

# SPACE MATH

Autor: Juan Antonio Estévez Sevilla  
Tutor: Manel Fernández Rodríguez  
Profesor: Manel Fernández Rodríguez

Grado de Multimedia  
Videojuegos  
07/2023

El presente cuadro de texto tiene solamente finalidades informativas y no tiene que ser incluido en la memoria del estudiante. Asimismo, esta página tampoco tiene que ser incluida.

#### SOBRE LOS CONTENIDOS DE ESTE DOCUMENTO

Este documento incluye estilos predeterminados de texto, ejemplos de citas bibliográficas, notas a pie de página e inserción de figuras (imágenes y gráficos) y tablas, así como sección de bibliografía e índices automatizados listos para usar.

#### SOBRE LOS CAPÍTULOOS DE ESTE DOCUMENTO

Aquellos apartados (i.e. capítulos, apartados, subapartados, etc.) con el título en color negro son obligatorios para todos los TFP, mientras que aquellos en color gris son opcionales, es decir, susceptibles de ser incluidos en la memoria según el tipo de TFP realizado. Es recomendable adaptar el orden de los capítulos a la naturaleza del TFP a realizar, e incluso combinar dos o más capítulos en uno si se considera oportuno.

**Tened en cuenta que el número máximo de páginas que puede tener la memoria es 90, incluyendo anexos y bibliografía.**

---

# Créditos/Copyright

## A) CreativeCommons:



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

## B) GNU Free Documentation License (GNU FDL)

Copyright © 2023 JUAN ANTONIO ESTÉVEZ SEVILLA

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

## FICHA DEL TRABAJO FINAL

<b>Título del trabajo:</b>	<i>Space Math</i>
<b>Nombre del autor:</b>	<i>Juan Antonio Estévez Sevilla</i>
<b>Nombre del colaborador/a docente :</b>	<i>Manel Fernández Rodríguez</i>
<b>Nombre del PRA:</b>	<i>Joan Arnedo Moreno</i>
<b>Fecha de entrega (mm/aaaa):</b>	<i>07/2023</i>
<b>Titulación o programa:</b>	<i>Grado de Multimedia</i>
<b>Área del Trabajo Final:</b>	<i>Videojuegos</i>
<b>Idioma del trabajo:</b>	<i>Español</i>
<b>Palabras clave</b>	<i>Space Math, videojuegos, matemáticas, educación primaria</i>
<b>Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras):</b> <i>Con la finalidad, contexto de aplicación, metodología, resultados y conclusiones del trabajo</i>	
<p>Este proyecto final de grado está basado en el desarrollo de un videojuego educativo de matemáticas llamado Space Math, desde la plataforma de videojuegos Unity. El objetivo del videojuego consiste en resolver ejercicios de matemáticas con una nave espacial que dispara a varias naves enemigas, es decir, basado en los videojuegos del género matamarcianos. Varios estudios han demostrado que los videojuegos tienen grandes beneficios en la educación. Este proyecto va dirigido a niños y niñas de primer año escolar.</p> <p>Aprender matemáticas siempre ha generado muchas dudas y dificultad entre los alumnos porque dicen que son difíciles de entender. El objetivo del videojuego es generar interés por esta asignatura facilitando la resolución y el aprendizaje de los ejercicios de forma entretenida. Como resultado, se espera potenciar la capacidad de aprendizaje, estimular la memoria, perfeccionar la habilidad matemática y mejorar la agudeza visual, puesto que esta materia es fundamental para el desarrollo intelectual y el aprendizaje en los pequeños.</p> <p>Este trabajo incluye todos los detalles referentes a su puesta en marcha. Así como, todas las fases y tareas para su desarrollo (diseño, producción y difusión). En el caso de que se alcance los objetivos propuestos, este videojuego puede ser aplicable y adaptable para otro tipo de edades y materias de las distintas áreas de la Educación Primaria.</p>	

**Abstract (in English, 250 words or less):**

This final grade project is based on the development of an educational math video game called Space Math, from the Unity video game platform. The objective of the game is to solve math exercises with a spaceship that shoots at various enemy ships, similar to the space shooter genre of video games. Several studies have shown that video games have great benefits in education. This project is aimed at boys and girls in the first year of school.

Learning mathematics has always generated many doubts and difficulties among students because they say that they are difficult to understand. The objective of the video game is to generate interest in this subject by facilitating the resolution and learning of the exercises entertainingly. As a result, it is expected to enhance learning capacity, stimulate memory, improve mathematical ability, and improve visual acuity, since this subject is essential for intellectual development and learning in children.

This work includes all the details regarding its implementation. As well as all the phases and tasks for its development (design, production, and dissemination). If the proposed objectives are achieved, this video game can be applicable and adaptable for other types of ages and subjects in the different areas of Primary Education.

**REPOSITORIO EN GITHUB**

<https://github.com/JuanUOCgit/SPACEMATH>

<https://github.com/JuanUOCgit/SpaceMath--Pec3>

**VIDEO**

<https://youtu.be/KqgGcKWpoGo>

PEC3 <https://youtu.be/xsbvAl-5wRs>

Trailer: <https://youtu.be/CzdEX6qL6fY>

Presentación: <https://youtu.be/czUNMgjMBpA>

**Dedicatoria/Cita**

Me gustaría dedicar este trabajo a todas las personas que han estado a mi lado, apoyándome y animándome a superar y alcanzar esta meta. Este trabajo se lo dedico a mis padres y a mi hija porque este logro es también el suyo, ya que su amor y sacrificio han sido motivación para seguir adelante. Sin embargo, de manera especial, también quiero dedicar este logro a mi pareja Carolina, por su apoyo incondicional y confianza desde el principio.

Gracias a todos.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi agradecimiento a los profesores que me han ayudado en este trabajo final y durante todo el grado en Multimedia. Su orientación, conocimientos y paciencia han sido de gran valor durante todo el proceso. Gracias por ayudarme con su experiencia durante todo el proyecto.

# Abstract

This final grade project is based on the development of an educational math video game called Space Math, from the Unity video game platform. The objective of the game is to solve math exercises with a spaceship that shoots at various enemy ships, similar to the space shooter genre of video games. Several studies have shown that video games have great benefits in education. This project is aimed at boys and girls in the first year of school.

Learning mathematics has always generated many doubts and difficulties among students because they say that they are difficult to understand. The objective of the video game is to generate interest in this subject by facilitating the resolution and learning of the exercises entertainingly. As a result, it is expected to enhance learning capacity, stimulate memory, improve mathematical ability, and improve visual acuity, since this subject is essential for intellectual development and learning in children.

This work includes all the details regarding its implementation. As well as all the phases and tasks for its development (design, production, and dissemination). If the proposed objectives are achieved, this video game can be applicable and adaptable for other types of ages and subjects in the different areas of Primary Education.

## Palabras clave

Space Math, video games, mathematics, Primary Education





# Índice

<b>1.Introducción</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Introducción/Prefacio</b>	<b>14</b>
1.1.1. Introducción	13
1.1.2 Razón y oportunidad	13
1.1.3 Situación actual	14
<b>1.2. Descripción/Definición</b>	<b>15</b>
<b>1.3. Objetivos generales</b>	<b>17</b>
1.3.1. Objetivos principales	17
1.3.2. Objetivos secundarios	17
<b>1.4. Metodología y proceso de trabajo</b>	<b>18</b>
<b>1.5. Planificación</b>	<b>20</b>
<b>1.6. Presupuesto</b>	<b>21</b>
<b>1.7. Estructura del resto del documento</b>	<b>22</b>
<b>2.Análisis de mercado</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Público objetivo (i.e. target audience) y perfiles de usuario</b>	<b>23</b>
<b>1.2. Competencia/Antecedentes (o marco teórico/estado del arte)</b>	<b>23</b>
<b>1.3. Análisis DAFO</b>	<b>24</b>
<b>3.Propuesta</b>	<b>25</b>
<b>3.1. Definición de objetivos</b>	
<b>3.2. Especificaciones del producto</b>	
<b>3.3. Características, especificaciones y prestaciones principales del producto</b>	
<b>3.4. Modelo de negocio</b>	<b>25</b>
<b>3.5. Estrategia de marketing</b>	<b>25</b>
<b>4.Diseño</b>	<b>45</b>
<b>4.1. Arquitectura general de la aplicación/sistema/servicio</b>	<b>45</b>
4.1.1. Front End	45
4.1.2. Back End	47
<b>4.2. Arquitectura de la información y diagramas de navegación</b>	<b>49</b>
4.2.1. Diagrama de flujo	49
4.2.2. Diagrama de clases	50
4.2.3. Diagrama árbol jerárquico de navegación	51
4.2.4. StoryBoards	52
4.2.5. Assets	57
4.2.6. IA de los enemigos	60
4.2.7. Efectos	60
4.2.8. Diseño de niveles	61
<b>4.3 Diseño gráfico e interfaces</b>	<b>62</b>
4.3.1. Estilos	62
4.3.2. Usabilidad /UX	64

---

<b>4.4 Lenguajes de programación y APIs utilizados</b>	<b>66</b>
4.4.1 Lenguaje de programación	66
4.4.2 Entorno de desarrollo	66
4.4.3 Plataforma de destino	66
4.4.4 Requisitos técnicos del entorno de desarrollo	67
4.4.5 Inventario inventario y breve descripción de las herramientas utilizadas	67
<b>5. Implementación</b>	<b>68</b>
<b>5.1. Requisitos de instalación</b>	
<b>5.2. Instrucciones de instalación</b>	<b>68</b>
<b>6. Demostración</b>	<b>69</b>
<b>6.1. Instrucciones de uso</b>	
<b>6.2. Prototipos</b>	<b>69</b>
1.2.1. Prototipos Lo-Fi	69
1.1.2. Prototipos Hi-Fi	69
<b>6.3 Tests</b>	<b>72</b>
<b>6.4 Ejemplos de uso del producto (o guía de usuario)</b>	<b>76</b>
<b>7. Conclusiones y líneas de futuro</b>	<b>78</b>
<b>7.1. Conclusiones</b>	
<b>7.2. Lineas de futuro</b>	<b>79</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>80</b>
<b>Anexos</b>	<b>82</b>

# Figuras y tablas

## Índice de figuras

Figura 1: Niños en clase	14
Figura 2: Math Kids	18
Figura 3: Math Games	18
Figura 4: Space Invaders	18
Figura 5: Arkanoid	18
Figura 6: Diagrama de Gantt	21
Figura 7: Grafo de PERT	23
Figura 8: Toon Math	32
Figura 9: Toon Math	32
Figura 10: Toon Math	32
Figura 11: Power Nauts	33
Figura 12: Power Nauts	33
Figura 13: Power Nauts	33
Figura 14: Zombie invasión	34
Figura 15: Zombie invasion	34
Figura 16: Zombie invasion	34
Figura 17: Sky Force Reloaded	35
Figura 18: Sky Force Reloaded	35
Figura 19: Sky Force Reloaded	35
Figura 20: Sky Force Reloaded	35
Figura 21: Player	42
Figura 22: Enemy	42
Figura 23: Numbers	43
Figura 24: Interfaz de usuario	44
Figura 25: Diagrama de flujo	46
Figura 26: MainMenu	47
Figura 27: Victory	47
Figura 28: Settings	48
Figura 29: GameOver	48
Figura 30: Pause Mode	48
Figura 31: Diagrama de flujo	42
Figura 32: Diagrama de clases	42
Figura 33: Diagrama árbol jerárquico	43
Figura 34: Interfaz de usuario	44
Figura 35: Diagrama de flujo	46
Figura 36: MainMenu	47
Figura 37: Victory	47
Figura 38: Settings	48
Figura 39: GameOver	48
Figura 40: Credits	48

Figura 40: Pantalla Victory	55
Figura 41: Pantalla Game Over	55
Figura 42: Pantalla Pause	56
Figura 43: Pantalla Scene	56
Figura 44: Player	57
Figura 45: Enemy	57
Figura 46: Number	57
Figura 47: Symbol	57
Figura 48: Figure	57
Figura 49: HelpShip	58
Figura 50: Shoot	58
Figura 51: Gema	58
Figura 52: Coin	58
Figura 53: Diamond	58
Figura 54: Asset Store	59
Figura 55: Logo	60
Figura 56: Tipografía Roboto	60
Figura 57: Play	61
Figura 58: Back	61
Figura 59: Exit	61
Figura 60: Again	61
Figura 61: Settings	61
Figura 62: Background	61
Figura 63: SiteMap	65
Figura 64: Prototipos Lo-Fi	70
Figura 65: Prototipos Hi-Fi	72

## Índice de tablas

Mesa 1: Tabla de PERT	22
Mesa 2: Tabla plan de desarrollo	23
Mesa 3: Tabla de presupuesto	24
Mesa 4: Perfiles de usuario	27
Mesa 5: Analisis comparativo	33
Mesa 6: DAFO	34
Mesa 7: Controles	37
Mesa 8: Paleta de colores	43
Mesa 9: Presupuesto	43
Mesa 10: Requisitos	68

# 1. Introducción

## 1.1. Introducción/Prefacio

De acuerdo con los autores Mielgo Conde, Seijas Santos, S., & Grande de Prado, M. (2022) en su obra “Revisión sistemática de la literatura: Beneficios de los videojuegos en Educación Primaria. *Innoeduca*” cuando citan a Etxeberria, 1998; Guerra, & Revuelta, 2015; Méndez, & Del Moral, 2015; Méndez, & Lacasa, 2015; Ortega, & Pérez, 2009 [19]:

“La mayoría de los estudios relacionados con los beneficios de los videojuegos en la educación afirman que una gran cantidad de videojuegos favorecen el nivel de atención, concentración, resolución de problemas y desarrollo de la creatividad” [19].

Asimismo, las matemáticas son muy beneficiosas en el desarrollo intelectual de niños y niñas, principalmente desde edades tempranas, puesto que les ayuda a pensar, razonar y encontrar soluciones a distintos problemas matemáticos.

## 1.2. Razón y oportunidad

Considerando lo anterior, las matemáticas es una de las asignaturas que más temor causa en el ámbito educativo para muchos alumnos porque cuando se enfrentan a ella muchos alumnos se desilusionan y pierden la confianza, porque dicen que son muy difíciles de realizar o simplemente no se les da bien.

Aprender matemáticas de forma correcta desde la infancia es un tema muy relevante que debe quedar muy claro desde la base para desarrollar y potenciar la memoria, la velocidad mental y la resolución de conflictos.

En conformidad con los autores Mielgo Conde, Seijas Santos, S., & Grande de Prado, M. en su obra “Revisión sistemática de la literatura: Beneficios de los videojuegos en Educación Primaria. *Innoeduca*” cuando citan a Solano, & Santacruz [19]:

“Un videojuego bien desarrollado es capaz de centrar la atención del alumno y evita las distracciones, además de que, al tratarse de un recurso novedoso, capta con mayor facilidad la atención del jugador” [19].

Los juegos consiguen motivar al usuario y reducir su tensión. Además, el aprendizaje se basa en la consecución de metas o en la competición con un oponente siguiendo el hilo motivacional que constituye la base del aprendizaje [20].

### 1.3. La situación actual

Siguiendo con los autores Mielgo Conde, Seijas Santos, S., & Grande de Prado, M. en su obra "Revisión sistemática de la literatura: Beneficios de los videojuegos en Educación Primaria. *Innoeduca*" cuando citan a Revuelta: "Los videojuegos diseñados específicamente con fines didácticos y poco elaborados con el único fin de aprender, provoca que el alumnado se aburra y vea menos atractiva esta herramienta. En un estudio realizado por Jiménez y Cuenca (2015), se concluye que los videojuegos diseñados con el fin de entretener son más efectivos para ser llevados al aula de Educación Primaria, ya que la motivación de los estudiantes se ve incrementada respecto a los que son diseñados con fines meramente didácticos que descuidan su elaboración para conseguir ese fin" [19].

Considerando todo lo dicho anteriormente, la pregunta es la siguiente: ¿es posible diseñar y desarrollar un videojuego que combine la parte didáctica de las matemáticas con la parte atractiva de los videojuegos puramente adictivos y entretenidos?



Figura 1: Niños en clase.

### 1.4. Descripción/Definición

A continuación, en este documento se presenta el proyecto de trabajo final de grado de multimedia del área de videojuegos. Por este motivo, el trabajo consiste en desarrollar un videojuego que combina la parte educativa de las matemáticas con la parte de entretenimiento de los videojuegos del género matamarcianos. Este trabajo va dirigido a niños y niñas de primero de primaria y no solo pretende entretenimiento, sino también generar interés por la materia.

Hay varios estudios que afirman que la mejor manera de superar y perder ese miedo por las matemáticas es practicar y repetir ejercicios. Este proyecto quiere facilitar y reforzar el proceso de aprendizaje por medio de ejercicios que estimulan la habilidad matemática repasando y reforzando los ejercicios que aprenden en los colegios de una forma amena y divertida mientras disparan a los enemigos.

Finalizado el desarrollo del proyecto se puede llevar a cabo como resultado un videojuego distinto de mayor interés y satisfacción en las necesidades de los usuarios, en el que el jugador/alumno es capaz de resolver sumas, restas, secuencias, identificar formas geométricas o diferenciar mayor o menor de forma entretenida.

Space Math, es un videojuego en 2D para un solo jugador que utiliza sprites y cámara ortográfica, es decir, sin perspectiva, combinando el género educativo con el género matamarcianos. El objetivo del juego es realizar y resolver ejercicios matemáticos planteados mientras dispara a los enemigos para avanzar de nivel.

En este trabajo, se desarrolla la historia de unos enemigos del espacio que han robado unas joyas muy valiosas del planeta de los robots. El robot CODY es el encargado de la misión en recuperar y devolver las gemas al planeta. Para ello, debe derribar las naves enemigas y resolver los códigos secretos, en modo de ejercicios matemáticos de las 6 misiones (sumas, restas, etc.).

Es importante como dice Donald Norman, que el producto esté bien diseñado para que el usuario se sienta relajado y motivado para aprender a usarlo. De ese modo, no será crítico con los detalles [15].

El jugador en el videojuego debe controlar la nave de un robot de izquierda a derecha y disparar hacia una serie de naves situadas en la parte superior de la pantalla. Cada vez que el jugador derribe una de las naves, cae un número. Si el jugador con su nave recoge el número con el resultado correcto del ejercicio, el jugador pasa al siguiente nivel y consigue una nave extra (vidas del juego).

