripts se han usado variables estáticas^[22], se puede acceder a los miembros estáticos directamente desde una clase sin necesidad de instanciar primero un objeto de la clase. Con las variables estáticas, cada objeto de la clase tiene la misma variable con el mismo valor. Por tanto cambiar el valor de una variable estática

implica que en todos los lugares donde se acceda a ella también se cambiara su valor. Esto es útil, por ejemplo, para pasar el valor del estado de un enemigo a otras entidades que necesiten este dato.

4.3. Diseño e interfaces

Obviamente no hay apartado gráfico que comentar, los menús solo responden con sonido y la pantalla solo muestra un dibujo durante todo el tiempo en el que la aplicación se está ejecutando. Como guía de diseño se ha utilizado el siguiente diseño:

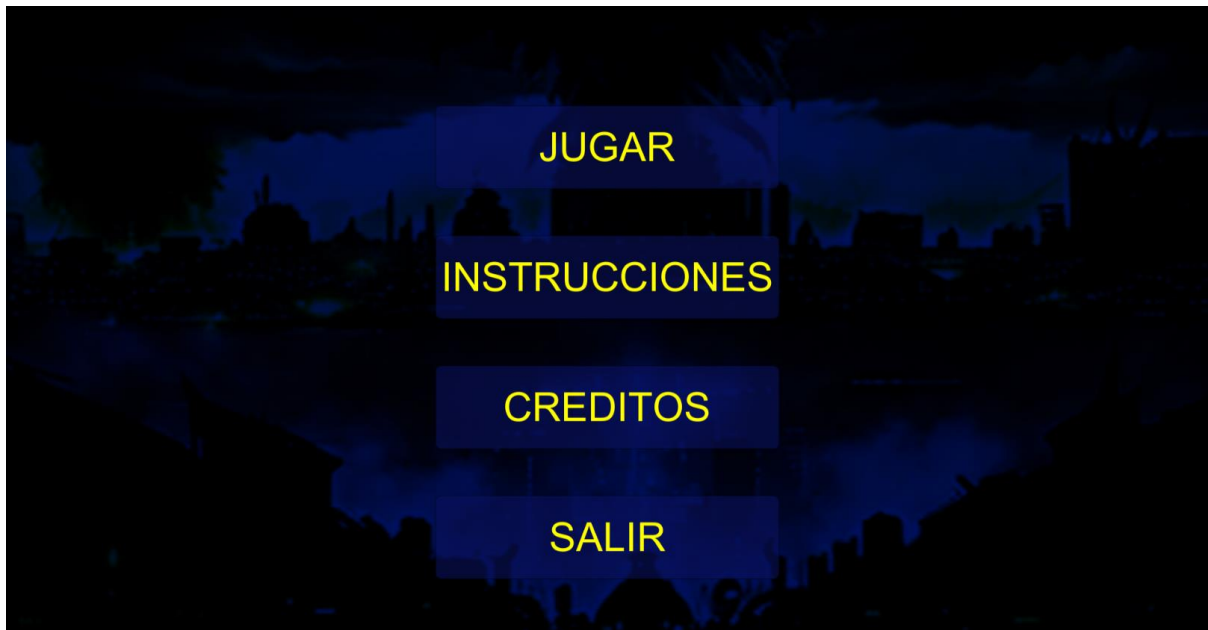


Figura 5: Diseño guía para el menú principal.

Lo mismo ocurre con el resto de elementos de los diferentes menús. En el caso de pantallas en la que tan solo constan de una información, se narra la información y para finalizar el jugador deberá pulsar sobre el botón volver. En este caso también es fácil encontrarlo ya que al pasar el ratón por encima se reproduce la acción del botón.

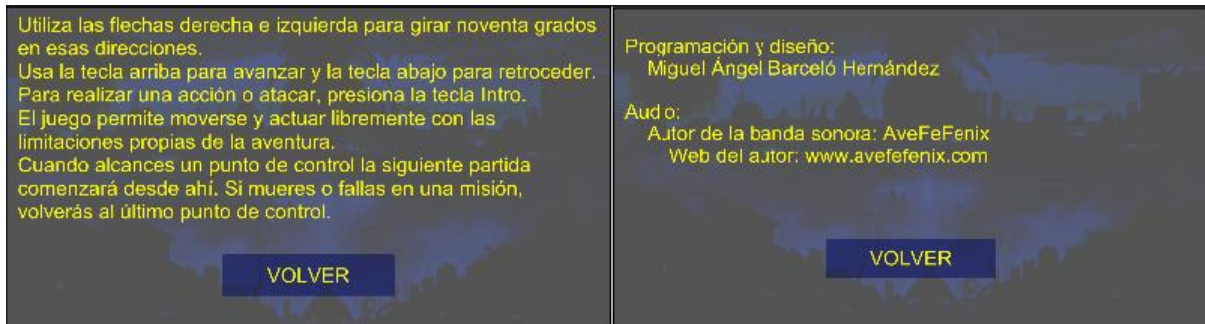


Figura 6: Diseño guía para instrucciones y créditos.