Por el contrario, si el jugador recoge un número que no es correcto pierde una nave. Otras reglas del juego son: si el jugador no recoge el número correcto, el juego finaliza y comienza de nuevo en el nivel que estaba. Si el jugador pierde todas las vidas, entonces el juego finaliza por completo y comienza desde el principio.

El jugador debe resolver 6 ejercicios por cada operación (sumas, restas, secuencias, mayor y menor, dobles y figuras geométricas) para finalizar el juego. Cada vez que supere cada una de las 6 operaciones planteadas, recibe una de las gemas robadas.

Los ejercicios comienzan con contenidos básicos, aumentando su complejidad progresivamente paso a paso adecuándose a su capacidad. El objetivo educativo es conseguir esa repetición y práctica en los ejercicios.

Otras características del juego son: el jugador comienza con 3 vidas y el tiempo disponible para resolver el ejercicio es de 45 segundos. Si finaliza el tiempo, el jugador pierde una vida y comienza de nuevo en el mismo nivel con un ejercicio distinto. En todos los niveles, en forma de ayuda, aparece una nave por encima de las naves enemigas, que deja caer un objeto con la solución del ejercicio.



Para mejorar la atención del juego, se diseña una interfaz con un ordenamiento y disposición óptima de los elementos de diseño que mantenga la coherencia y ayude en la navegación para identificarlos.

Por último, el videojuego se implementa en versión Android para dispositivos móviles y Mac para escritorio para visualizarlo en mercados diferentes. A continuación, se enumeran en el documento los contenidos y fases de este trabajo final por orden cronológico para el desarrollo del videojuego:

- Fase de diseño: idea, conceptualización. planificación, estado del arte, análisis de mercado del producto.
- Fase de producción: aspectos técnicos del trabajo, el diseño y la implementación del videojuego y demostración.
- Fase de testeo: pruebas para identificar y corregir errores para asegurar la calidad del sistema.
- Fase de difusión: conclusiones y líneas de futuro.

## **1.2. Objetivos generales**

Los objetivos generales de una aplicación sirven como inicio para guiar en el proceso de desarrollo y conseguir las metas y resultados deseados. Para realizar el proyecto se ha seguido la metodología del diseño centrado en el usuario teniendo en cuenta al usuario durante todas las fases de desarrollo de la aplicación de forma iterativa [11,21].

### **1.2.1. Objetivos principales**

Objetivos de la aplicación/producto/servicio:

- Desarrollar un producto jugable educativo y entretenido.
- Gestionar las herramientas de forma correcta.
- Realizar un producto de calidad frente a la competencia.

Objetivos para el cliente/usuario:

- Satisfacer muy gratamente al usuario.
- Mejorar la resolución de problemas y el aprendizaje de los contenidos.
- Conseguir y fidelizar usuarios.

Objetivos personales del autor del TF:

- Planificar y gestionar un proyecto
- Aprender herramientas como Unity y Github.
- Dar visibilidad al producto en el sector de la enseñanza.

### **1.1.2. Objetivos secundarios**

Objetivos adicionales que enriquecen el TF.

- Agregar más elementos tipo enemigos o tipo regalos
- Adaptar el videojuego a otros alumnos de otras edades.
- Visibilizar el producto a través de internet o las redes sociales.

### 1.4. Metodología y proceso de trabajo

La metodología que se ha llevado a cabo en el proyecto es la basada en la DCU (Diseño centrado en el usuario). Esta metodología sitúa al usuario en el núcleo del proceso de diseño de la interfaz.

El ciclo de vida del proyecto (conjunto de fases) desde su inicio hasta el cierre es del tipo Waterfall o modelo en cascada. En donde las fases son consecutivas y cada fase comienza cuando ha terminado la anterior y se visualiza en forma de diagrama de Gantt [31]. Además de un modelo de enfoque evolutivo iterativo sobre las versiones, para ir ampliando funcionalidades.

En la propuesta se realiza un producto nuevo más atractivo y entretenido, adaptado a otros productos ya existentes, como por ejemplo: Math Kids o Math Games e inspirado en aquellos juegos antiguos entretenidos y adictivos como eran: Space Invaders y Arkanoid.



Figura 2: Math Kids



Figura 3: Math Game

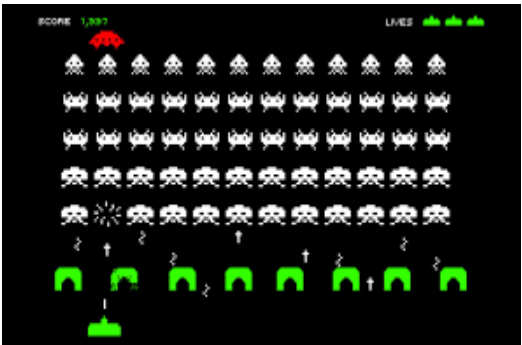


Figura 4: Space Invaders



Figura 5: Arkanoid

En el estudio el foco está en que la mayoría de los productos de este tipo son muy educativos pero poco entretenidos, sin embargo, este videojuego tiene el valor de combinar la parte jugable de las naves mientras intenta resolver el ejercicio antes de que se termine el tiempo, lo que lo hace más entretenido.

El contenido para el proceso de desarrollo del videojuego se ha realizado a través de las 4 pecs:

En la pec1, definición del proyecto y del producto, se ha realizado una descripción de las ideas, los conceptos y la planificación del videojuego (forma de jugar, niveles, personajes, forma visual, layout, objetivos).

En la pec2, estado del arte y desarrollo de una primera versión del proyecto, se realiza un análisis de mercado del producto, se crea un repositorio de código del proyecto y se comienza con el primer prototipo del juego, seleccionando las herramientas elegidas. En este primer diseño, se ha desarrollado la mecánica principal y el flujo de pantallas de juego (*splashes, attract, engagement, title, pause, game over*, configuración, créditos, etc.).

En la pec3, implementación de una versión jugable, aquí se explican todos los detalles y aspectos del diseño del producto (obtención de recursos, diseño de niveles, funcionamiento de los personajes), así como se implementan los elementos como assets, scripts, sonido e imágenes.

En la pec4, memoria y productos finales, se entrega el producto final, la versión definitiva de la memoria y la presentación de cara a la defensa del tribunal. También se finaliza los apartados de la implementación y los requisitos e instrucciones de instalación, la demostración, con la presentación de imágenes de prototipo Lo-Fi y Hi-Fi y descripción de los tests y pruebas realizadas para poner a prueba el trabajo respecto a su funcionalidad, rendimiento, utilidad, etc. y por último, las conclusiones y líneas de futuro.

Por último, también se realizan las mejoras finales de cara a la entrega definitiva y se prepara un ejecutable tipo exe/zip, apk, etc. según la plataforma para la versión Gold Master (final) del videojuego.

## 1.5. Planificación

- Fechas clave

Entrega Pec 1	12 / 03 / 23
Entrega Pec 2	17 / 04 / 23
Entrega Pec 3	21 / 05 / 23
Entrega Pec 4	18 / 06 / 23
Entrega Pec 5	05 / 07 / 23

- Hitos (milestones)

Inicio Pec 1 - Plan de proyecto	01 / 03 / 23
Fin del plan de proyecto	12 / 03 / 23
Inicio Pec 2 - Estado del arte y primera revisión del proyecto	13 / 03 / 23
Fin de la fase de diseño	16 / 04 / 23
Inicio Pec 3 - Implementación de versión jugable	17 / 04 / 23
Fin de la fase de testeo	21 / 05 / 23
Fin del desarrollo de la versión jugable	21 / 05 / 23
Inicio Pec 4 - Memoria y productos finales	22 / 05 / 23
Fin la fase de producción	18 / 06 / 23
Inicio Pec 5 - Defensa virtual - Tribunal de TF	28 / 06 / 23
Presentación del TF	07 / 07 / 23

- Diagrama de Gantt [11]

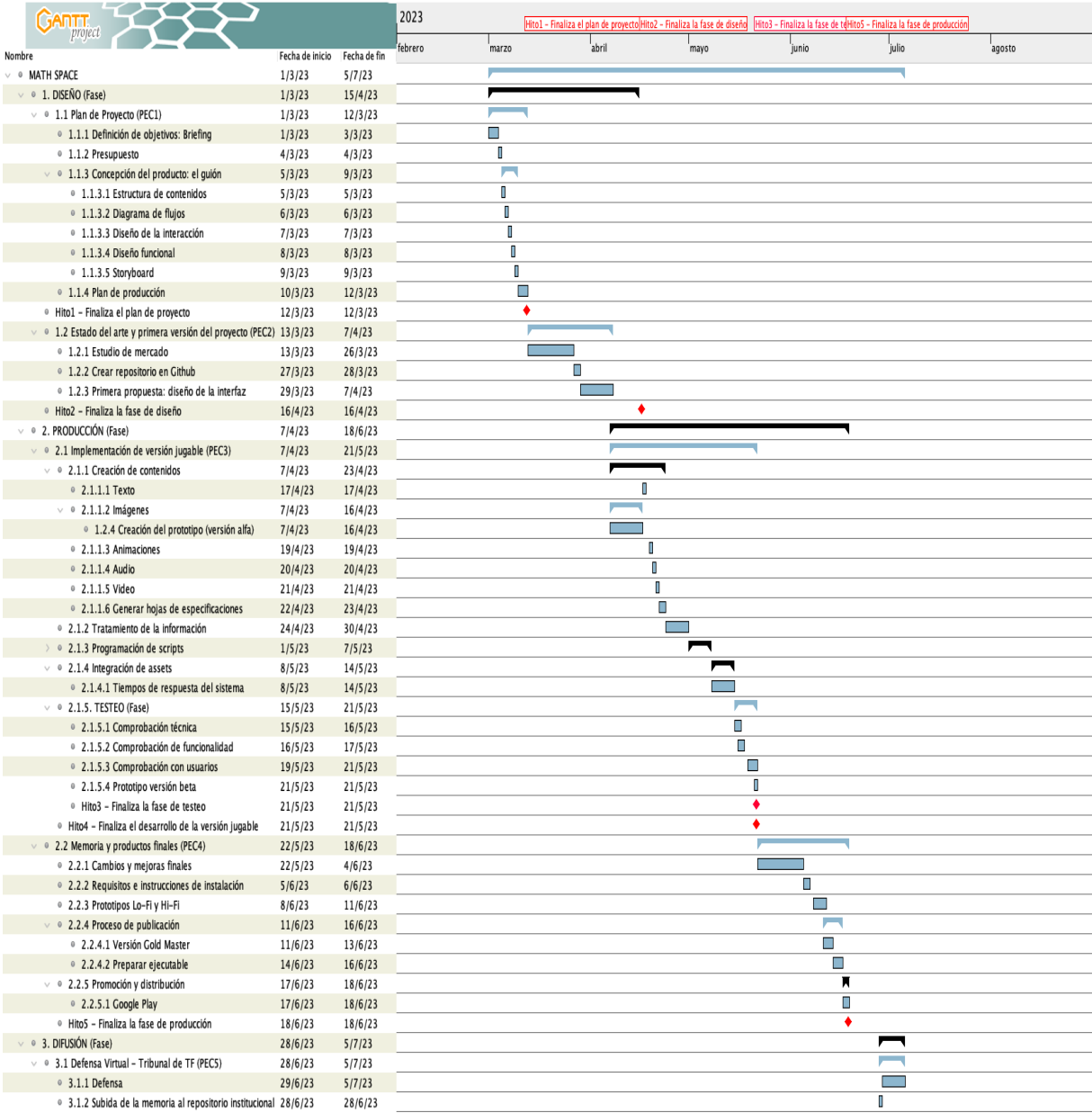


Figura 6: Diagrama de Gantt

- Diagrama de PERT. [11]

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>PRECEDENTE</b>	<b>DÍAS</b>
Definición de objetivos	A		3
Presupuesto	B		1
Concepción del producto	C		5
Plan de producción	D		3
Estudio de Mercado	E	A,B,C,D	14
Repositorio en Github	F	E	2
Diseño en la interfaz	G	E, F	10
Crear prototipo (Versión Alfa)	H	G	10
Creación de assets	I	G,H	17
Tratamiento de la información	J	H,I	7
Programación de scripts	K	H	7
Integración de assets	L	H,J	7
Pruebas	M	I,J,K,L	7
Cambios y mejoras finales	N	M	14
Requisitos e instrucciones de instalación	Ñ	M	2
Prototipos Lo-Fi y Hi-Fi	O	M	4
Proceso de publicación (Version Gold Master)	P	N,Ñ	6
Promoción y distribución	Q	N,Ñ	2
Subida de memoria al repositorio institucional	R	P,Q	1
Defensa TF	S	R	7

Mesa 1: Tabla de Pert

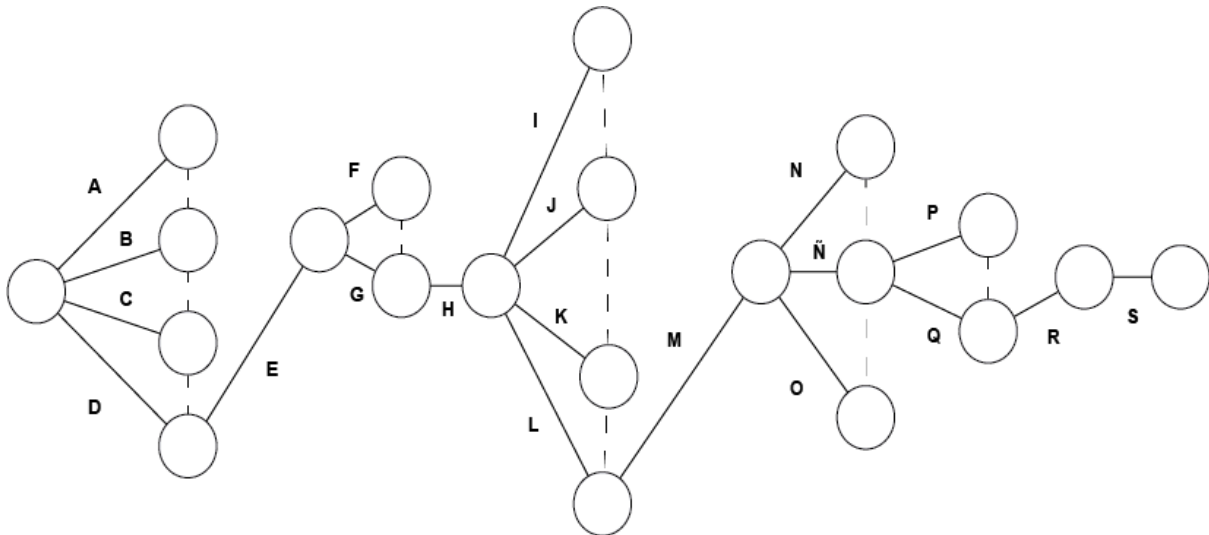


Figura 6: Grafo de PERT

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
ARTE 2D	Diseño de interfaz Diseño de interacción	Creación y obtención de assets	Integración de assets	
SCRIPTS	Programación de los controles del personaje Estructuración de datos	Desarrollo de los enemigos	Desarrollo lógico del sistema	
AUDIO		Búsqueda de música y efectos	Integración de música y efectos	
VARIOS	Generar repositorio en Github	Animaciones	Testeo	Versión Gold Master QA

Mesa 2: Tabla plan de desarrollo

### 1.6. Presupuesto

ESTRUCTURA DEL PRESUPUESTO	HORAS
ACTIVIDADES	
Definición de objetivos	8
Presupuesto	4
Concepción del producto	10
Plan de producción	10

Estudio de Mercado	40
Repositorio en Github	5
Diseño en la interfaz	30
Crear prototipo (Versión Alfa)	30
Creación de assets	50
Tratamiento de la información	15
Integración de assets	25
Pruebas	12
Cambios y mejoras finales	28
Requisitos e instrucciones de instalación	5
Prototipos Lo-Fi y Hi-Fi	15
Proceso de publicación (Version Gold Master)	12
Promoción y distribución	12
Defensa TF	28
Subida de memoria al repositorio institucional	2
<b>PAQUETES DE TRABAJO</b>	
Pec1	36
Pec2	105
Pec3	105
Pec4	72
Pec5	30
<b>CUENTAS DE CONTROL</b>	
Diseño	141
Producción	177
Difusión	30
<b>PROYECTO</b>	<b>248</b>
<b>MARGEN DE CONTINGENCIA</b>	<b>27</b>



---

<b>LINEA BASE</b>	275
<b>MARGEN DE GESTION</b>	25
<b>PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>	300

Mesa 3: Tabla de presupuesto [19]

## 1.7. Estructura del resto del documento

Capítulo 2 - Análisis de mercado. Redactar el estado de arte y desarrollar la primera versión prototipo, aprendiendo a usar la plataforma Unity.

Capítulo 3 - Propuesta. Explicación de la propuesta del TF, haciendo énfasis en sus particularidades que lo diferencian de la competencia.

Capítulo 4 - Diseño. Presentación de todos los detalles del videojuego.

Capítulo 5 - Implementación. Requisitos e instrucciones para su instalación.

Capítulo 6 - Demostración. Presentación de los prototipos Lo-Fi y Hi-Fi y descripción de los tests y pruebas realizadas de funcionalidad, rendimiento, utilidad, etc.,

Capítulo 7 - Conclusiones y líneas de futuro.

## 2. Análisis de mercado

El éxito de un producto o servicio interactivo no depende solo de su innovación técnica, sino de su satisfacción para los usuarios. Aunque a veces se evitan estudios con usuarios por el costo inicial, la incorporación de aspectos de usabilidad reduce costos y mejora la calidad del producto (Lorés, Granollers y Lana, 2002) [12].

Para conocer la situación del sector e identificar las necesidades en las que se enmarca el TF, se realiza un estudio de mercado que recopila y analiza datos e información sobre la audiencia potencial, su segmentación y el nivel de la competencia para definir e identificar las oportunidades y los riesgos del mercado.

El objetivo es comprender en profundidad qué quiere el usuario, qué necesita la audiencia, y cuáles son las características de la competencia para conseguir un mejor resultado en el desarrollo del proyecto un videojuego didáctico que combine el entretenimiento.

Con toda esta información obtenida en el estudio o basado en productos semejantes, sirve para hacer referencia a los aspectos de usabilidad del diseño, para que el producto sea eficaz, satisfactorio, fácil de aprender e intuitivo de manejar, lo que aumenta la calidad del producto y además de reducir los costes de producción y mantenimiento.

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

El público objetivo o Target audience, es el usuario que va consumir el producto. El público objetivo de Space Math es principalmente infantil. Es necesario conocer a la audiencia (necesidades, motivaciones, nivel de conocimiento, recursos técnicos a su disposición, expectativas, costumbres, lenguaje, objetivos, qué información espera encontrar y de qué manera le gustaría encontrarla) para definir las ideas principales y adaptar y estructurar el diseño del videojuego la satisfacción del usuario [2,11].

Es importante estudiar a los usuarios porque por muy novedoso y creativo que sea el producto, su éxito depende del uso satisfactorio que tenga con las personas que lo utilicen. Para desarrollar Space Math se han definido perfiles de usuario, a través unos arquetipos llamados "personas"(concepto popularizado por Alan Cooper) [2, 11,12,20].

"Personas" se fundamenta en la descripción de los datos cuantitativos sociodemográficos básicos de una persona y de sus objetivos. Esto permite conocer los intereses y necesidades de los usuarios potenciales y ayuda a pensar cómo se utiliza el producto. El objetivo del uso de personas consiste en que el diseñador tenga en mente un usuario real con unas características determinadas [2, 11, 12 ,20].

Sin embargo, estos datos cuantitativos se deben combinar con enfoques cualitativos para comprender las necesidades y expectativas de los usuarios y ofrecer información detallada sobre las tareas, interacciones y contexto de los usuarios, permitiendo diseñar una interfaz más satisfactoria y fácil de usar [2, 11,12,20].

También se definen escenarios para situar el proceso de interacción entre la persona y el producto para describir los casos concretos de utilización según las tareas que el sistema debe llevar a cabo y el contexto en el que la persona va a utilizar la aplicación [2, 11,12,20].

Por lo tanto, los principales perfiles de audiencia de este producto son:

Alumnos de primaria de matemáticas  
 Profesores de primaria de matemáticas  
 Cualquier otra persona interesada en los videojuegos

Para conocer las ideas, opiniones y necesidades de estos usuarios y saber lo que buscan, esperan y cómo se comportan cuando juegan al videojuego se diseña un pequeño cuestionario cuya información se puede convertir en la clave para desarrollar el videojuego :

¿Qué buscas cuando juegas a videojuegos?  
 ¿Qué motivos te llevan a jugar a Space Math?  
 ¿Con qué frecuencia juegas?  
 ¿Qué elementos mejorarías del videojuego?

## PERFILES DE USUARIO DE SPACE MATH

Seguidamente, se presentan varios perfiles de usuario con sus escenarios:

	VALENTINA MARTÍN	JULIA GONZÁLEZ	MARC BARÓ	CAROLINA LORÁN	ADRIAN GÓMEZ	VEGA FERNÁNDEZ
<b>PERFIL GEOGRÁFICO</b>						
Lugar de residencia	Madrid	Barcelona	Barcelona	Madrid	Barcelona	Madrid
Lugar de trabajo	-	-	Barcelona	Madrid	-	-
Nivel de vida						
<b>PERFIL DEMOGRÁFICO</b>						
Edad	6 años	9 años	44 años	38 años	7 años	11 años
Sexo	Femenino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino
Familia	2 hermanas mayores	Hija única	3 hijos	1 hija	1 hermana	1 Hermano
Ingresos	-	-	40000 brutos/año	30000 brutos / año	-	-
Ocupación	Estudiante	Estudiante	Informatico	Profesor	Estudiante	Estudiante
Educación	1ºprimaria	4ºprimaria	Licenciado	Licenciada	2ºprimaria	6ºprimaria
<b>PERFIL PSICOSOCIAL</b>						
Idiomas	Castellano / Inglés	Castellano Catalán Inglés	Castellano Catalán Inglés	Castellano / Inglés	Castellano Catalán Inglés	Castellano / Inglés
Clase social	Media	Alta	Media	Media	Medio	Alta
Estilo de vida						

Aficiones	Practica Ballet Tocar el violín Leer	Patinar Montar en pony Jugar a videojuegos	Ir al gimnasio Viajar Amante de la tecnología	Leer Ir al teatro	Jugar a videojuegos Futbol	Gimnasia Teatro
Relación entre la persona y el producto	Cliente	Cliente	Cliente	Cliente	Cliente	Cliente
Nivel de relación entre la persona y la aplicación	Usuario frecuente	Usuario frecuente	Usuario ocasional	Usuario ocasional	Usuario ocasional	Usuario frecuente
Porcentaje de uso	30 %	80 %	50 %	60 %	50%	50%
SCENARIOS	<p>Valentina es una niña acostumbrada a manejar aplicaciones tipo Spotify o YouTube en la tablet de sus hermanas mayores.</p> <p>A sus padres les gustaría que Valentina tenga buenas notas en matemáticas, puesto que sus hermanas mayores son buenas estudiantes y siempre han sacado sobresaliente en esa asignatura.</p> <p>Este fin de semana sus padres han quedado con unos amigos para comer el domingo. Sin embargo, los amigos de su padres no tienen hijos con los que pueda jugar Valentina.</p> <p>Los padres de Valentina necesitan un entretenimiento para entretenerla mientras hablan con sus amigos.</p> <p>Lo que más le gusta a Valentina de Space Math es el diseño visual colorido, así como, los efectos de sonido y las animaciones.</p>	<p>Julia es una buena estudiante de tercero de primaria que le encantan las matemáticas</p> <p>Julia suele utilizar 2 veces por semana el ordenador en el colegio en la asignatura de informática desde hace dos años.</p> <p>Los fines de semana cuando ha terminado de hacer los deberes sus padres le dejan jugar a videojuegos con el ordenador.</p> <p>Es sábado por la tarde y Julia ha terminado de hacer los deberes. Sus padres le han dado permiso para jugar a los videojuegos.</p> <p>Lo que más le gusta a Julia del videojuego, aparte del entretenimiento de derribar las naves, es que practica sus conceptos matemáticos.</p> <p>Aparte de la motivación de ir avanzando por las distintas fases y resolver ejercicios de otros conceptos, desarrollando mejores habilidades matemáticas.</p>	<p>Marc tiene 3 hijos de edades comprendidas entre 4 y 7 años.</p> <p>Sus hijos están acostumbrados a usar la tablet y a conectarse a internet en el ordenador de Marc.</p> <p>Es víspera de puente, Marc y su familia se van a una segunda residencia que tienen.</p> <p>Un padre le ha comentado que el fin de semana pasado se fueron de viaje y sus hijos estuvieron entretenidos durante el viaje con el juego Space Math.</p> <p>Marc necesita que jueguen y practiquen ejercicios durante el viaje.</p> <p>Lo que más le gusta a Marc, es que sus hijos están entretenidos en el viaje y han establecido relaciones entre los 3 con una competición para ver quién resuelve antes los ejercicios desafiándose en complementar los niveles en menor tiempo posible.</p>	<p>Ana es profesora de matemáticas de primaria.</p> <p>A Ana le parece que la tecnología en la enseñanza puede ser de gran ayuda para asimilar diferentes contenidos.</p> <p>A Ana le gusta hacer uso de aplicaciones o videojuegos para evaluar conocimientos y estrategias del contenido previamente aprendido.</p> <p>Llegan las vacaciones de verano. Ana necesita reforzar los conceptos realizados durante el año escolar fuera de la escuela.</p> <p>Ana recomienda a los padres, que si sus hijos juegan a videojuegos de vez en cuando, utilicen Space Math para practicar y repasar los conceptos aprendidos en clase.</p>	<p>Adrian es un chico amante de los videojuegos de acción. Sin embargo, considera las matemáticas aburridas en el colegio.</p> <p>Su hermana mayor le enseña que Space Math puede aprender matemáticas de forma divertida.</p> <p>Adrian comienza a jugar y se da cuenta que puede practicar diferentes conceptos matemáticos mientras controla la nave espacial.</p> <p>Space Math se convierte en una forma de entretenerse y al mismo tiempo aprende a resolver operaciones..</p> <p>A medida que juega y progresa, Adrian adquiere confianza y se siente más motivado por aprender.</p>	<p>Vega es una chica ha descubierto el videojuego y decide probarlo.</p> <p>Para su sorpresa, el juego no solo es divertido, sino que también incorpora operaciones matemáticas que estimulan su mente mientras se divierte.</p> <p>A Vega le gusta la experiencia de pilotar la nave espacial y completar las misiones en el juego.</p> <p>Vega descubre que el juego es entretenido y desafiante. A medida que juega varias partidas, se sorprende al darse cuenta de que resuelve cada vez más rápido las operaciones sin darse cuenta.</p> <p>Además, nota que está mejorando sus logros.</p>

Mesa 4: Perfiles de usuario

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

El estudio de la competencia permite comparar y diferenciar características y aspectos clave de otros proyectos de videojuegos que funcionan parecidos a nuestro producto. Con este análisis se obtienen ideas y conclusiones de buenas y malas prácticas a desarrollar en el producto, así como aspectos que habría que mejorar [2,11].

A continuación, se presenta un listado de videojuegos similares de la competencia a tener en cuenta que sirven de modelo y pueden resultar de interés para el desarrollo de Space Math:

### TOON MATH

Toon Math es un videojuego basado en el género endless runner combinado con la resolución de ejercicios de matemáticas. En este videojuego, el jugador debe mover el personaje de izquierda a derecha y arriba o abajo para saltar y agacharse, para evitar chocarse con los diferentes obstáculos que se interponen en su camino. [5]

El jugador mientras avanza por el juego debe recolectar monedas para desbloquear y liberar a los otros personajes. Asimismo, el personaje en cada nivel puede recoger una habilidad (personaje más grande, monedas dobles, escudo, imán...) que se activa si resuelve una operación matemática planteada. Para resolver la operación el jugador debe pasar por delante del resultado correcto de tres opciones planteadas.[5]

El juego dispone de un menú para seleccionar el tipo de operaciones a resolver durante el juego: sumar, restar, multiplicar y dividir, así como su nivel de dificultad: muy fácil, fácil, normal, difícil y muy difícil.



Figura 8: Toon Math



Figura 9: Toon Math



Figura 10: Toon Math

Asimismo, en el videojuego puedes competir con amigos y comparar en una clasificación que jugador ha recogido más monedas o quién es el jugador que más distancia ha recorrido.

Este videojuego presenta unos gráficos excelentes muy coloridos y atractivos, y está disponible en Google Play y en la App Store.

## POWER NAUTS

Power Nauts es un videojuego dirigido a niños 1º de Educación Primaria, que combina el género clásico de plataformas con el aprendizaje de las matemáticas según el Método Singapur.

El jugador en cada nivel debe ir recogiendo monedas mientras resuelve operaciones tipo suma, series, mayor o menor, etc. que corresponden a las unidades didácticas del primer curso de Primaria. Las monedas sirven para comprar objetos para personalizar al personaje (sombreros, trajes, pelucas, gafas, etc.).

Mientras explora el misterioso mundo, el jugador debe arrastrar unos bloques, pulsar unos timbres y colocar a unos personajes llamados “blublus” que tienen unos números con el resultado correcto de la operación planteada para seguir avanzando. Como en todo juego de plataformas el jugador debe evitar caerse por los agujeros y evitar tocar a los enemigos. Este videojuego diseñado para niños está disponible en la App Store y en Google Play.



Figura 11: Power Nauts



Figura 12: Power Nauts



Figura 13: Power Nauts

## MATH GAME: ZOMBIE INVASION

Zombie Invasion es un videojuego de zombies combinado con la práctica de operaciones matemáticas (sumas, restas, multiplicaciones, divisiones...). El reto de este videojuego es ir resolviendo cada operación planteada antes de que los zombies lleguen hasta donde está el personaje del jugador.

La dinámica del juego se basa en que el jugador dispone de 4 opciones de resultados para resolver la operación. Si el jugador elige el número correcto, el zombie es eliminado. Sin embargo, si el número es incorrecto el personaje no dispara y el juego plantea un nuevo ejercicio.

El videojuego tiene 3 niveles de dificultad y permite seleccionar las operaciones que quieres practicar. Este producto está disponible tanto para Android como para PC.



Figura 14: Zombie invasión



Figura 15: Zombie invasión



Figura 16: Zombie invasión

Por último, también se ha valorado algún producto del género matamarcianos para obtener buenas prácticas que se adaptan al proyecto como es el caso de:

### SKY FORCE RELOADED

Sky Force Reloaded es un videojuego del género matamarcianos o shoot-em-up vertical con excelentes gráficos y una buena banda sonora que acompaña la diversión. Este videojuego es uno de los más famosos y descargados para móvil, pues tiene todos los ingredientes de este tipo de género.



Figura 17: Sky Force Reloaded



Figura 18: Sky Force Reloaded



Figura 19: Sky Force Reloaded



Figura 20: Sky Force Reloaded

Una vez analizados estos videojuegos similares a Space Math, se obtienen algunos pros y contras para desarrollar Space Math.

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE VIDEOJUEGOS SIMILARES A SPACE MATH

VIDEOJUEGOS	PROS	CONTRAS
TOON MATH	Entretenido	Muy enfocado en la recolección de monedas lo que pierde la oportunidad de ser pedagógico
	Comparar puntuaciones o logros con tus amigos	El juego en algunos momentos va demasiado rápido.



	Jugabilidad inmersiva	Los otros modos de dificultad tal vez son demasiado complicados concentrarse en resolver la operación y evitar no chocarse con los obstáculos a la hora de intentar resolver la operación mientras esquiva a los obstáculos. Puede acabar frustrando a los niños. Acaba frustrando
	Gráficos sobresalientes	Si el jugador selecciona el resultado incorrecto, solo pierde la habilidad.
<b>POWER NAUTS</b>	Buenos gráficos	Estaría bien tener temas y conceptos concretos en vez de niveles
	Hay una opción para familias y profesores para seguir el progreso educativo del alumno	No hay versión gratuita.
	Calidad grafica 3d	Interfaz complicada
	Permite la acción de saltar la actividad para que el jugador no se frustre	Falta tutorial de ayuda
	Pequeños totorales que explican cómo resolver las operaciones	Disponible sólo en castellano
<b>MATH ZOMBIE INVASION</b>	Interfaz sencilla	No permite compartir resultados
	Cumple muy bien con la parte didáctica	Orientado solo a la parte didáctica
	Buena distribución de los elementos en la interfaz	Poca interactividad del usuario con el videojuego
<b>SKY FORCE RELOADED</b>	Buenos gráficos, sonido y efectos	
	Diversión asegurada. Muy entretenida	

Mesa 4: Analisis comparativo

### 2.3 Análisis DAFO

DEBILIDADES	AMENAZAS
Los gráficos en otros videojuegos son de mejor calidad	Mercado competitivo
Información sobre el progreso y los resultados	Disponible en pocas plataformas
Publicidad	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Gran interactividad	Ampliación del público objetivo
Escalable	Originalidad en la combinación de géneros didáctico y matamarcianos
Gratuito	

Mesa 5: DAFO

## 3.Propuesta

Es importante definir los objetivos, las especificaciones, las características y el mensaje que se busca transmitir en el diseño del producto para evitar problemas en la fase de producción como cambios en una etapa avanzada del proyecto lo que supone un coste mayor en recursos y tiempo [19].

### 3.1. Definición de objetivos

Desarrollar un nuevo videojuego de tipo e-learning gratuito y de calidad frente a la competencia.

Crear una experiencia convincente a través de un producto que haga disfrutar y satisfacer al usuario

Optimizar el proceso de aprendizaje a través del entretenimiento.

Reforzar y complementar los conceptos matemáticos.

Llegar a otro tipo de consumidores de otro rango de edad.

Conseguir un producto fácil de aprender y familiar para el usuario.

Conseguir y fidelizar al consumidor.

Producto escalable para introducir cambios y mejoras de forma sencilla.

Incrementar el interés por la resolución de problemas matemáticas y motivar el aprendizaje a través del entretenimiento del juego.

Visibilizar y promocionar el videojuego a través de las redes sociales e Internet.

Conseguir que el usuario encuentre el juego como un reto sin que sea una dificultad que no puede asumir.

### 3.2 Especificaciones del producto

Tanto en el diseño de contenidos como en el diseño visual, según Nielsen (2002a) y Bernard (2003), para optimizar un videojuego orientado a un público infantil se considera de forma muy positiva y motiva a los usuarios a interactuar con el producto una serie de aspectos y funcionalidades [19]. Por lo tanto, Space Math debe estar compuesto por:

- Efectos de sonido y animaciones
- Diseño rico en colores
- Navegación y textos sencillos
- Contenido divertido
- Elementos que puedan sorprender
- Carga de elementos rápida
- Elementos de interacción e instrucciones sencillos y breves.

Donald Norman (2001), Kevin Kruse (2004), Krishnan & Rajamanickam (2004) o Weisburgh (2002) también proponen una serie de aspectos a la hora de diseñar un sistema didáctico efectivo [19]:

- Información sobre el progreso y los resultados
- Proporcionar herramientas de aprendizaje
- Sistema intuitivo
- Control en manos del usuario
- Diseño lógico y consistente

### **3.3 Características, especificaciones y prestaciones principales del producto**

Space Math debe exhibir coherencia, estabilidad y claridad en sus elementos gráficos, junto con la visibilidad, accesibilidad y facilidad de comprensión de la información para el usuario. Es importante que la disposición de los elementos, su legibilidad y coherencia gráfica contribuyan a la claridad de la información.

También, el diseño del sistema debe ser intuitivo permitiendo que el contenido de los elementos sea simple, rápido y fácil de entender evitando la sobrecarga de elementos o contenido innecesario. Por último, se busca una experiencia inmediata de entretenimiento y educación activa o absorbente, donde el usuario pueda desconectarse de su entorno y sumergirse en la experiencia [5, 19].

#### **A) Descripción del videojuego**

Space Math es un juego 2d de tipo arcade desarrollado para ordenador y dispositivo móvil o tablet que combina el género matamarcianos (en inglés shoot 'em up) con el género educativo. El objetivo del juego es resolver retos matemáticos orientados a niños de primero de primaria para superar los diferentes niveles del juego.

El juego se basa en el clásico juego Space Invaders del año 1978, cuyo objetivo era derribar todas las naves enemigas en cada fase. Los juegos de este género se caracterizaban por ser muy coloridos y adictivos en superar puntuaciones.

En Space Math, el jugador también tiene como reto derribar las naves enemigas, de las que cae un número con el resultado correcto del reto matemático que resuelve la operación planteada para ir superando cada nivel.