En cuanto al sonido no se han buscado voces especiales o concretas, simplemente se han escogido aquellas que parecen más adecuadas por su tono de voz. Lo mismo ocurre con el resto del videojuego, se han buscado assets de audio más o menos pasables para la función requerida. Los efectos que no se han encontrado se han creado con el programa Audacity^[23].

4.3.1. Estilos

Al no poseer elementos gráficos se comentarán brevemente algunos componentes de audio. No se ha buscado un estilo concreto, la banda sonora que se escucha en el menú ha sido elaborada por un artista amateur y el resto de sonidos corresponden a assets gratuitos encontrados en la tienda de Unity o archivos de audio encontrados en mixkit.co.

4.3.2. Usabilidad /UX

Para un uso sencillo se ha pensado en restringir los niveles de libertad del jugador mediante la limitación de los ángulos de giro del personaje. Es decir, el personaje solo puede girar noventa grados a derecha e izquierda. De este modo es más sencillo orientarse y detectar elementos en la escena. El resto de movimientos también son sencillos, esto no implica que no se pueda realizar un videojuego complejo, se espera conseguir que el jugador pueda sentir una experiencia completa con mecánicas sencillas.

Controles del videojuego:

Flechas izquierda/derecha: Hacen girar noventa grados al personaje. Para saber si se produce el giro se oye un paso por el lado en que se produce. En el segundo nivel no se realiza un giro sino que mueven la moto hacia un lado u otro según la flecha pulsada.

Flechas arriba/abajo: Sirven para avanzar o retroceder. El jugador sabe que está en movimiento por el sonido continuo de pasos. En el segundo nivel estas teclas no realizan

ninguna acción ya que la moto avanza continuamente hacia adelante y solo se puede realizar un movimiento lateral.

Intro: Esta tecla realiza algún tipo de acción. En los dos primeros niveles no realiza ninguna función. Dependiendo del nivel sirve para disparar y manipular objetos.

Espacio: Realiza acciones secundarias como recargar y manipular objetos. En los dos primeros niveles no realiza ninguna función.

A continuación se explican las interacciones con los principales elementos del videojuego:

- **Menús:** Los menús constan de botones que reaccionan al pasar el ratón por encima reproduciendo un audio identificativo para cada botón. Al clicar sobre el botón se ejecuta la función asignada.
- **Objetos estáticos:** Al colisionar con estos objetos el personaje realiza un comentario que da a entender la situación y supuestamente hace reaccionar al jugador según corresponda. Por ejemplo, si el personaje intenta entrar en una zona en obras no podrá avanzar y pensará en voz alta "...parece que hay obras, mejor busco otro camino...". El jugador tendrá que cambiar de dirección para continuar su trayecto.
- **Personaje:** El personaje se moverá con los controles tal y como se ha comentado anteriormente. En el caso que la situación requiera una advertencia o feedback para el jugador, pensará en voz alta o reflexionará sobre la situación. Dependiendo de la escena el personaje puede variar la forma de ser controlado, por ejemplo en el segundo nivel se supone que está conduciendo una moto y solo puede moverse lateralmente para esquivar ataques u obstáculos.
- **Enemigos:** Realizarán algún tipo de ruido para alertar al jugador de su presencia y darle tiempo para reaccionar. Pueden tener una IA básica que interpretará la posición del jugador para acercarse por los ejes x o z del personaje, de esta manera se evitan los ángulos muertos debido a que el personaje solo gira en ángulos de noventa grados. En el segundo nivel los enemigos están representados por drones y francotiradores. Los drones

avanzan hacia el personaje hasta estrellarse contra él, mientras que los francotiradores están en posiciones fijas y disparan al personaje cuando este llega a su altura.

- **Aliados:** Su función es dar vida a la narrativa, realmente la única función que cumplen es la de dar forma a la aventura. Por ejemplo al final del primer nivel aparece un individuo en una moto que salva al personaje en el último momento. Podría haberse indicado simplemente que se ha superado el primer nivel, pero esto haría que la aventura perdiera su sentido, con los aliados se da un sentido a las acciones que realiza el jugador.
- **Objetos Fantasma:** Tienen la función de aparecer en momentos concretos para dar la sensación de presencia física para dar a entender que algo o alguien está realizando una acción. Por ejemplo, cruzar una calle con el semáforo en rojo provocará que un vehículo haga sonar el claxon y el personaje piense en voz alta "...mejor busco un semáforo". Esto ha de provocar que el jugador retroceda y se mueva en otra dirección. En el caso de que esto no ocurra el personaje será atropellado. En realidad el coche no existe, es todo un efecto de audio para dar la impresión de que realmente estaba circulando un vehículo que ha atropellado al personaje.