#### **B) Interacción del videojuego**

La interacción del jugador con el videojuego para el control de la nave es a través del teclado en la versión escritorio y a través de la pantalla táctil en la versión para dispositivos móviles. El jugador puede desplazar la nave espacial de izquierda a derecha y disparar hacia las naves enemigas para derribarlas. Estos controles son:

<b>CONTROLES</b>	
<b>Flecha derecha</b>	<b>Mueve hacia la derecha</b>
<b>Flecha izquierda</b>	<b>Mueve hacia la izquierda</b>
<b>Espacio</b>	<b>Disparo</b>
<b>P</b>	<b>Pause</b>

Mesa 7: Controles

Para facilitar la identificación y percepción de los elementos interactivos tipo botones del videojuego, se selecciona un color que favorezca el contraste sobre el fondo y destaque con claridad sobre el resto de los elementos.

### **C) Plataforma**

El videojuego ha sido desarrollado para ordenador y para dispositivo móvil o tablet a través del motor de videojuegos Unity. El aprendizaje con Unity es más sencillo frente a otros motores como Unreal.

Unity al ser muy popular, dispone de mucho material de aprendizaje en internet, además, de un amplio Asset Store (texturas, modelos, animaciones, etc.) con recursos gratuitos para complementar el desarrollo de un proyecto.

### **D) Historia**

Año 2455, naves enemigas han robado las gemas mágicas del planeta XJ300. Cody es el robot que tiene como misión recuperar estas gemas. Sin embargo, los enemigos le plantean varios retos matemáticos para recuperarlas. ¿Podrá Cody superar estos retos propuestos por sus enemigos y devolver las gemas a su planeta?

### **E) Personajes y elementos del juego**

**Player:** Este elemento es el personaje que el jugador debe manejar. Está representado por una nave espacial centrada en la parte inferior de la pantalla.



Figura 21: Player

Shoot: Este elemento es el disparo situado delante de la nave del jugador. Este elemento tiene un desplazamiento vertical hacia arriba. Cuando el elemento se destruye si choca con otro elemento del juego o si ha pasado 5 segundos por medio de la instrucción Destroy para no sobrecargar el sistema.

Enemy: Este elemento representa los enemigos que el jugador debe derribar. Aparecen situados en la parte superior de la pantalla. Dependiendo del nivel del juego el número determinado de enemigos variará.

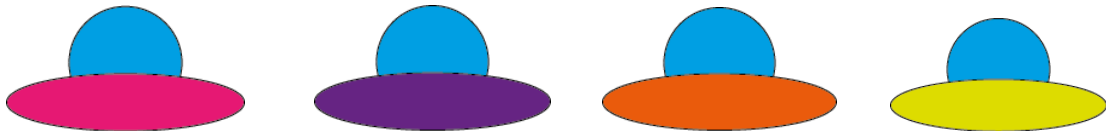


Figura 22: Enemy

Estos personajes son representados por colores con diferentes rangos de vida de 1 a 5, es decir, que el jugador debe disparar de 1 a 5 veces a la nave para destruirla.

Number: Este elemento representa los números que puede recoger el jugador cuando derriba una nave enemiga. Estos son representados en forma de números. En el caso de que el reto sean formas geométricas o mayor o menor, estos elementos se sustituyen por estos signos o formas. Este elemento tiene el componente de físicas Rigidbody2d con gravedad 0.5 para que caiga cuando aparezcan.



Figura 23: Numbers

HelpShip: Este elemento representa la nave de ayuda que lanza al jugador un objeto tipo power-up con el resultado correcto de la operación planteada. Este personaje sale de forma aleatoria en los diferentes niveles del juego.

Todos estos elementos del juego son gameObjects compuestos por un componente Collider 2d. Asimismo, los elementos Number, Shoot y HelpShip también disponen de un componente Rigidbody 2d.

## F) Escenario principal e interfaz del jugador

El diseño de la interfaz de Space Math presenta la información al usuario de forma sencilla y atractiva. La interfaz del videojuego está compuesta por los elementos estructurales del contenido y por los elementos funcionales que posibilitan la interacción con el videojuego.

En Space Math, el comportamiento, la terminología y los elementos gráficos es constante y predecible, es decir, la información debe ser de forma idéntica para el usuario durante todo el diseño del videojuego, esto facilita el uso del producto.

La interfaz del videojuego está compuesta por diferentes elementos de información, distribuidos y posicionados alrededor de la pantalla en la parte superior e inferior a izquierda y derecha de la pantalla:

1. Level, nivel de pantalla.
2. Operación matemática.
3. Tiempo disponible (45 segundos).
4. Coins, monedas recogidas por el jugador.
5. Lives, vidas disponibles.



Figura 24: Interfaz

## **G) Interacción con los elementos**

El jugador debe superar 6 niveles representados en ejercicios tipo: sumas, restas, secuencias, dobles, formas geométricas y mayor o menor, tres operaciones de cada concepto. La operación siempre aparece centrada en la parte superior de la pantalla.

El jugador cada vez que pulse la tecla espacio, dispara hacia arriba. Si el disparo impacta sobre una de las naves enemigas, estas pierden un punto de vida. Si el enemigo pierde todas su vidas, el enemigo se destruye y deja caer un número desde la posición donde ha sido destruido.

Si el jugador, recoge el número correcto del resultado, el jugador consigue una vida extra y aparece el panel Robot y el panel Victory para pasar al siguiente nivel.

Si el jugador, recoge un número o símbolo incorrecto, el jugador pierde una vida. Si el jugador pierde todas las vidas, el juego finaliza y el jugador debe comenzar en el nivel 1.

El jugador debe superar el reto en 45 segundos, si este tiempo finaliza, el jugador pierde una vida y vuelve a empezar en el nivel donde estaba.

Es decir, el número de vidas aumenta en uno por cada nivel superado y disminuye en uno si el número o símbolo elegido por el jugador es incorrecto en la operación planteada.

El número del nivel aumenta en uno, cada vez que el jugador supere un nivel, es decir, cuando aparece el panel Victory.

Por cada nave derribada cae una moneda con valor 5. Como futura idea se puede desarrollar dentro del videojuego una sección tienda para que el jugador personalice elementos del juego (player, enemys, fondo, números...) con las monedas recogidas.

## **H) Niveles de juego**

El juego está compuesto por 6 niveles con ejercicios de matemáticas tipo: sumas, restas, secuencias, dobles, formas geométricas y mayor o menor. Cada vez que el jugador supere 3 niveles, el jugador consigue el logro de recuperar una de las gemas y el juego cambia a otro tipo de operación. Con esto se pretende buscar esa repetición del ejercicio para asentar el concepto de forma progresiva.

- 1 Sumas
- 2 Restas
- 3 Mayor y menor
- 4 Secuencias
- 5 Formas geométricas
- 6 Dobles

## I) Softwares para el desarrollo

Unity: Motor de desarrollo del juego.

Visual Studio Code: Entorno para la programación.

Adobe Illustrator: Editor y generador de imágenes.

Audacity: Editor para la música y efectos.

C#: Lenguaje de programación utilizado.

GitHub: Repositorio para el código fuente.

## J) Arte y diseño gráfico de los contenidos

Según Nielsen (2000), los contenidos en una aplicación son importantes: la brevedad, la lectura en diagonal, el lenguaje estructurado, los títulos de sección, la legibilidad y el contraste entre el texto y el fondo, y la tipografía a partir de 11 puntos [9].

Seguidamente, se presentan los contenidos de Space Math siguiendo los principios básicos del diseño: proximidad, espacio en blanco, alineación, repetición y contraste para facilitar la identificación y percepción de las funciones y elementos que presenta el videojuego: [13]:

### Textos

La elección de la tipografía influye en el tono general de la aplicación. Es importante tener en cuenta que utilizar más de dos familias tipográficas puede afectar la legibilidad del texto [13].

Space Math utiliza una sola familia tipográfica sin serifa, como Verdana o Arial, por su adaptabilidad a la retícula de píxeles. Estas fuentes se emplean en botones, titulares y párrafos con un tamaño de letra considerablemente grande y variantes en negrita o bold para destacar en pantalla. Además, se busca asegurar un contraste adecuado entre el texto y el fondo para mejorar la legibilidad [21].

Como el producto está dirigido al público infantil, se opta por textos cortos y concisos, ya que son más aceptados por este grupo. También los titulares son claros, breves e informativos, con un tono informal y letras en caja baja con un tamaño de al menos 12 puntos, evitando tamaños inferiores a 9 puntos, para mejorar la legibilidad. De esta manera, se busca facilitar la lectura y comprensión del contenido por parte de los niños [21].

En cuanto al aspecto visual del texto, se garantiza un nivel de contraste adecuado para una lectura cómoda. Se utilizan contrastes y patrones de composición diferentes para atraer la atención del usuario y dirigir su mirada hacia la información relevante [14]. Estos elementos visuales contribuyen a una experiencia de lectura más agradable y efectiva dentro de la aplicación.



## **Imagen**

Las imágenes utilizadas en el contenido como el logo y los iconos del videojuego se generan por medio del software Adobe Illustrator. Estas imágenes son más adecuadas para ilustrar ideas.

Por otro lado, también se utilizan imágenes descargadas sin derechos de autor a través de webs: [www.pexels.com](http://www.pexels.com) o [www.unsplash.com](http://www.unsplash.com) con una buena resolución para poder editarlas o manipularlas.

## **Animación**

Para atraer y mantener la atención del usuario en el producto, así como aumentar la retención de la información, el proyecto utiliza animaciones para los elementos de juego Player y Enemy.

Puede servir como muestra del funcionamiento del juego, realizar una animación de tipo tutorial justo después de que el usuario haga clic en el botón Start de la pantalla de inicio para proporcionar al jugador la mecánica del videojuego y manejo del juego.

## **Audio**

Space Math presenta música y efectos sonoros para añadir y resaltar de forma más atractiva la información del videojuego y crear un ambiente más realista en la narración presentada en la pantalla. Estos recursos sonoros también se utilizan como avisos al usuario o para llamar la atención sobre información muy relevante.

Los audios utilizados son archivos de audio descargados de la web: <https://freesound.org/> en formato digital de audio MP3. Algunos de estos audios son editados con el software Audacity.

## **Video**

Aunque el video ofrece gran impacto visual en un producto multimedia, no se plantea en el proyecto incorporar videos por el momento.

## **Color**

La elección de la gama cromática determina el tono general que se quiere transmitir y el tipo de usuario. El prototipo Space Math opta por utilizar colores complementarios en las combinaciones así como primarios dominantes más secundarios subordinados para producir sensación de estabilidad y armonía. Se utilizan también colores con alto contraste en los paneles y los botones de las pantallas con el mismo tono de saturación para armonizar.

Seguidamente, se presentan los colores utilizados con su código hexadecimal correspondiente. El color elegido para los paneles ha sido asociado según las sensaciones y conceptos asociados con los colores: rojo peligro, verde descanso equilibrio esperanza, azul calma, amarillo luz [18]

Rojo	#EE0A0A
Verde	#12FF00
Navy	#0B41FF
Amarillo	#FFF000
Magenta	#FF00C2
Azul	#0078FF

Mesa 7: Paleta de colores

### 3.4 Modelo de negocio

A continuación, se presenta una tabla con los costes asociados a la puesta en marcha del proyecto Space Math:

	PRECIO
<b>HARDWARE</b>	
MacBook Pro 2015	1600 euros
<b>SOFTWARE</b>	
Unity	Gratuito
Visual Studio Code	Gratuito
Adobe Illustrator	Gratuito
Audacity	Gratuito
GitHub	Gratuito
Assets	Gratuito
<b>TOTAL</b>	1600 euros

Mesa 8: Presupuesto

### 3.5 Estrategia de marketing

En función del estudio de mercado realizado anteriormente y según la audiencia o público objetivo de Space Math, para lograr la satisfacción de las necesidades de nuestros consumidores, se opta por una estrategia de marketing enfocada en una visión empresarial EOC (Empresa orientada al consumidor) [1].

Por lo tanto, para realizar el producto se realiza un plan de marketing con las tareas o actividades a realizar:

El producto se aloja en un host para descargarlo a un dispositivo móvil o tablet. Con el fin de buscar la mejor calidad/precio se opta por un servidor con hospedaje gratuito, en el que no se dispone de dominio propio y aparecen anuncios publicitarios [1].

El proceso de promoción del videojuego para comunicarse con los clientes potenciales y dar a conocer y promover el producto será a través del marketing en línea o e-marketing [1].

El proceso de distribución del producto para alcanzar una amplia difusión será a través de Internet por medio de descarga de aplicación en las plataformas de distribución tipo Google Play (Android) para dispositivos móviles, como tablets y smartphones, aunque también se realizará una versión como aplicación para escritorio [13].

Distribuir o lograr visibilidad en una aplicación o videojuego por este tipo de mercados es complicado debido a la alta competencia que existe. Sin embargo, Space Math puede ofrecer un producto con un modelo de negocio gratuito y con elementos diferenciadores como el enfoque o la funcionalidad respecto de la competencia que puede servir para destacarse sobre el resto y ayudar a captar usuarios y generar beneficios a través de otras acciones adicionales [16].

Por último, también es importante desempeñar actividades mejor o de manera diferente a las de la competencia, por lo que se realiza un video trailer con imágenes de la dinámica del juego para mostrar y difundir el producto a través de internet.

## 4. Diseño

A continuación, en este capítulo se explican los detalles del videojuego Space Math:

### 4.1. Arquitectura general de la aplicación/sistema/servicio

#### 4.1.1 Front-end

**Player:** este gameObject representa la nave que maneja el usuario para derribar a los enemigos y conseguir las monedas y números que resuelven la operación plateada. Este gameObject está compuesto por un componente Box Collider 2d que sirve para detectar las colisiones con los gameObjects, números y monedas, cuando los recoja.

**Shoot:** este gameObject es un prefab que representa el disparo que realiza el jugador al pulsar la tecla Espacio. Está situado delante de la nave del jugador y tiene un desplazamiento vertical hacia arriba. Está compuesto por un componente Circle Collider 2d para detectar las colisiones con los enemigos del juego. Este elemento se destruye al colisionar con ellos o al pasar 5 segundos con la instrucción Destroy para no sobrecargar el sistema.

**Enemy:** este gameObject también es un prefab que representa las naves enemigas que el jugador debe derribar. Hay 2 tipos de enemigos: los Enemy, de dónde caen los números que resuelven las operaciones: suma, resta, secuencia y dobles, y los EnemyMM, de donde caen los símbolos de mayor y menor y las figuras geométricas que resuelven los otros niveles. Estos prefabs están compuestos por un componente Box Collider 2d y por un componente Rigidbody 2d que permiten el comportamiento físico del elemento lo que se ven afectados por la fuerza de la gravedad y pueden colisionar con otros objetos.

**Number:** son los gameObjects que representan los números que caen de las naves enemigas. Son representados en números del 0 al 9. El jugador debe recoger el número correcto que resuelve la operación para superar los niveles del 1 al 4.

**Symbol:** en este caso, este gameObject representa las figuras geométricas y los símbolos de mayor, menor o igual para superar los niveles 5 y 6. Estos elementos caen cada vez que se derriba una nave enemiga.

**Coin:** este gameObject representa la moneda que el jugador debe recoger cada vez que derribe a un enemigo. Las monedas se van acumulando. Se plantea desarrollar una sección tienda en el juego para comprar nuevas naves de jugador y personalizar otros elementos del juego con estas monedas.

Estos gameObjects Number, Symbol y Coin, tienen los componentes Box Collider 2d y Rigidbody 2d. En el componente de físicas Rigidbody2d, se ha modificado la gravedad 0.5 para que la caída de los elementos sea más lenta. Asimismo, estos elementos son hijos del elemento padre Enemy, e inicialmente están deshabilitados hasta que el padre no sea destruido.

HelpShip: este gameObject representa la nave de ayuda que lanza al jugador un elemento llamado power-up que permite superar el nivel directamente. Este elemento tiene implementado una IA de tipo WayPoints para desplazarse de izquierda a derecha en la parte superior de la pantalla.

PowerUp: este gameObject es el elemento que permite superar el nivel directamente. También tiene los componentes Box Collider 2d y Rigidbody 2d e inicialmente está deshabilitado hasta que su elemento padre HelpShip es destruido.

## HUD

Level: Este elemento TextMeshPro muestra el nivel donde se encuentra el jugador. Está situado en la parte superior izquierda de la interfaz de usuario en las escenas Game.

Operation: Este elemento TextMeshPro representa la operación matemática que debe resolver el jugador para superar el nivel. Se encuentra centrado en la parte superior de la interfaz de usuario en las escenas Game.

Time: Este elemento TextMeshPro representa el tiempo disponible para superar el nivel. Está situado en la parte superior derecha de la interfaz de usuario en las escenas Game.

Coin: Este elemento TextMeshPro contabiliza las monedas recogidas por el jugador. Está situado en la parte inferior izquierda de la interfaz de usuario en las escenas Game.

Lives: Este elemento TextMeshPro informa al jugador de la vidas restantes. Está situado en la parte inferior derecha de la interfaz de usuario en las escenas Game.

## GUI

MainMenu: esta escena es la interfaz del menú principal del juego. Es la primera pantalla que se muestra al jugador cuando arranca el juego. Está compuesta por menú de navegación con 3 botones: Start, Settings y Credits.

Credits: esta interfaz muestra los créditos del videojuego. Esta escena muestra la información textual sobre el desarrollador del videojuego y por un botón Volver, para regresar al menú principal.

Settings: esta interfaz permite activar o desactivar los sonidos en el videojuego. Está compuesta por 2 elementos toggle FX y Music, para activar y desactivar, y el botón Back, para volver al menú principal.

Intro: esta escena es la interfaz que cuenta la historia del juego. Está compuesto por el por la información textual sobre la historia del videojuego y por un botón Accept Mission para continuar a la siguiente escena Tutorial.

Tutorial: esta interfaz muestra un video tutorial al jugador para jugar al videojuego. Contiene el título de la escena y un botón Continue, para avanzar a la siguiente escena.

Map: esta sección muestra al jugador a través de un mapa en qué nivel se encuentra y cuántos retos o niveles le quedan. Esta escena se muestra cada vez que el jugador supera un nivel. También muestra un cuenta atrás de 5 segundos para empezar a jugar el siguiente nivel.

Panel Pause: esta interfaz muestra el menú Pause. Está compuesta por el título de la escena y un menú de navegación con los botones: Continue, Settings y Quit. Si el usuario pulsa la tecla P aparece este menú.

Panel Victory: esta interfaz aparece si el jugador ha superado el nivel. Está compuesto por un botón NextLevel.

Panel GameOver: esta interfaz aparece si el jugador no supera el nivel. Está compuesto por los botones Quit y PlayAgain.

#### **4.1.2. Back End (Scripts)**

CoinController: Este script se encarga de sumar las monedas que recoge el jugador al contador del HUD.

DoNotDestroy: Este script permite que la música de fondo del mainMenu, continúe por las demás escenas del juego.

Enemies: Este script genera 6 tipos diferentes de posición de los enemigos según el nivel donde se encuentre el jugador.

EnemyController: Este script selecciona la imagen que representa al gameObject Enemy, y habilita y desvincula los hijos Number y Coin cuando es destruido al detectar una colisión.

HelpController: Este script implementa la IA WayPoints, además de habilitar y desvincular el elemento hijo PowerUp cuando es destruido al detectar una colisión.

IntroController: Este script simplemente carga la escena tutorial.

MainMenuController: Este script carga la escena Intro, además de activar o desactivar las interfaces Settings y Credits.

MapController: Este script carga la cuenta atrás de 5 segundos antes de cargar la escena de juego.

MapPlayerController: Este script desplaza el objeto player sobre el mapa según el nivel superado en la escena Map.

NumberController: Este script selecciona primero el número que aparece cuando el elemento Enemy es destruido. Seguidamente, el script comprueba si el jugador recoge el número correcto para superar el nivel y aumenta una vida, o en cambio elige un número equivocado y pierde una vida o pierde el juego.

**PlayerController:** Este script se encarga de mover y disparar la nave del jugador con el teclado por la escena del juego. Además, comprueba si el jugador recoge una moneda o el elemento PowerUp para superar el nivel directamente.

**PowerUpController:** Este script comprueba si el jugador ha colisionado con el elemento PowerUp para activar la interfaz Victory y superar el nivel.

**ScrollBackground:** Este script se encarga de repetir infinitamente la imagen de fondo desplazando en su eje Y.

**SettingsController:** Este script permite activar o desactivar el sonido haciendo clic en los toggle de la interfaz settings.

**Shoot:** Este script desplaza el gameObject Shoot a una velocidad determinada. También comprueba si hay una colisión con elementos Enemy, EnemyMM y HelpShip, para generar un efecto de explosión realizada con un sistema de partículas.

**SymbolController:** Este script es igual que el script NumberController pero se utiliza para los símbolos de mayor y menor y para la figuras geométricas.

**TheEndController:** Este script carga directamente la escena principal MainMenu.

**TutorialController:** Este script carga la escena Map.

**UIController:** Este script se encarga de mostrar la información del HUD, es decir, las vidas, el nivel de juego, la operación que el jugador debe resolver, etc. Este script también habilita las interfaces Victory, GameOver, Settings y Pause Mode.

## 4.2. Arquitectura de la información y diagramas de navegación

La Arquitectura de la información y navegación ayuda a encontrar y gestionar la información de forma efectiva. Según Manchón (2002), la arquitectura de la información (AI) se refiere al "diseño, organización, etiquetado, navegación y sistemas de búsqueda que ayudan a los usuarios a encontrar y gestionar la información de manera efectiva" [13, 21]

A continuación, se presentan los diagramas de los elementos principales del videojuego con las funcionalidades y caminos que el usuario puede realizar:

### 4.2.1. DIAGRAMA DE FLUJO

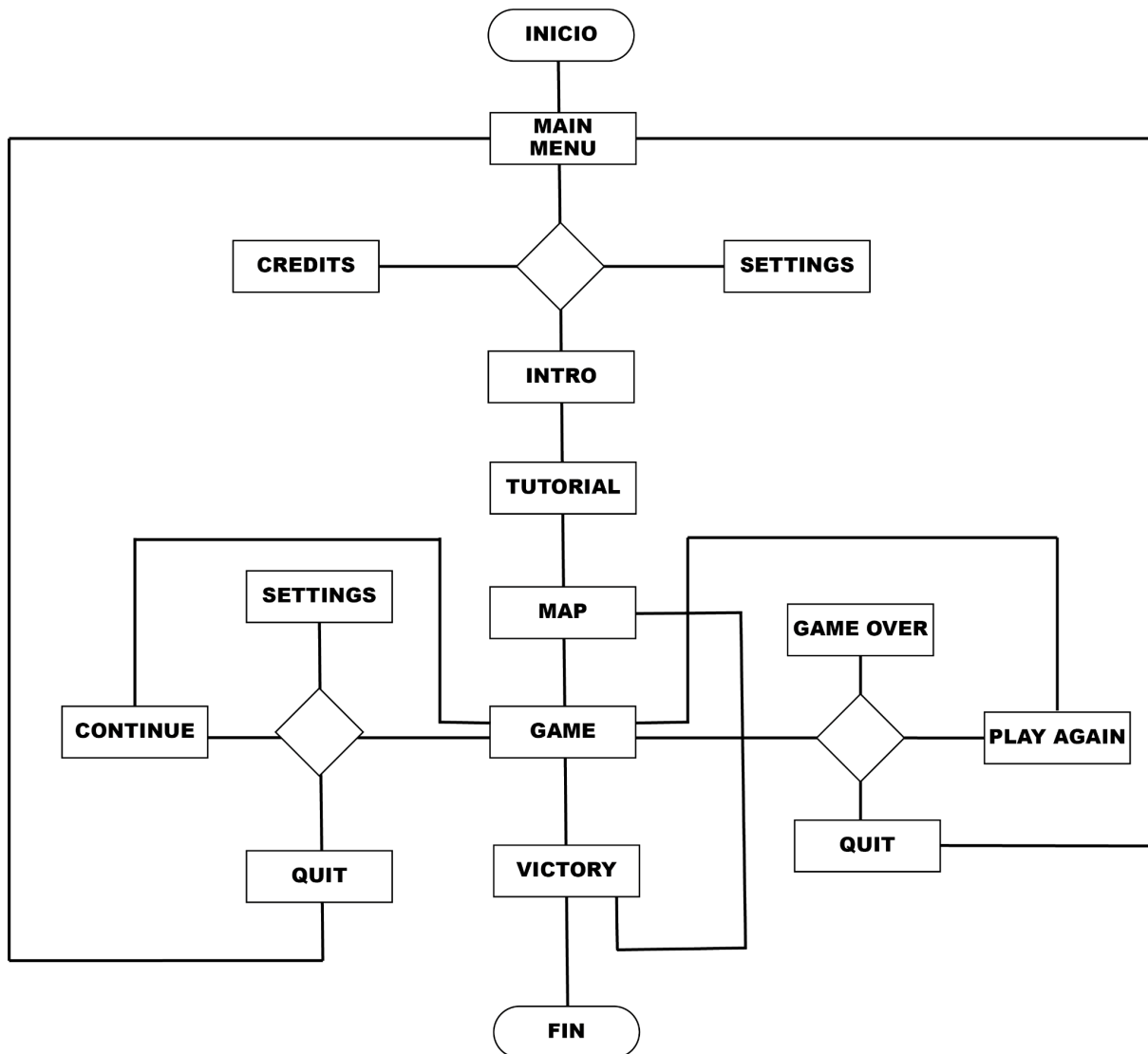


Figura 31: Diagrama de flujo.



### 4.2.2. DIAGRAMA DE CLASES

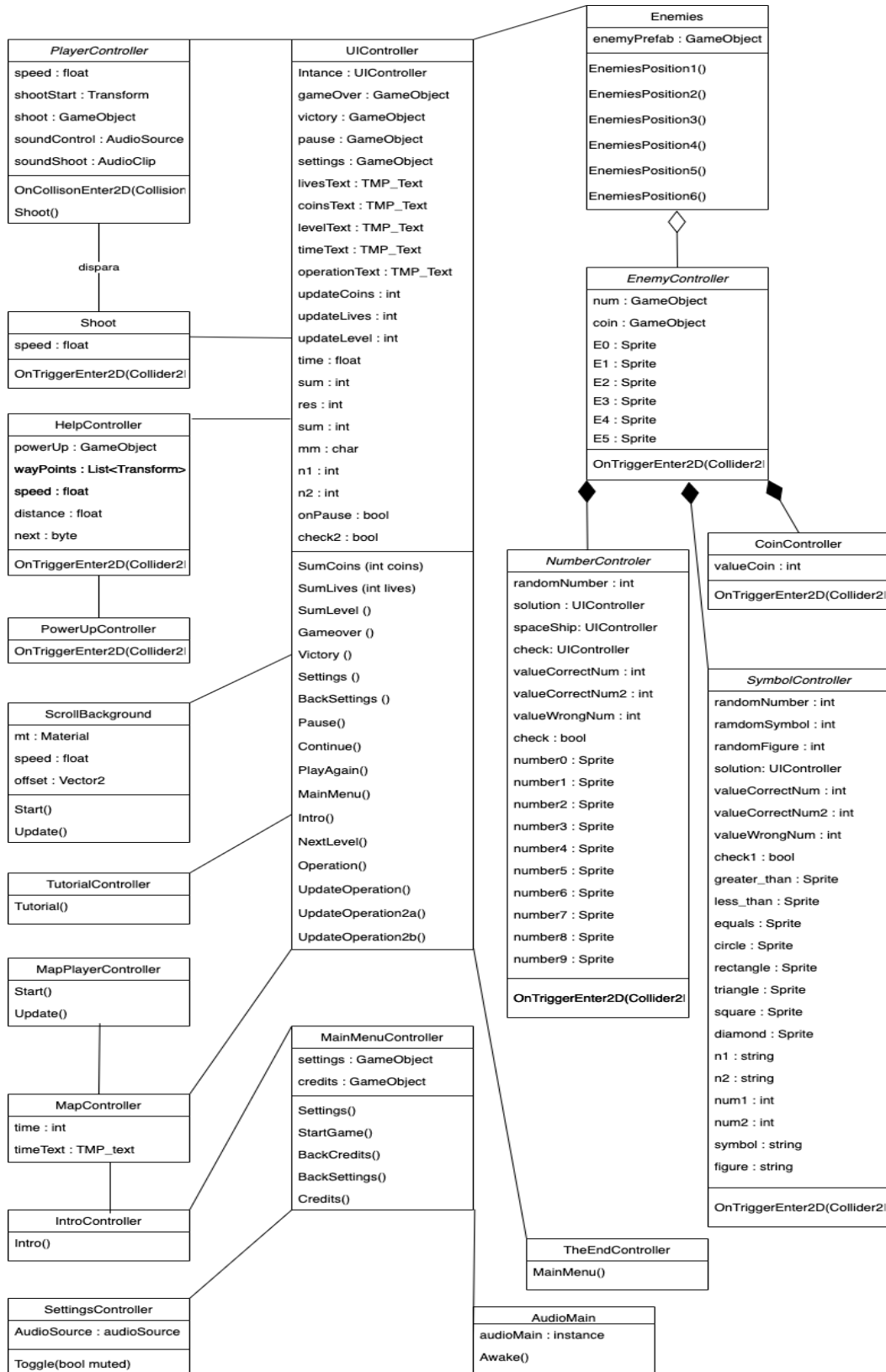


Figura 32: Diagrama de clases.

## 4.2.3. DIAGRAMA ÁRBOL JERÁRQUICO DE NAVEGACIÓN

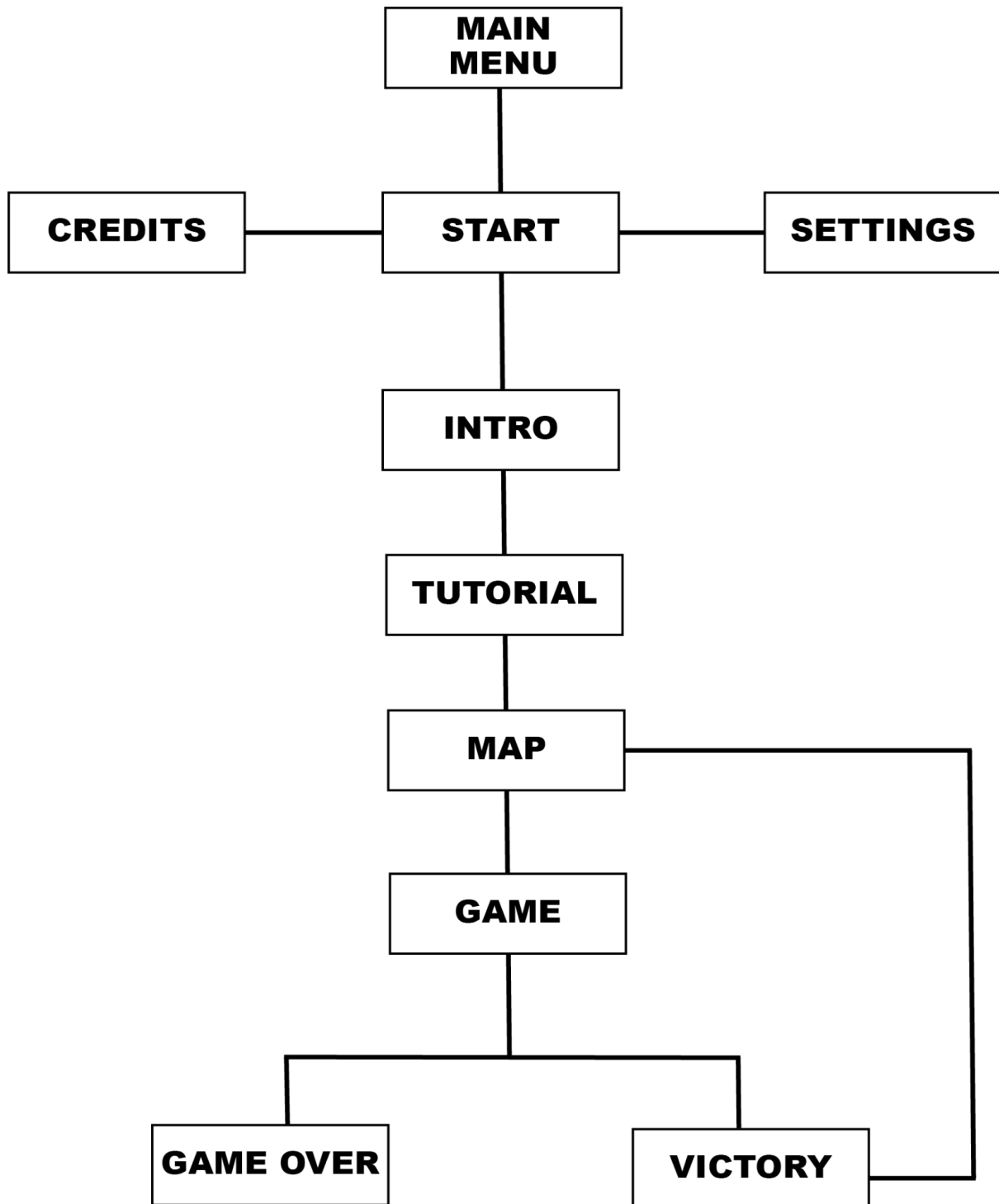


Figura 33: Diagrama árbol jerárquico.

#### 4.2.4. STORYBOARDS Y GUIONES CREADOS PARA EL PRODUCTO

A continuación, se muestra el layout de la aplicación con la distribución y posicionamiento del contenido de cada escena del videojuego.

##### Pantalla MainMenu

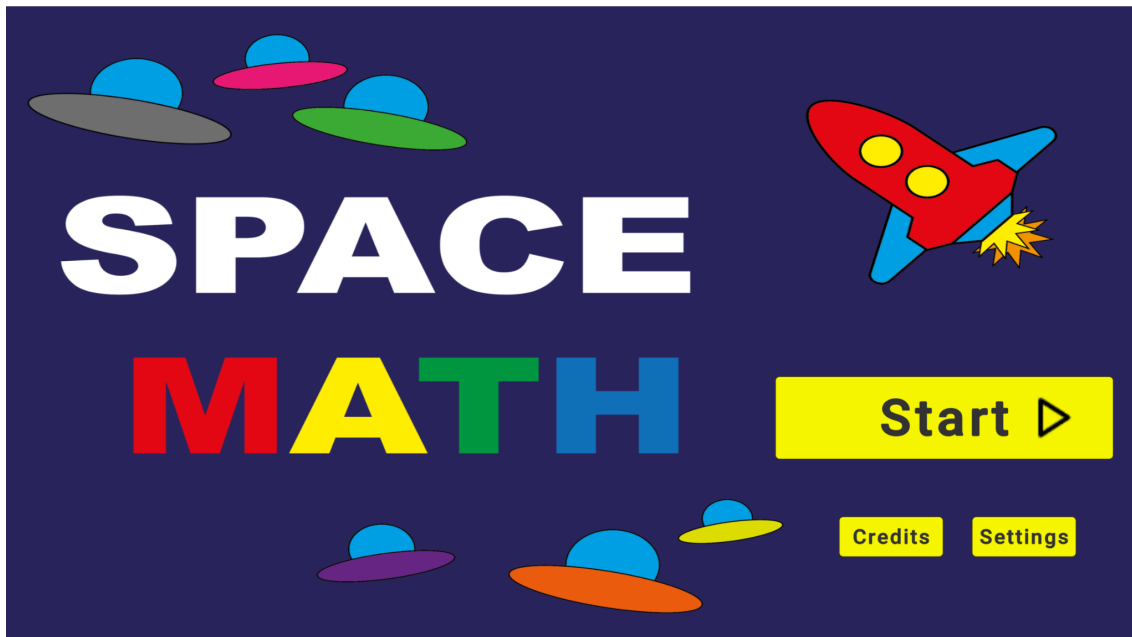


Figura 34: Pantalla MainMenu.

##### Pantalla Intro



Figura 35: Pantalla Intro.

## Pantalla Tutorial



Figura 36: Pantalla Tutorial.

## Pantalla Map



Figura 37: Pantalla Map.