4.4. Lenguajes de programación y APIs utilizados

Tal y como se ha explicado anteriormente el IDE utilizado es Unity y se ha programado en C# utilizando las librerías de dicho entorno de desarrollo. No se han usado plugins de terceros.

En cuanto a las características de hardware y software utilizado se muestran en la siguiente tabla:

Procesador	AMD Phenom(tm) II X4 955 Processor 3.20 GHz
RAM	16,0 GB
Tipo de Sistema	Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64
Sistema operativo	Windows 10 Pro
Gráfica	NVIDIA GeForce GTX 750 Ti
Versión de Unity	2022.3.4f1 (Long Term Support Release)
Versión de Audacity	3.5.1

Tabla 4 Características del equipo

5. Implementación

El videojuego ha sido diseñado para que las personas que lo utilicen no tengan que usar dispositivos caros o especiales para el juego. Basta con un teclado, un ratón y unos cascos para poder tener una buena experiencia de juego.

Lo cierto es que ha sido complicado cambiar de perspectiva para dotar a la escena de los elementos necesarios para poder saber que pasa alrededor del personaje sin un apoyo gráfico.

5.1. Análisis de la implementación

El videojuego presenta dos niveles con mecánicas de juego diferentes: exploración urbana y conducción arcade. Ha sido necesario considerar diversos aspectos que abarcan tanto la jugabilidad como la accesibilidad para personas ciegas.

5.1.1. Jugabilidad

En cuanto a la jugabilidad del primer nivel se han creado mecánicas de sonido para guiar al jugador en la exploración urbana. Para ello se han posicionado sonidos que emulan diferentes aspectos de la ciudad de manera que el jugador puede detectar el área de la ciudad en la que se encuentra. Se han distribuido cuatro tipos de sonido ambiente por la ciudad para conseguir este efecto.

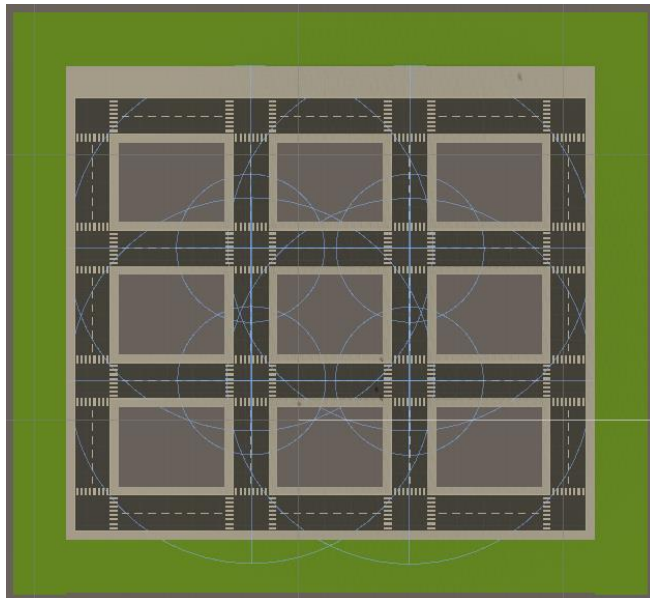


Figura 7: Distribución de los sonidos ambiente en la ciudad

También se han añadido sonidos específicos para una orientación más exacta en el movimiento del personaje. Si el jugador se mueve hacia la carretera se oirá un claxon y el personaje pensará en voz alta en buscar un semáforo. Los semáforos están colocados cerca de las esquinas de las calles y están secuenciados. Todas las calles tienen un semáforo por lo que explorando un poco el jugador se dará cuenta de este hecho.