## Pantalla Settings

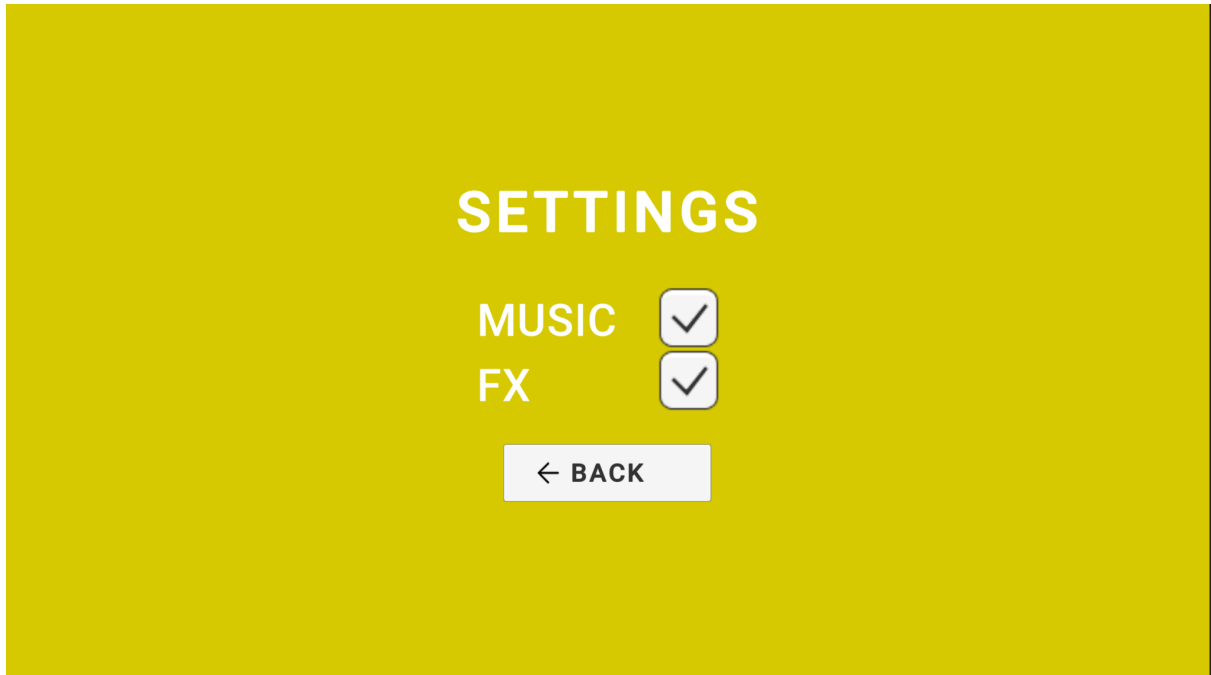


Figura 38: Pantalla Settings.

## Pantalla Pause

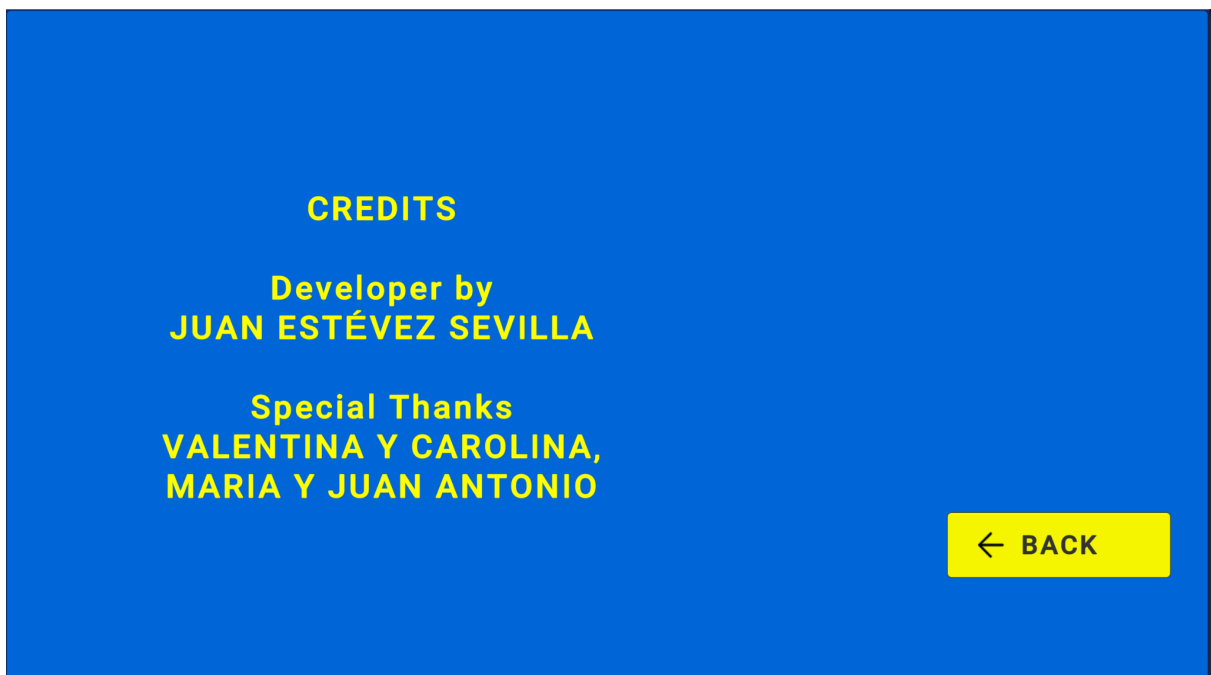


Figura 39: Pantalla Pause.

## Pantalla Victory

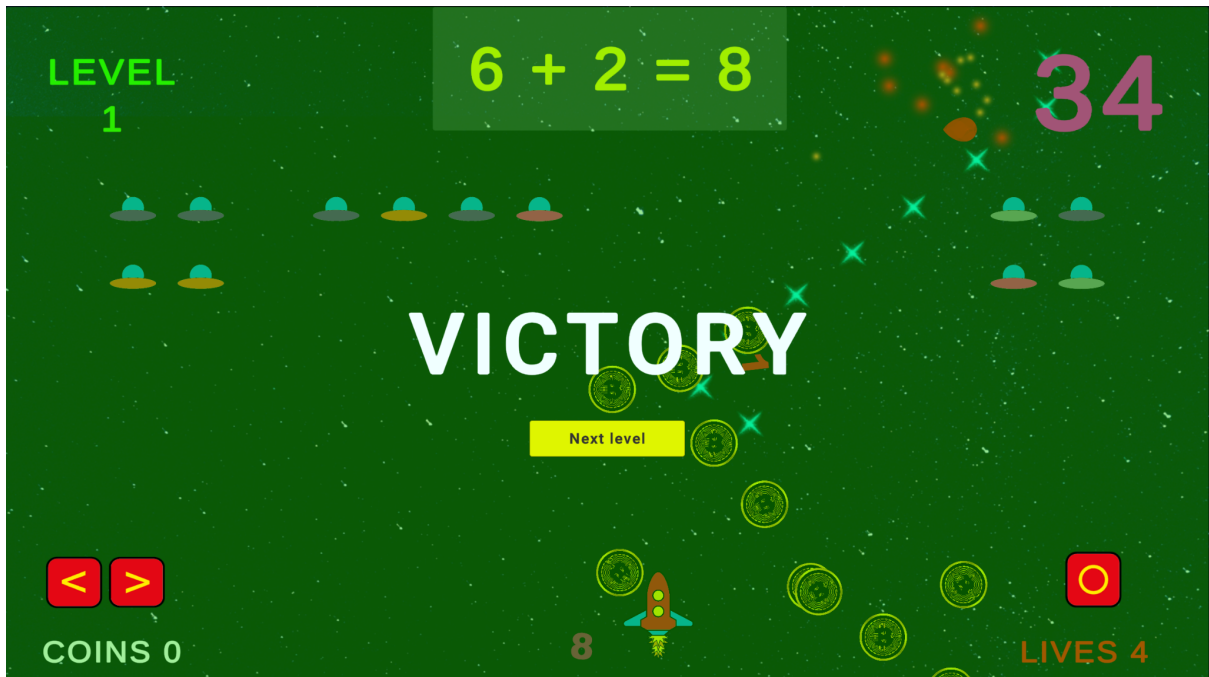


Figura 40:: Pantalla Victory.

## Pantalla GameOver

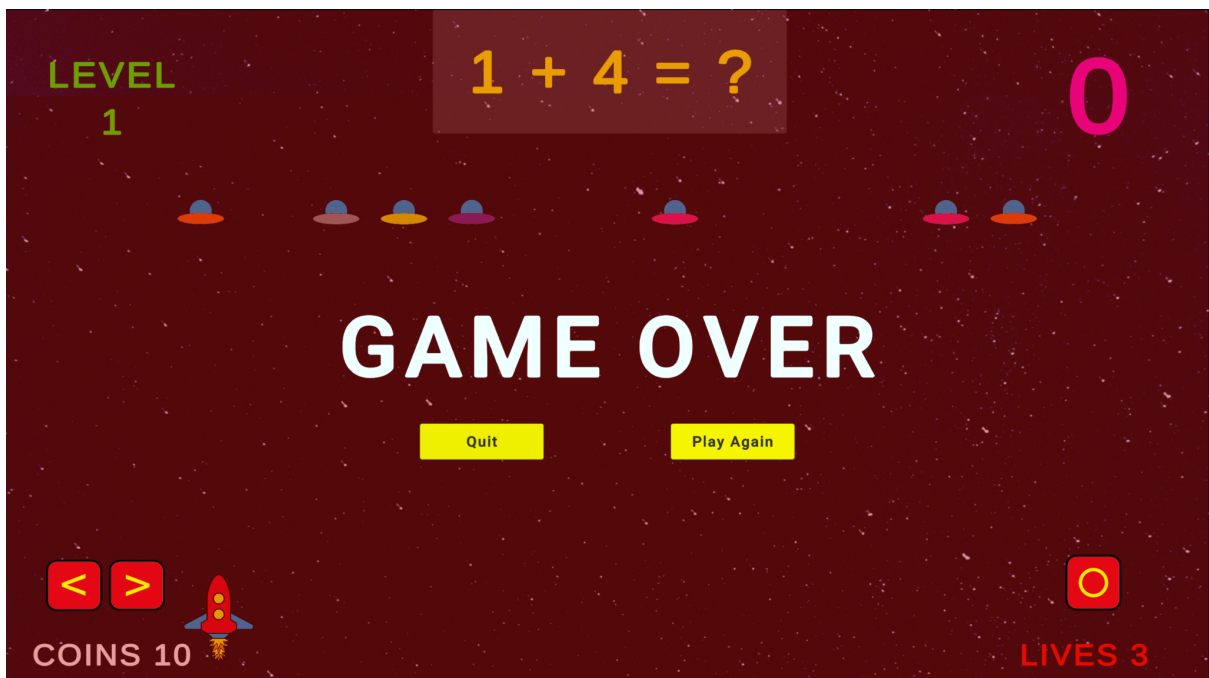


Figura 41: Pantalla GameOver.

## Pantalla Pause

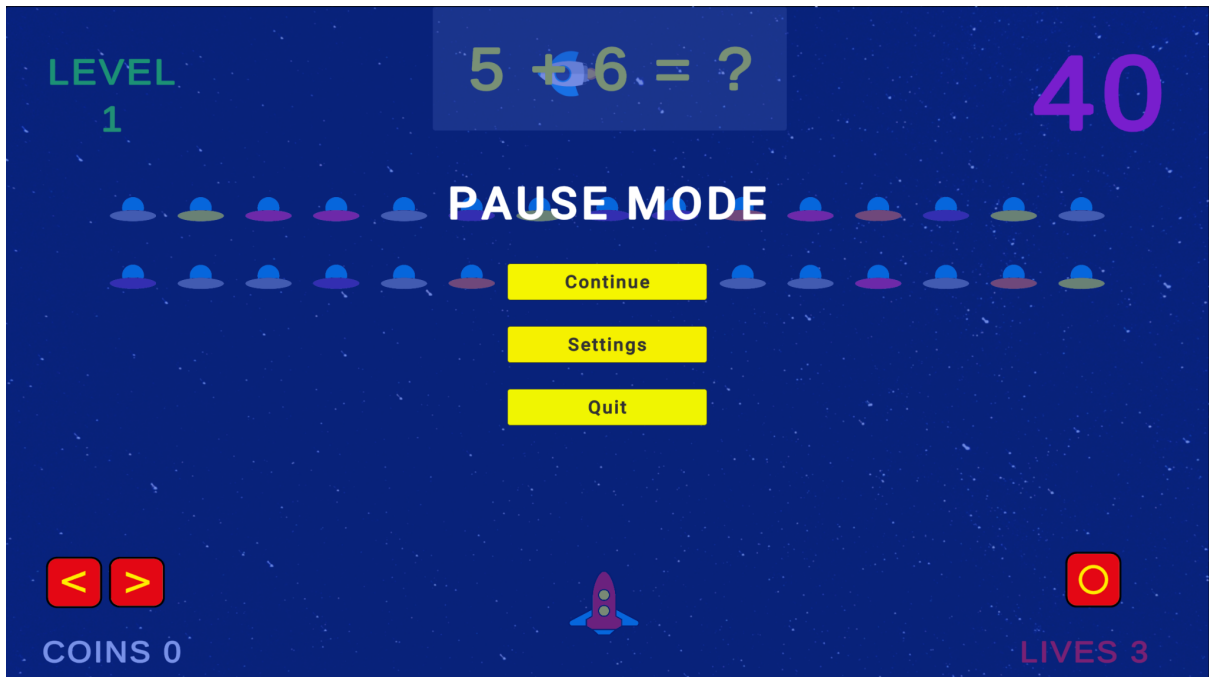


Figura 42:: Pantalla Pause.

## Pantalla Scene



Figura 43:: Pantalla Scene.

#### 4.2.5. Assets y recursos del videojuego

A continuación, se presenta el inventario de los assets y recursos utilizados en el desarrollo del videojuego, algunos de ellos han sido generados y otros han sido descargados:

##### - RECURSOS GENERADOS

##### 1) Imágenes

Para priorizar la velocidad de la aplicación se utilizan archivos gráficos con el menor tamaño posible sin perder calidad. Imágenes de gran tamaño disminuyen la velocidad de la aplicación. Esto se ha conseguido con imágenes vectoriales cuyo tamaño de almacenamiento es menor frente a las imágenes de bits.

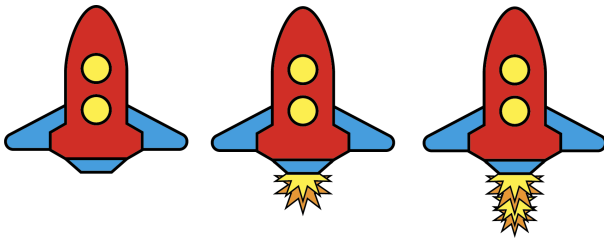


Figura 44:: Player

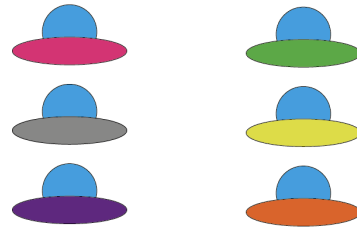


Figura 45:: Enemy



Figura 46:: Number



Figura 47: Symbol.



Figura 48: Figure.



Estas imágenes creativas han sido generadas a través del software Adobe Illustrator y se pueden modificar y escalar sin pérdida de calidad. Además, la optimización de estos archivos se puede lograr también con colores planos frente a degradados [8, 22].

## - RECURSOS DESCARGADOS

Como recursos descargados para el proyecto Space Math, se han utilizado recursos gratuitos con Licencia Creative Commons.

### 1) Imágenes

Las recursos de imágenes han sido descargados de la web <https://www.freepik.es/> [9]



Figura 49: HelpShip.



Figura 50: Shoot.



Figura 51: Gema.



Figura 52: Coin.



Figura 53: Diamond.

#### Shoot

[https://www.freepik.es/vector-gratis/efectos-brillo-color-luces-flash-destellos-rayos-brillo-aislados-sobre-fondo-negro-conjunto-realista-vector-resplandor-brillante-destello-estrella-blanco-rojo-azul-arco-iris-rayos-brillantes-brillo\\_21184233.htm](https://www.freepik.es/vector-gratis/efectos-brillo-color-luces-flash-destellos-rayos-brillo-aislados-sobre-fondo-negro-conjunto-realista-vector-resplandor-brillante-destello-estrella-blanco-rojo-azul-arco-iris-rayos-brillantes-brillo_21184233.htm)

#### HelpShip

[https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-adorable-naves-espaciales-diseno-plano\\_2857472.htm](https://www.freepik.es/vector-gratis/coleccion-adorable-naves-espaciales-diseno-plano_2857472.htm)

#### Coin

[https://www.freepik.com/free-vector/cryptocurrency-bitcoin-golden-coin-background\\_13891828.htm#query=coin&position=22&from\\_view=keyword&track=sph](https://www.freepik.com/free-vector/cryptocurrency-bitcoin-golden-coin-background_13891828.htm#query=coin&position=22&from_view=keyword&track=sph)

#### Gema

[https://www.freepik.es/vector-gratis/iconos-juego-recursos-botin\\_37205219.htm#page=2&query=gema&position=18&from\\_view=search&track=sph](https://www.freepik.es/vector-gratis/iconos-juego-recursos-botin_37205219.htm#page=2&query=gema&position=18&from_view=search&track=sph)

#### Diamond

[https://www.freepik.es/vector-gratis/iconos-juego-recursos-botin\\_37205219.htm#page=2&query=gema&position=18&from\\_view=search&track=sph](https://www.freepik.es/vector-gratis/iconos-juego-recursos-botin_37205219.htm#page=2&query=gema&position=18&from_view=search&track=sph)

## 2) Audios

Los assets de audios han sido descargados de Asset Store de Unity [3] y de la web: <https://freesound.org/> [10]

**Correct Number** - <https://freesound.org/people/unadamlar/sounds/476178/>

**Wrong Number** - <https://freesound.org/people/themusicalnomad/sounds/253886/>

**Game Over** - <https://freesound.org/people/melokacool/sounds/620792/>

**Victory** - <https://freesound.org/people/Tuudurt/sounds/275104/>

**Coin** - <https://freesound.org/people/Inspector.J/sounds/411460/>

## Music

<https://assetstore.unity.com/packages/audio/ambient/sci-fi/universe-sounds-free-pack-118865>

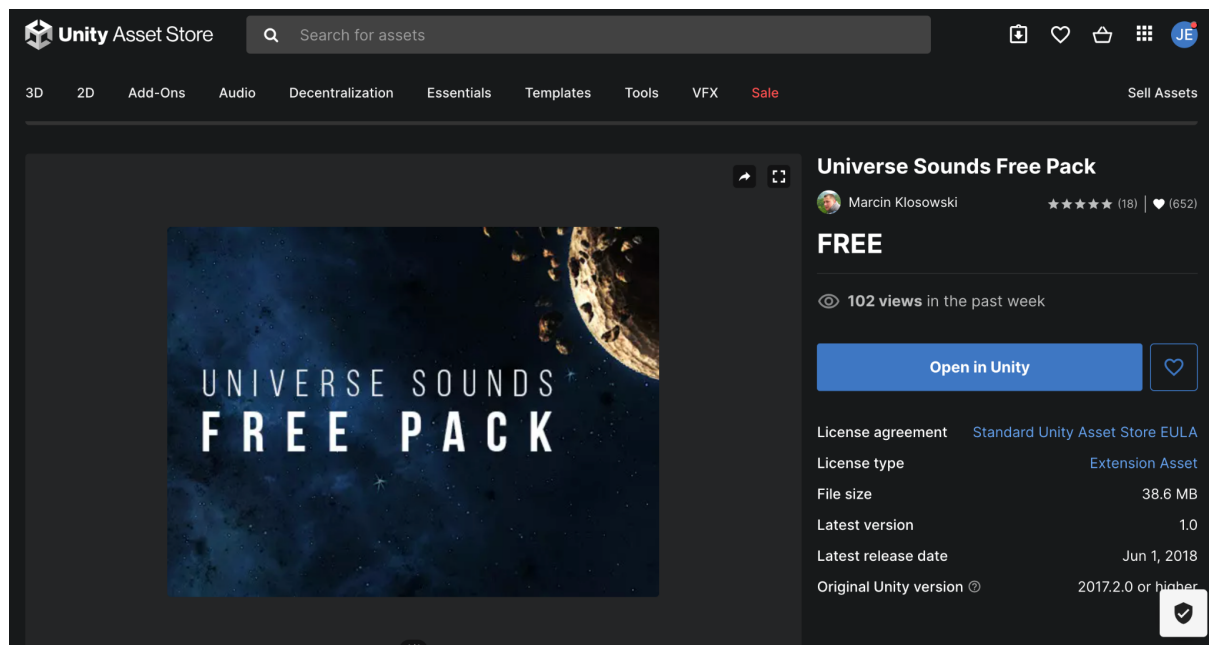


Figura 54: Asset Store.

## 3) Texto

### Tipografía

La tipografía utilizada en el videojuego Space Math es Roboto médium 500, una fuente sans-serif descargada de Google Fonts: <https://fonts.google.com/specimen/Roboto?query=roboto>.

Esta fuente fue diseñada por Christian Robertson en 2011 y tiene un estilo futurista. Es similar a Arial y Verdana, pero con un toque más moderno, lo que la hace legible y accesible para niños.

Roboto médium 500 se caracteriza por sus líneas más delgadas y una mayor variación en los pesos de la fuente en comparación con Arial. Los diseños relacionados con la tecnología y la innovación se hacen evidentes en esta tipografía.

La elección de esta fuente se basa en su legibilidad en pantalla, gracias a la ausencia de serifas, lo que la hace especialmente adecuada para titulares y encabezados al proporcionar suficiente contraste para destacar. En el juego, se utiliza únicamente una tipografía, que se pueden combinar con las variaciones de grosor dentro de la misma familia para generar contraste.

La elección principal de esta tipografía es utilizar una fuente comprensible y fácil de leer que transmite confianza, consistencia y predicción en los elementos del videojuego. Estas fuentes, conocidas como "web-safe fonts" son ideales para su presentación en pantalla [7].

#### **4.2.6. IA de los enemigos**

En el prototipo se ha implementado una IA de tipo WayPoints en el gameObject HelpShip para que este elemento se desplace de izquierda a derecha en la parte superior de la pantalla. Este tipo de inteligencia artificial se basa en la navegación de un elemento o personaje del videojuego a través de una serie de puntos de referencia o Waypoints que debe seguir [32].

Para su implementación se marca una red de Waypoints de 2 puntos con un Create empty con el nombre PathManager dentro de la escena del juego para generar el recorrido del personaje. Después se configura la IA del personaje para que siga en un orden determinado la navegación por la red de Waypoints utilizando el componente de navegación en el personaje y configurando sus parámetros [32].

Seguidamente, se desarrolla el comportamiento del personaje para que siga la red de Waypoints por medio del script que controla el movimiento del personaje HelpShip para que se mueva de un Waypoint a otro, a través de un transform.LookAt. Por último, se realizan ajustes y mejoras en el elemento para que el Sprite rote se desplace de manera más fluida y realista por la red de Waypoints. [32]

#### **4.2.7. Efectos**

El videojuego tiene implementado un efecto de explosión cada vez que es derribado un enemigo con el disparo del personaje. Este efecto de explosión se implementa por medio del uso de un sistema de partículas de Unity. Un sistema de partículas es un conjunto de partículas que se emiten desde un punto o una fuente y se mueven en una dirección determinada. [32]

Para crear este efecto de explosión, en el menú Hierarchy se genera un sistema de partículas por medio de Effects > Particule System. Después, se configuran los valores para que estas partículas se emitan en una dirección y velocidad determinada. También se puede

configurar el color y el tipo de forma sphere, para que salgan a partir de ese punto en todas las direcciones, su duración y cantidad, etc. [32]

Seguidamente, se crea un prefab a partir de modelo generado y se instancia en el script Shoot.cs cada vez que el elemento shoot detecte una colisión con los elementos con tag Enemy, EnemyMM y Help. Por último, se agrega un sonido para mejorar y dar un toque más realista al efecto. [32]

SpaceMath también tiene implementado un efecto Parallax para el background del videojuego. Este efecto realiza un efecto de scroll infinito que hace que la imagen se desplace más lentamente que el resto del sitio, creando un efecto de profundidad. [32]

El efecto se genera repitiendo la textura cuando se acaba. Para ello, en primer lugar hay que cambiar dentro del editor de Unity el valor de Wrap Mode de la imagen por Repeat.

Seguidamente, hay que generar un material Créate > Material, con el valor shader en Unlit > Textura, que se debe arrastrar al valor Material del Sprite Renderer de la imagen. Por último, se genera un script ScrollBackground, que se encarga de mover el Material del Sprite Renderer cambiando su valor del offset.

#### **4.2.8 Diseño de niveles**

El diseño de niveles en el videojuego SpaceMath ha sido cuidadosamente planificado para mantener el interés, la atención y la curiosidad del jugador. Cada nivel ha sido diseñado para ofrecer nuevas situaciones, retos y habilidades que permitan al jugador avanzar en la historia y el juego. Es importante que cada nivel aporte algo nuevo y emocionante para mantener al jugador interesado y motivado.

Uno de los factores claves de SpaceMath es la variedad en los desafíos y enemigos. Cada nivel presenta una operación matemática diferente y los enemigos se distribuyen de manera distinta en cada escena, lo que hace que el juego sea más interesante y desafiante. Esto permite que el jugador tenga que pensar y adaptarse a nuevas situaciones en cada nivel, lo que mantiene el juego fresco y emocionante.

La estética visual y sonora del juego también es fundamental para crear una atmósfera atractiva y envolvente. El estilo es coherente con el juego y atractivo para el jugador. La jugabilidad y dificultad también son importantes, ya que el juego debe ser divertido, desafiante e interesante para que el jugador quiera volver a jugarlo sin ser frustrante para el jugador. La dificultad aumenta a medida que el jugador avanza en el juego, ya que los enemigos aumentan su capacidad de vida según el incremento de nivel.

Por último, la progresión general del juego es vital para ayudar al jugador a avanzar en la historia y en su habilidad. El juego debe ser diseñado de tal manera que el jugador se sienta motivado para seguir avanzando y mejorando sus habilidades. La progresión es gradual y equilibrada para que el jugador no se sienta abrumado o frustrado.

### 4.3. Diseño gráfico e interfaces

Es fundamental mantener una consistencia en el diseño, tanto en la estructura de la aplicación como en la gama cromática y la tipografía utilizada.

La consistencia es un factor fundamental en la usabilidad de una interfaz. Los elementos de Space Math se comportan de manera constante y predecible en todo el videojuego, por lo tanto la información llega al usuario de forma consistente en todo momento.

Según Shneiderman, la consistencia debe respetarse en las acciones, terminología y elementos gráficos [13].

Asimismo, la información en Space Math es clara, relevante y permanece en la memoria, buscando el equilibrio, la simplicidad, la coherencia y la continuidad en toda la aplicación. También, se utilizan contrastes visuales en toda la composición para enfatizar datos y elementos importantes.

Seguidamente se presenta la línea gráfica del videojuego.

#### 4.3.1 Estilos

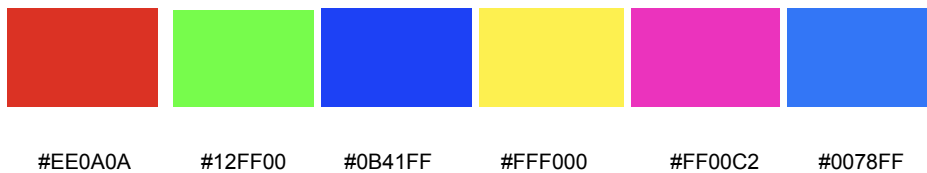
- Logotipos y anagramas



Figura 55: Logo.

- Paleta de colores

En el videojuego predominan en los textos sobre el fondo de estrellas negro los siguientes colores de alto contraste para producir efectos de máxima diferenciación, cuyo códigos hexadecimales son:



Asimismo, para los botones se ha elegido el color de alto contraste, el amarillo con código #FFF000, para favorecer el contraste sobre el fondo más oscuro, en todo el diseño para mantener una coherencia visual y destacar con más claridad este tipo de elementos.

- Paleta tipográfica, tamaño y estilo de fuentes

Roboto medium 500. Descargado de <https://fonts.google.com/>

ABCDEFGHIJKLM  
 ÑÑOPQRSTUVWXYZ  
 abcdefghijklm  
 ññopqrstuvwxyz  
 1234567890

Figura 56: Tipografía Roboto.

- Fuentes, iconos, botones y otros elementos gráficos

### Iconos

También han sido descargados de <https://fonts.google.com/>



Figura 57: Play.

Figura 58: Back.

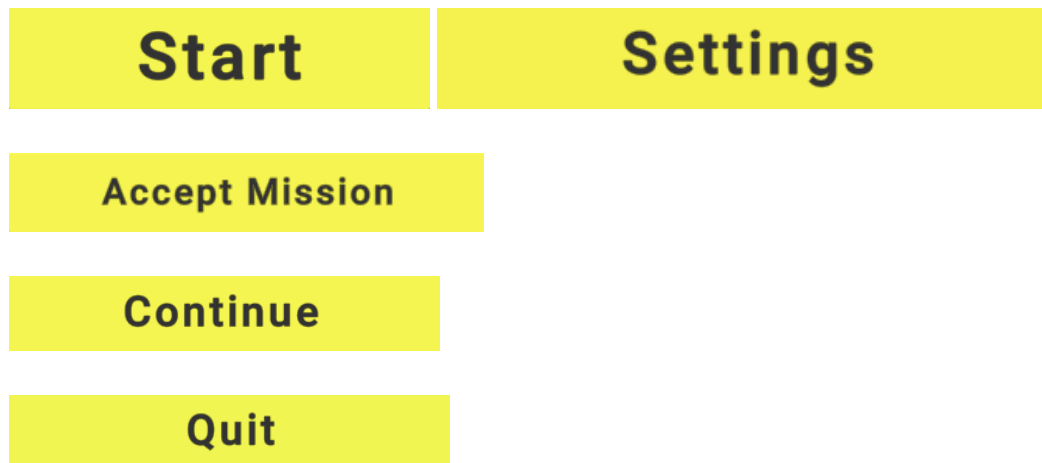
Figura 59: Exit.

Figura 60: Again.

Figura 61: Settings.

### Botones

Los botones resaltan la opción y van acompañados de un icono para reforzar la acción y transmitir el mismo concepto. Las etiquetas de las opciones son claras, concisas y evitan las repeticiones. Estas informan sobre la función de cada opción para evitar que el usuario se desoriente en la aplicación.



Las opciones y elementos de navegación permiten a los usuarios determinar su ubicación en todo momento. Además, la coherencia visual y la redundancia son factores que también contribuyen.

### Background

[https://unsplash.com/es/fotos/qVotvbsuM\\_c](https://unsplash.com/es/fotos/qVotvbsuM_c) [33]

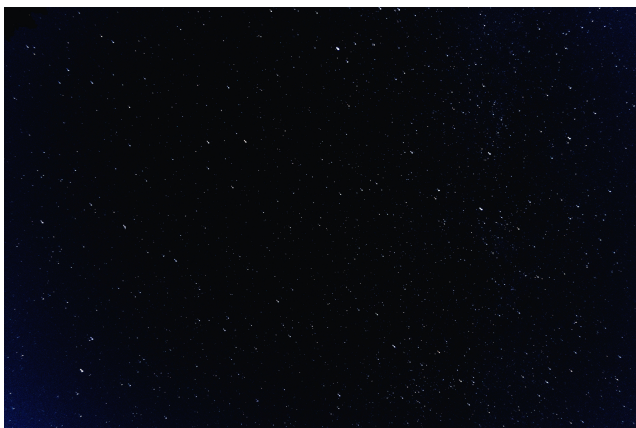


Figura 62: Background.

### 4.3.2 Usabilidad /UX

La experiencia de usuario en un videojuego es un factor clave para su éxito. Una buena experiencia de usuario hace que el usuario se sienta atraído y comprometido con el producto, lo que puede llevar a una mayor retención y fidelidad del usuario, así como aumentar las posibilidades que recomiende el juego a otras personas. La experiencia de usuario se refiere a cómo se siente el jugador al interactuar con el juego, a la facilidad de uso, la accesibilidad, la jugabilidad, o la calidad gráfica y de sonido.

- Formas de interacción

La respuesta del juego a las acciones del jugador es esencial. El usuario a través de teclado, mueve y dispara con el elemento player, y a través del mouse, selecciona los botones para acceder a los diferentes escenas lo que es fundamental para que el jugador sienta que tiene el control y sus acciones tienen impacto directo sobre el videojuego.

- Navegación

En cuanto a la navegación, el jugador puede moverse de forma intuitiva y fácil de entender debido a que se mantiene una coherencia durante todas las pantallas o escenas del videojuego en los elementos, manteniendo la misma apariencia y comportamiento.

En primer lugar, se ha tenido en cuenta que los elementos visuales como botones sean grandes, claros, sencillos y bien diferenciados. También se han utilizado iconos que representen de forma clara cada acción.

Es importante que la navegación sea consistente con las expectativas del usuario para no generar frustración y confusión.

A continuación, se incluye un sitemap con la estructura general del juego y sus diferentes niveles:

- Sitemap

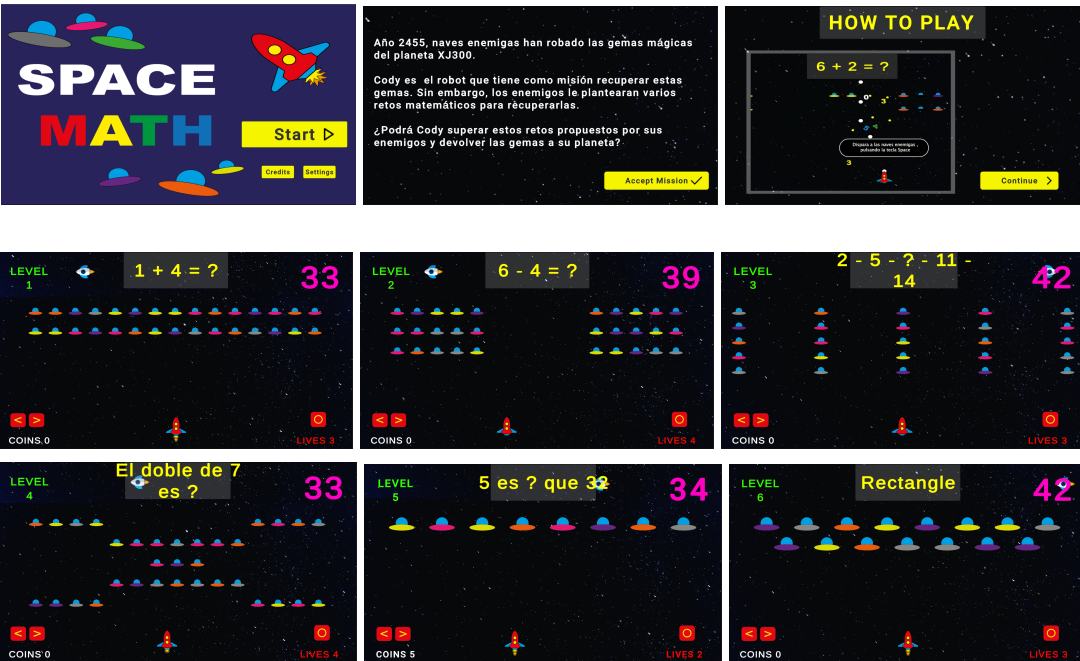






Figura 63: SiteMap.

## 4.4. Lenguajes de programación y APIs utilizados

Para desarrollar el videojuego Space Math en Unity se han utilizado diferentes herramientas para lograr un resultado óptimo.

Para determinar la tecnología más adecuada para el videojuego, se consideran factores como las plataformas objetivo, entorno de ejecución, velocidad de conexión, rendimiento, tipología de la aplicación y del contenido, complejidad y tipología de la interacción y la frecuencia de uso de la aplicación.

A continuación, se enumeran los recursos tecnológicos utilizados e información detallada de su elección frente a otros.

### 4.4.1 Lenguaje de programación

El lenguaje de programación para desarrollar Space Math es C#. Este lenguaje tiene sus orígenes en la familia de lenguajes C. Es un lenguaje de alto nivel orientado a objetos y componentes. Tiene una sintaxis sencilla lo que facilita su uso permitiendo crear código modular y reutilizable.

Este lenguaje de programación es muy usado en el ámbito profesional y es una buena elección frente a otros lenguajes tipo C++ puesto que también es compatible con otro tipo de motores como Unreal.

### 4.4.2 Entorno de desarrollo

El entorno para el desarrollo del videojuego Space Math es Unity versión 2021.3.20f1. Este motor de desarrollo de videojuegos es muy popular y es el más utilizado en la actualidad para la creación de videojuegos.

Hay varios aspectos importantes que justifican la elección frente a otros motores como pueden ser Stencyl, GameMaker Studio2, Unreal Engine o Godot, como por ejemplo:

Aprendizaje menor frente a otros entornos.

Gran disponibilidad de recursos tipo foros o tutoriales para resolver dudas o problemas.

Gran comunidad de usuarios que lo utilizan.

Dispone de un Asset Store con muchos recursos.

Es gratuito y muy versátil, por lo que permite desarrollar videojuegos en múltiples plataformas tipo PC, videoconsolas, dispositivos móviles, etc.