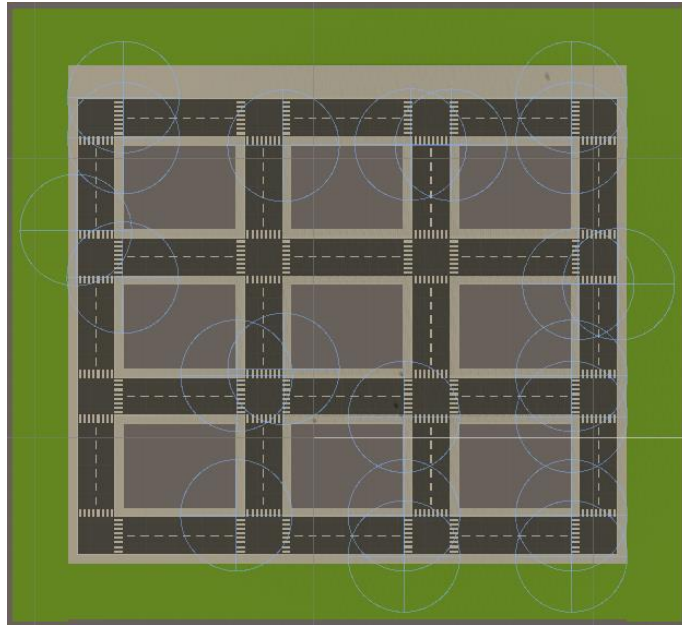


Figura 8: Distribución de las fuentes de audio de los semáforos

Por otro lado, ¿qué sería de las ciudades sin una buena obra? se han colocado efectos de audios característicos de las obras urbanas en los puntos donde las calles están cortadas por mantenimiento. Al encontrarse con este obstáculo el personaje piensa en voz alta sobre la necesidad de buscar otra ruta para alcanzar su destino, de esta manera el jugador asocia el sonido a un obstáculo y si encuentra otra zona similar ya entiende que no podrá seguir por ese camino.

Para orientarse correctamente se puede consultar la posición del personaje en cualquier momento, esto dará la posición aproximada según los puntos cardinales y la dirección hacia la que mira el personaje. Con toda esta información, el jugador se puede hacer un mapa mental con los elementos de la ciudad y puede llegar a su destino sin mucha dificultad.

El segundo nivel es muy diferente, el jugador no tiene que orientarse sino prestar atención a los sonidos que llegan por los lados para determinar la acción que ha de realizar

para esquivar los obstáculos. Esta escena consta de una fila de obstáculos distribuidos en diferentes puntos de control, estos obstáculos hacen las veces de drones y francotiradores. Cada vez que el jugador es golpeado por un dron o un francotirador vuelve al último punto de control.

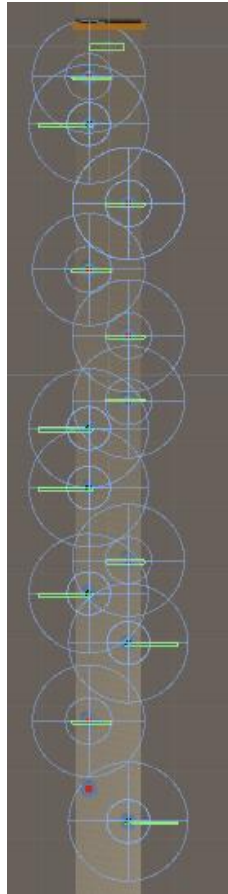


Figura 9: Distribución de enemigos en un área del nivel 2

El comportamiento de los enemigos es diferente, mientras que el dron se abalanza contra el jugador (que supuestamente va en moto) cuando este se aproxima a cierta distancia, el francotirador dispara desde su posición. En ambos casos el jugador tiene que detectar por donde viene el sonido y esperar el momento adecuado para girar hacia el lado contrario y así esquivar el peligro.

Mientras que en el primer nivel la dificultad estriba en orientarse correctamente y diferenciar las diferentes partes de la ciudad por los sonidos, el segundo nivel requiere moverse en el momento adecuado y estar alerta para reaccionar a tiempo. Quizás este segundo nivel sea más complicado, en un principio se ha intentado implementar un sistema

de evaluación de distancias según la reacción del jugador para ajustar la velocidad del enemigo. Esto se ha desestimado debido a la complejidad que conlleva y será estudiado más adelante cuando ya se tenga una primera versión del videojuego.

Tal y como se ha ido explicando toda la implementación gira en torno a la usabilidad del audio como si de una interfaz se tratara, tanto en la navegación por menús como en la recepción de información durante el juego. Asegurando que la interfaz sea intuitiva y fácil de aprender para personas ciegas.

5.1.2. Accesibilidad

El videojuego no se apoya en herramientas externas para facilitar la accesibilidad ya que no es necesario, el videojuego está diseñado de forma que se pueda interactuar sin la necesidad de tales herramientas. Para ello se han simplificado las mecánicas necesarias según las dinámicas comentadas anteriormente y toda la información se transmite por audio. De todas maneras se tienen en cuenta las nuevas tecnologías de accesibilidad para videojuegos como es el caso del mando de Playstatio Access, (aunque en este caso está diseñado para otro tipo de discapacidades diferentes a las visuales) o el mando con panel háptico en Braille para Xbox ^[25].

Aun así se ha dejado la posibilidad de poder jugar con referencias gráficas. Estas referencias se han utilizado para el testeo y el posicionamiento de los elementos. Si hay un

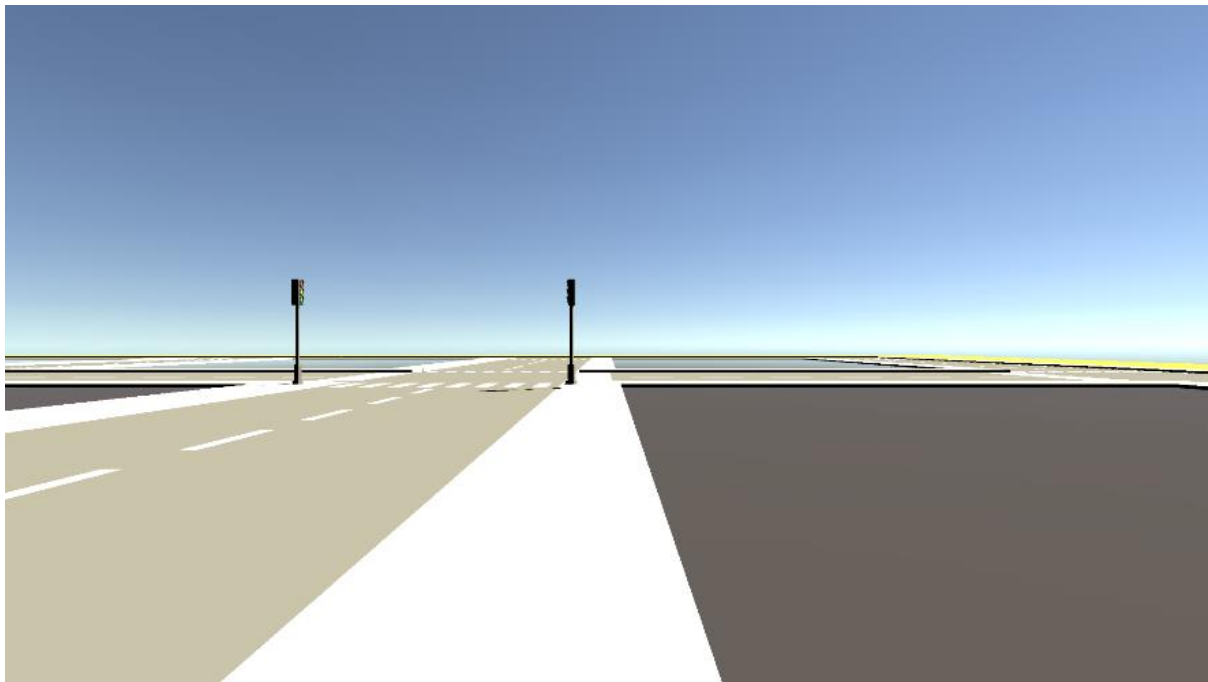


Figura 10: Ejemplo de referencia gráfica del nivel 1

error y el juego está a “oscuras” es más difícil comprender que está pasando. Para esto se usan modelos simples como planos, cubos, etc. Estas figuras hacen referencia a los diferentes elementos de la escena y permiten hacer un seguimiento de las acciones del tester (invidente) mientras juega. De momento esta posibilidad está en fase de pruebas para comprobar como las personas con muy baja visión pueden apoyarse en esta ayuda para jugar. Obviamente hay que estudiar el tamaño y contraste de estos elementos para adecuarlos correctamente, como he comentado está en fase de pruebas.

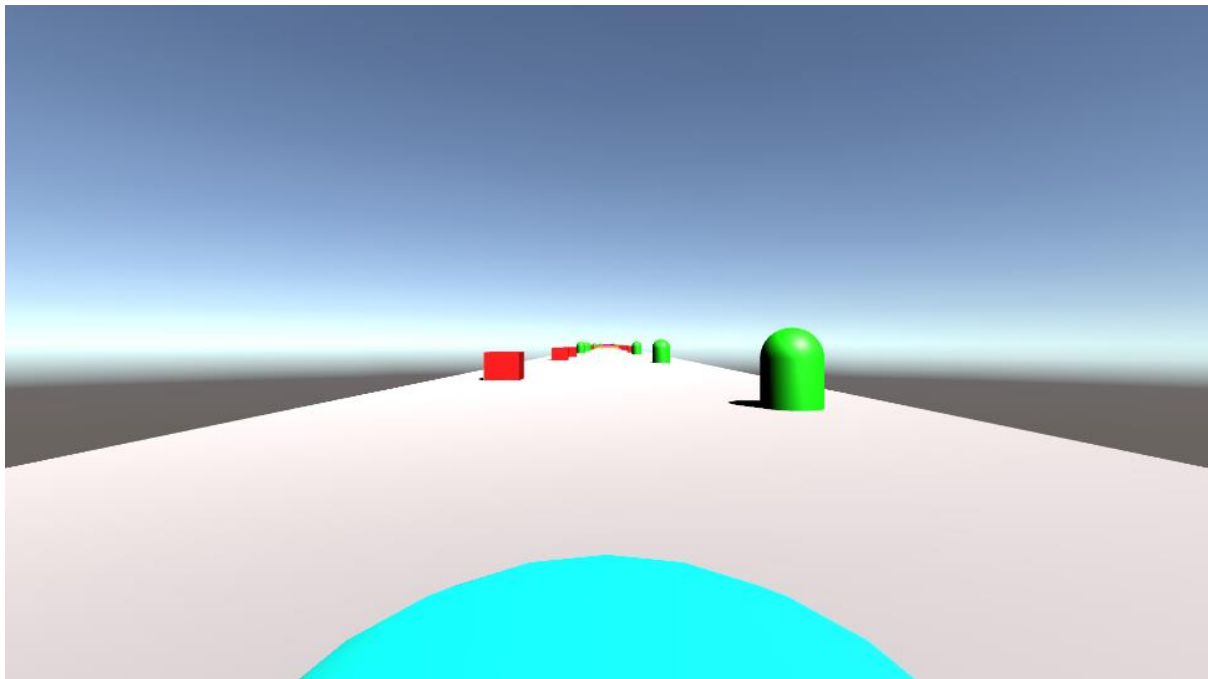


Figura 11: Ejemplo de referencia gráfica del nivel 2

Respecto a la calidad del audio se han evaluado varias fuentes llegando a la conclusión que de momento es mejor realizar los audios con Audacity ya que la inteligencia artificial aún tiene algunas carencias y falla en la entonación. Digamos que a la IA le falta sentimiento y los resultados son muy planos. No se han probado soluciones de pago.

En cuanto a los mecanismos de control, estos son un teclado para jugar y un ratón. Se ha pensado en incluir un mando de videojuego, aunque en principio no es necesario ya que tan solo se utilizan las teclas “Enter”, “Espacio” y las “flechas” para realizar las acciones necesarias en el juego. Se intenta que los mecanismos de control sean lo más simples posibles pero obteniendo una experiencia de juego completa. Sin embargo y aunque la primera versión del nivel 2 se realizó para sistemas android, se han descartado las

plataformas móviles debido a que se complica su manejo por parte del jugador y es difícil crear mecánicas sencillas para personas ciegas ya que éstas se basan en los gestos para realizar acciones.

5.1.3. Otras consideraciones

Hay que tener en cuenta que la comunidad de personas ciegas es diversa y presenta diferentes necesidades y preferencias. Es recomendable realizar pruebas con usuarios que representen esta diversidad para garantizar que el juego sea accesible para el mayor número de personas posible.

A veces la ceguera no es una enfermedad en sí misma sino una consecuencia de otra dolencia, esto implica que puede haber problemas de coordinación u otros problemas cognitivos que impidan que el jugador pueda disfrutar de la experiencia. Esto puede estar causado por diabetes, hipertensión, infecciones, etc. ^[24]. Esto implica que al realizar la implementación ya se debería haber testado con personas con diferente problemática además de la ceguera total para poder realizar las adaptaciones posibles para llegar al máximo de jugadores posible. Por lo tanto ha de haber un equilibrio entre la adaptación y el desarrollo del videojuego, ya que si solo nos basamos en la adaptación es posible que acabemos realizando audiolibros sin ningún tipo de interacción con el jugador.

6. Demostración

Los dos niveles del juego se han desarrollado para mostrar las posibilidades de este tipo de producto y poder testarlo principalmente con personas ciegas, aunque también se realizan pruebas con personas con una visión normal. En los anexos se puede encontrar el link a un tráiler donde se muestra el proyecto.

6.1. Instrucciones de uso

La demo se puede probar ejecutando el archivo “.exe”. Realmente el manejo del juego es muy sencillo. El menú consta de botones con audios que se reproducen al pasar el puntero por encima. Excepto en la pantalla de carga de los diferentes niveles y la opción de ayuda visual. Este menú está diseñado con fines de pruebas y desarrollo, aunque como se ha dicho antes quizás se utilice para la creación de un sistema de apoyo para personas de visión reducida. En cuanto a los controles a continuación se muestran los asignados a cada nivel:

Controles Nivel 1:

- Flechas izquierda/derecha: Hacen que el personaje gire 90° en esas direcciones, cada vez que gira se reproduce el efecto de un paso por el canal de audio correspondiente al giro.
- Flechas arriba/abajo: El personaje avanza o retrocede, cada vez que se desplaza se oye el sonido de un paso.
- Barra espaciadora: Informa de la zona en que se encuentra el personaje y hacia donde está orientado.

Controles Nivel 2:

- Flechas izquierda/derecha: Para esquivar enemigos en esas direcciones.
- Enter: Vuelve al menú principal.

Se ha omitido (se ha comentado el código) la funcionalidad de grabar el progreso del jugador ya que la demo se ha realizado con fines de testeo y es necesario entrar directamente a cada uno de los niveles.

7. Conclusiones y líneas de futuro

En principio las conclusiones que voy a exponer son más bien personales porque a un le falta recorrido al proyecto como para poder sacar conclusiones sólidas. Bien es cierto que el trabajo realizado me ha ayudado en muchos aspectos y ha evitado que tome decisiones equivocadas.

7.1. Conclusiones

Durante el tiempo de desarrollo me he dado cuenta de la dificultad de este tipo de proyectos, ya que por mucho que piense que todas las casuísticas están contempladas, en cuanto se empieza a ejecutar la escena empiezan a salir necesidades específicas a la falta de información visual. Esto a veces ha hecho que tenga que replantearme la manera en la que el jugador interactúa con el personaje.

El primer nivel se ha desarrollado bastante rápido y con fidelidad a la idea original. El problema ha venido cuando he intentado realizar tests con personas invidentes y por varios motivos estas se han retrasado más allá de la fecha de finalización del trabajo. Con lo cual la planificación no se ha cumplido.

Con el segundo nivel he tenido muchos problemas, me ha costado hallar la manera de que la moto esquive al enemigo y de la información en forma de audio. En este caso si lo hubiera pensado de la misma manera que si fuera un juego normal no me habría liado tanto. Quise controlar las distancias y los tiempos de reacción del jugador para ir adaptando el ritmo a su desempeño y he perdido mucho tiempo. Al final el juego a quedado en dos niveles que se alejan un poco de la idea narrativa original.

A todo esto he perdido mucho tiempo buscado fuentes de audio que se adapten a la narrativa del videojuego, pero al final la conclusión ha sido que los diálogos es mejor hacerlos con personas que tengan alguna experiencia o conocimientos en arte dramático para que quede lo más real posible. He acabado realizando yo los diálogos reduciéndolos al máximo.

Tampoco he podido aprovechar la tutoría, lo cual era una de las prioridades del proyecto pero al final el tiempo pasa y al no cumplir las previsiones he cometido el error de no contactar con el tutor asignado.

Todo lo anterior ha sido un aprendizaje que me hace replantearme el proyecto final para que sea más sólido y pueda adaptarlo a la realidad.

A todo esto el proyecto ha despertado interés en algunos ámbitos. Tengo una prueba pendiente con una persona con visión reducida que tiene curiosidad por el juego y puede ponerme en contacto con personas con la misma problemática. También se ha interesado por el emprendimiento la Cambra de Comerç de Terrassa. Recubick, una empresa de máquetin digital que están sensibilizados con los temas de discapacidad han contactado conmigo para tener una reunión el próximo mes.

7.2. Líneas de futuro

Con todo lo aprendido en este trabajo hay que replantearse las vías de acción y adaptarlas a la realidad. Planificar un plan de contingencia poniéndome en el peor de los casos. Tener en cuenta los resultados de las próximas reuniones para evaluar si hay posibilidades de colaboración. Contactar con más asociaciones de discapacitados visuales, la ONCE y B1B2B3 no están por la labor. Utilizar redes sociales para personas ciegas para buscar testers.

Arreglar un poco el juego realizado para usarlo como muestra de la idea y en el caso de no atraer colaboradores, realizar pequeños juegos o aplicaciones orientadas a las personas con discapacidad visual y publicarlas bajo un nombre comercial. Además del trabajo de desarrollo hay que realizar un trabajo de emprendimiento que no puede detenerse.

La puerta está abierta para las personas que quieran formar parte del proyecto y aporten valor añadido al mismo. Más allá de las consideraciones técnicas es un modelo de negocio escalable que puede llevar a proyectos más grandes y orientados hacia otros ámbitos.

Bibliografía

[1] European Blind Union. *Sobre la ceguera y la vista parcial*.

<https://www.euroblind.org/about-blindness-and-partial-sight/facts-and-figures#details>

[Citado el 19 de abril de 2024].

[2] Wikipedia. *Monomito*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Monomito>

[Citado el 19 de abril de 2024].

[3] What Hi-Fi? *Binaural audio: What is it? How can you get it?*

<https://www.whathifi.com/advice/binaural-audio-what-it-how-can-you-get-it>

[Citado el 19 de abril de 2024].

[4] Empowered.gg. *Lean Startup Principles for Indie Game Development: Planning, Prototyping and Launching Your Game*.

<https://empowered.gg/blog/how-to-apply-the-lean-startup-principles-to-video-game-development-for-indie-developers/>

[Citado el 19 de abril de 2024].

[5] UOC. *Design Toolkit*. <https://design-toolkit.recursos.uoc.edu/es/design-thinking/>

[Citado el 19 de abril de 2024].

[6] Falling Squirrel, Creative Bytes Studios. *The Vale: Shadow of the Crown*. Canadá, 2021

[Citado el 20 de abril de 2024].

[7] Special Magic Games, llc. *Sequence Storm*. 2018

[Citado el 20 de abril de 2024].

[8] Somethin' Else. *Papa Sangre*. Londres, UK, 2010

[Citado el 20 de abril de 2024].

[9] Daisy Ale Soundworks. *Lost and Hound*. Western Australia, Australia, 2022

[Citado el 20 de abril de 2024].

[10] Telefónica. *La tecnología impulsa la igualdad de las personas ciegas*.

<https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/la-tecnologia-impulsa-la-igualdad-de-las-personas-ciegas/>

[Citado el 20 de abril de 2024].

[11] Mordor Intellegent. *Industria del juego - Análisis de tamaño y participación - Tendencias y pronósticos de crecimiento (2024 - 2029)*.

<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/global-gaming-market>

[Citado el 21 de abril de 2024].

[12] Pavel Djundik. *SteamDB*. <https://steamdb.info/> [Citado el 21 de abril de 2024].

[13] Jose Ignacio Corral, Arcovía Digital. *Blindwords*.

<https://www.blindworlds.com/contenido/que-es-blindworlds> [Citado el 21 de abril de 2024].

[14] Unity. *Motor de Unity*. <https://unity.com/es/products/unity-engine> [Citado el 19 de mayo de 2024].

[15] UOC. *Máster universitario de Diseño y Programación de Videojuego*.

<https://www.uoc.edu/es/estudios/masters/master-universitario-diseno-programacion-videojuegos> [Citado el 19 de mayo de 2024].

[16] Unity. *Unity Documentation. GameObject*

<https://docs.unity3d.com/Manual/class-GameObject.html> [Citado el 19 de mayo de 2024].

[17] Unity. *Unity Documentation. PlayerPrefs*

<https://docs.unity3d.com/ScriptReference/PlayerPrefs.html> [Citado el 19 de mayo de 2024].

[18] Unity. *Unity Documentation. The Hierarchy window*.

<https://docs.unity3d.com/Manual/Hierarchy.html> [Citado el 19 de mayo de 2024].

[19] Unity. *Unity Documentation. The Inspector window*.

<https://docs.unity3d.com/Manual/UsingTheInspector.html> [Citado el 19 de mayo de 2024].

[20] Unity. *Unity Documentation. The Project window*.

<https://docs.unity3d.com/Manual/ProjectView.html>. [Citado el 19 de mayo de 2024].

[21] Unity. *Unity Documentation. Scripting*.

<https://docs.unity3d.com/es/2021.1/Manual/ScriptingSection.html>. [Citado el 19 de mayo de 2024].

[22] Unity Learn. *Estáticos*. <https://learn.unity.com/tutorial/estaticos#>. [Citado el 19 de mayo de 2024].

[23] Audacity. *About Audacity*. <https://www.audacityteam.org/FAQ/>. [Citado el 19 de mayo de 2024].

[24] Vista Oftalmólogos. *¿Cuáles son las causas de la ceguera? Enfermedades que la pueden provocar*. <https://vistasancheztrancon.com/causas-ceguera-enfermedades/>. [Citado el 16 de junio de 2024].

[25] Eurogamer. *Microsoft patentará un mando con panel háptico en Braille para Xbox*. [Microsoft patentará un mando con panel háptico en Braille para Xbox | Eurogamer.es](https://www.eurogamer.net/microsoft-patentará-un-mando-con-panel-háptico-en-braille-para-xbox/) [Citado el 16 de junio de 2024].

Anexos

Entregables del proyecto

Repositorio de GitLab: <https://gitlab.com/BarceloH/tfm>

Repositorio de GitLab con el archivo "Ejecutable.zip" es el mismo que el del proyecto:
<https://gitlab.com/BarceloH/tfm>

Link al video de la defensa en Drive:

https://drive.google.com/file/d/1W1PXqMfHf397YnnZ6i5LtqzYJGKY7DLM/view?usp=drive_li nk

Link al video del tráiler en YouTube: <https://youtu.be/gKjwRwsdZPI>