#### **4.4.3 Plataforma de destino**

La plataforma de destino de SpaceMath se centra en satisfacer las necesidades del mayor rango de usuarios, enfocado principalmente en dispositivos móviles y tablets con sistema operativo Android. El diseño del videojuego se adapta a este entorno, ya que se prevé que sea el más utilizado por los usuarios. Aunque también se desarrolla una versión de tipo escritorio.

SpaceMath es un videojuego diseñado específicamente para el público infantil, por lo que no requiere gráficos de alta calidad ni una resolución de pantalla o una conexión de alta velocidad. Además, se evitan los tiempos y costes asociados con otras plataformas como videoconsolas [13].

#### **4.4.4. Requisitos técnicos del entorno de desarrollo**

Sistema operativo:

Windows 7 SP1 o posterior, 8, 10, en las versiones de 64 bits

Mac OS 10.13 o posterior

Ubuntu 16.04, 18.04 y CentOS 7

GPU:

Tarjeta gráfica con capacidades DX10 (shader model 4.0)

Motor gráfico:

OpenGL (en Windows, Mac y Linux)

Direct3D (en Windows, Mac y Linux)

OpenGL ES (en Android y iOS)

**4.4.5. Inventario y breve descripción de todas las herramientas utilizadas.**

Unity: motor de desarrollo de videojuegos en 2d y 3d.

Visual Studio Code: entorno de desarrollo gratuito para escribir y editar el código. Este software es compatible con muchos lenguajes de programación como C#

Adobe Illustrator: software de gráficos vectoriales para generar el logotipo, los iconos, los dibujos, etc.

Audacity: software de código abierto gratuito para editar y grabar audio.

C#: lenguaje de programación para desarrollar los scripts.

GitHub: repositorio para el código fuente.

Asset Store, tienda en línea con una amplia variedad de recursos: texturas, sonidos, modelos 3D, etc.

## 5. Implementación

### 5.1. Requisitos de instalación

A continuación, se especifica la información sobre los recursos mínimos necesarios a nivel de software y hardware que el videojuego Space Math necesita para su correcto funcionamiento:

REQUISITOS	DISPOSITIVO MÓVIL	DESKTOP
Sistema operativo	Android	MacOs
Procesador	Qualcomm Snapdragon	Intel Core i5
Ram	4Gb	4Gb
Gráficos		No es necesaria una tarjeta gráfica potente al no disponer de grandes gráficos.
Open GL		A partir de la version 3.x
Almacenamiento	70Gb	10Gb

Mesa 10. Requisitos.

Por otro lado, no es necesario ningún tipo de formación para jugar al videojuego, sin embargo, se recomienda que el usuario tenga conocimiento sobre operaciones aritméticas de primer curso escolar para resolver las operaciones planteadas.

### 1.2. Instrucciones de instalación

El videojuego Space Math no necesita ningún tipo de instalación ni de descargar de archivos, para su correcto uso y visualización. Únicamente, el usuario debe seleccionar el archivo ejecutable del videojuego para comenzar a jugar.

## 6. Demostración

### 6.1. Instrucciones de uso

Al ser un videojuego diseñado para un público infantil, el uso de Space Math es sencillo. Al arrancar el videojuego, la primera pantalla muestra la escena mainMenu, compuesta por el logo del videojuego y por un menú con tres botones: Start, Settings y Credits.

El usuario debe hacer clic sobre el botón Start, que presenta una jerarquía visual sobre el resto de los botones, al ser diseñado de forma más grande para que el usuario dirija la mirada sobre él y sea percibido como más importante frente al resto.

A continuación, en las siguientes escenas el usuario debe hacer clic en el botón continuar de las escenas *Intro* y *History*, donde se explica la historia del personaje al usuario, y el tutorial, que indica el funcionamiento del videojuego.

Por último, se muestra la primera escena game donde comienza el juego.

En el caso, de que el juego termine porque ha finalizado el tiempo o ha perdido todas las vidas, el jugador tiene 2 opciones a elegir, la opción Quit, para regresar al menú principal, y la opción Play Again, para reiniciar la partida desde el nivel donde se encontraba.

En la versión desktop, el jugador mueve la nave y dispara, con las teclas izquierda y derecha y espacio. Por otro lado, la tecla P ejecuta el modo Pause del videojuego. Sobre los botones de las escenas se pueden hacer clic con el ratón.

En la versión móvil del videojuego, el jugador utiliza la interacción táctil de la pantalla para activar las funciones y así interactuar con los botones de la interfaz de usuario.

### 6.2. Prototipos

Seguidamente, se presentan los prototipos generados en la fase de diseño.

Los prototipos permiten detectar en un primer estadio aquellas cuestiones que deben ser revisadas o corregidas y revelan si es necesario añadir algún elemento que no se ha tenido en cuenta con anterioridad [13].

Es una buena práctica realizar estos mockups, prototipos y pruebas de interacción, en la fase de diseño, para adelantar problemas o necesidades en fases en las que el desarrollo ya está en marcha.

### 6.2.1. Prototipos Lo-Fi

A continuación, se muestran los prototipos de baja fidelidad, o wireframes, que muestran la distribución de los contenidos en las diferentes pantallas y el diseño de interacción.

Estos wireframes de baja fidelidad implementan aspectos generales del sistema sin entrar en detalles, se realiza en un primer estadio, se realizan sobre papel o ordenador y permiten realizar los primeros tests de usabilidad [13].

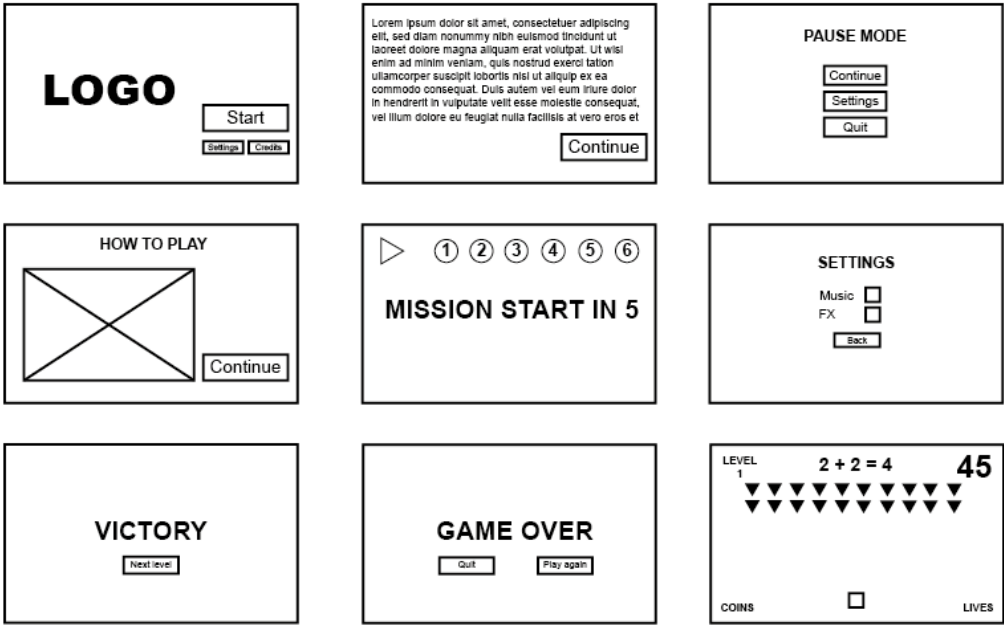


Figura 64: Prototipos Lo-Fi.

#### MainMenu

Esta pantalla describe los elementos principales de la pantalla principal: la portada del juego con el logo y el menú con los botones Start, Settings y Credits.

#### Intro

Esta escena presenta una descripción de la historia del juego y un botón Continue para pasar a la siguiente escena

#### Panel Pause

Presenta un menú de navegación con las opciones: Continue, Settings y Quit. Estos botones enlazan con las escenas: Scene (donde se desarrolla el juego), Panel Settings y Scene MainMenu.

## Tutorial

Esta pantalla está compuesta por el titular de la escena "How to play", el video explicativo o tutorial, que muestra al usuario la información pautada o orientativa como jugar al videojuego para clarificar el contenido y dar confianza al usuuario [19,20], y el botón Continue para saltar a la siguiente escena y comenzar el juego.

## Panel Settings

El funcionamiento de esta pantalla, permite seleccionar los botones Toggle para activar o desactivar el sonido del juego.

## Panel Credits

Esta pantalla muestra información con el nombre del autor del videojuego y un botón de enlace para volver al menú principal.

## Panel Victory

Esta pantalla muestra simplemente el titular Victory y el botón Next level, para continuar el siguiente nivel.

## Panel Game Over

Esta pantalla muestra el titular Game Over y los botones, Quit, para volver a MainMenu y comenzar el juego desde el principio, y Play Again, para volver al nivel donde ha perdido el jugador.

## Scene

Esta es la escena principal del videojuego, donde se desarrolla la acción del videojuego. La distribución y posición de los contenidos en esta pantalla es la siguiente:

1. Operation: situada en la parte superior centrado en la escena destacando como punto de atención en la jerarquía visual sobre el resto de los elementos.
2. Time: situada en la parte superior derecha.
3. Level: situada en la parte superior izquierda.
4. Coins: situado en la parte inferior izquierda.
5. Lives: situada en la parte inferior derecha.

## 6.1.2 Prototipos Hi-Fi

Los wireframes de alta fidelidad representan aspectos más precisos de la aplicación. Estos prototipos detallan el proceso interactivo de las tareas que va realizar el usuario con la aplicación. También se realizan por ordenador y representa el aspecto del diseño final [13].

Para evitar confusiones, se opta porque el color de los botones sea el mismo y el contenido siga una coherencia durante todo el videojuego.



Figura 65: Prototipos Hi-Fi.

## 6.3 Tests

En este apartado se presentan las pruebas realizadas en el videojuego Space Math para conseguir un óptimo funcionamiento, utilidad, seguridad y compatibilidad.

Después de la fase de diseño, se realizan pruebas de evaluación de usabilidad con el objetivo de identificar y realizar mejoras de la calidad de la experiencia del usuario y garantizar que cumple con sus necesidades. Esta evaluación de la usabilidad puede realizarse en diferentes etapas durante el diseño y desarrollo del proyecto.

Existen métodos de evaluación de la usabilidad que requieren la participación de usuarios reales y aquellos que pueden llevarse a cabo sin su intervención directa.



Por medio de estos métodos se obtiene información para incorporar mejoras en el diseño y experiencias satisfactorias al usuario [9].

En primer lugar, se realiza un método de evaluación de usabilidad sin usuarios, la evaluación heurística. Este método examina la interfaz y determina el grado de cumplimiento de los principios de usabilidad o heurísticas de Jakob Nielsen que son aplicables a la experiencia del usuario. Este método detecta los primeros problemas de usabilidad del sistema.

Seguidamente, se enumeran estos 10 principios generales y el resultado de su análisis sobre la aplicación [8, 9]:

- 1) Visibilidad del estado del sistema. Space Math informa al usuario que está ocurriendo, esto ayuda a los jugadores a comprender el estado y progreso del juego. La interfaz es intuitiva y proporciona al jugador la información relevante, como la salud del personaje, el tiempo restante, las vidas disponibles o los objetivos, de manera clara y accesible. Sin embargo, es recomendable ampliar el tamaño y activar una diferencia visual de color en los botones de navegación si el usuario se posiciona o pulsa sobre ellos.
- 2) Consistencia entre el sistema y el mundo real. El videojuego presenta una respuesta a través de los efectos sonoros y visuales adecuados como el sonido del motor y la animación de la estela propulsión para reforzar la sensación de velocidad y ayuda al jugador a conectarse con el mundo del juego y sus expectativas.
- 3) Control del usuario. En la prueba se detectó que el videojuego permite al usuario abandonar en cualquier momento el juego y activar y desactivar el sonido del videojuego a través del menú pause. Esto ayuda y da control al usuario deshacer en cualquier momento sus acciones.
- 4) Consistencia y estándares. Space Math mantiene un estilo en común en todo el videojuego. El lenguaje utilizado, la información y el funcionamiento es coherente y se presenta de la misma manera en toda la aplicación. La aplicación cumple con los estándares para este tipo de aplicaciones.
- 5) Prevención de errores. Las interfaces de Space Math son intuitivas y proporcionan indicadores visuales claros lo que minimiza la posibilidad de cometer errores.
- 6) Es mejor reconocer que recordar. El videojuego utiliza controles intuitivos y acciones reconocibles que se ajusten a las convenciones establecidas en otros juegos. Aunque el videojuego presenta una navegación fácil de entender y las opciones están a la vista, es recomendable que las instrucciones de uso o la ayuda del sistema deben estar a la vista o ser fácilmente accesibles también. Se recomienda un icono visible para el menú Settings o para acceder al menú pause.

- 7) Flexibilidad y eficiencia de uso. El sistema debe estar preparado para satisfacer tanto a los usuarios novatos como a los experimentados. El videojuego debería proporcionar al usuario la configuración de los controles según sus preferencias o configurar el nivel de dificultad del videojuego.
- 8) Diseño práctico y sencillo. Space Math no contiene información innecesaria o irrelevante, que distraiga al usuario.
- 9) El usuario debe disponer de ayuda para reconocer, diagnosticar y deshacer errores. El videojuego debe mostrar un mensaje de error claro con un efecto sonoro que indique qué el número o símbolo recogido con la nave es incorrecto.
- 10) Ayuda y documentación. El videojuego no dispone de un apartado de ayuda. Podría ser conveniente incorporarlo.

Después de realizar la evaluación heurística, se ha realizado un método de evaluación con usuarios, el test con usuarios, para descubrir aspectos del diseño que necesitan mejorar.

El test con usuarios se ha realizado con familiares (sobrinos) y conocidos con un perfil similar al usuario o target principal de la aplicación. Además, se ha creado un guión que incluye una serie de tareas basadas en el videojuego que los usuarios deben realizar:

¿Puedes recoger las monedas o los números con la nave?

Intenta derribar a los enemigos

¿Puedes quitar el sonido del juego?

Accede al menú settings

¿Puedes derribar el enemigo HelpShip para superar el nivel?

Accede al menú pause

El objetivo de este método es evaluar la funcionalidad, utilidad y rendimiento del proyecto para comprender la experiencia del usuario. Es importante ajustar el diseño del juego en función de los comentarios y observaciones de los usuarios durante la prueba.

Con este método se observa y analiza los usuarios mientras realizan las tareas más relevantes del sistema, asegurándose de que el videojuego cumple correctamente con dichas tareas y proporciona una experiencia satisfactoria o se encuentran problemas, tanto a nivel de usabilidad general como de arquitectura de la información. También, se evalúa el grado de comprensión y facilidad de uso.

Por último, se pide opinión sobre su primera experiencia y se realiza un cuestionario acerca del diseño de la aplicación. Las cuestiones acerca de la aplicación fueron [8]:

¿Qué es lo que más te ha gustado o destacarías?

¿Qué es lo que menos te ha gustado?

¿Qué le falta o añadirías al videojuego?

¿Qué cambiarías o mejorarías?

En conclusión, tras realizar las pruebas con usuarios y la evaluación heurística, se han identificado una serie de mejoras que podrían implementarse para enriquecer la experiencia del usuario.

En primer lugar, los participantes sugieren realizar ajustes en la dificultad del juego según el nivel de habilidad de los jugadores. Aunque a la mayoría le ha gustado la variedad de niveles de juego, se recomienda agregar más enemigos y escenarios para evitar que el juego sea monótono y aburrido.

En general, a todos los participantes les gustaría que la nave que maneja el jugador presente un movimiento vertical así como, tener la opción de seleccionar otro tipo de naves antes de comenzar el juego. También, se debería mejorar los controles para que sean más precisos porque han notado que la nave a veces no recoge correctamente los números y las monedas.

Además, se sugiere mostrar las teclas de control de la nave o incluir un botón visible para acceder al menú Settings con una nueva opción para obtener la información sobre estos controles. Algunos otros puntos mencionados son la posibilidad de modificar la posición de ciertos elementos en pantalla para resaltar la información más relevante o mostrar animaciones que refuerzan visualmente la información.

Por último, los participantes se frustraron por la dificultad para desactivar el sonido de manera efectiva. Se recomienda resolver el problema relacionado con los botones Toggle de *Música* y *Fx* al activarlo o desactivarlo. Asimismo, se señaló la dificultad para recoger el elemento *power-up*, y uno de los participantes opinó que el tiempo disponible resulta insuficiente. Además, se plantea la opción de incorporar un modo multijugador que permita a los jugadores competir o colaborar entre sí para superar desafíos.

Para asegurar la seguridad y el buen funcionamiento del juego, se ha verificado el acceso adecuado y se han llevado a cabo diferentes tipos de pruebas para garantizar la funcionalidad y compatibilidad del videojuego. Estos incluyen pruebas de estabilidad y rendimiento.

## 6.4 Ejemplos de uso del producto (o guía de usuario)

En este apartado se presenta una guía de usuario con las diferentes escenas e instrucciones para que el usuario pueda utilizar el videojuego de manera clara y efectiva.

### Ejemplo Menú Principal

1. El usuario ejecuta el videojuego.
2. Se muestra la pantalla del menú principal con el menú compuesto por las opciones y botones Start, Settings y Credits.

### Ejemplo de uso Menú Pause

1. El jugador pulsa la tecla P.
2. El videojuego muestra el panel pausa con el menú pause compuesto por las opciones y botones Continue, Settings y Quit.

### Ejemplo de uso del menú Settings

1. El jugador accede al menú Settings compuesto por los botones Toggle Music y Fx.
2. Activa el botón music o Fx para activar el sonido.
3. Desactiva el botón music o Fx para desactivar el sonido.

### Ejemplo de uso del movimiento del jugador

1. El jugador pulsa la tecla flecha derecha o izquierda o los botones de derecha o izquierda.
2. La nave Player se desplaza a la derecha o a la izquierda.

### Ejemplo de uso de como superar el nivel

1. El usuario derriba un enemigo.
2. Se muestra un número / símbolo / figura en la posición del enemigo derribado.
3. Este elemento se desplaza en sentido vertical desde la parte superior hasta la inferior.
4. El jugador recoge el elemento correcto que resuelve la operación.

### Ejemplo de uso de perder una vida

1. El usuario derriba un enemigo.
2. Se muestra un número / símbolo / figura en la posición del enemigo derribado.
3. Este elemento se desplaza en sentido vertical desde la parte superior hasta la inferior.
4. El jugador recoge el elemento incorrecto que resuelve la operación.

### Ejemplo de uso de perder la partida

1. El tiempo disponible o las vidas del jugador son iguales a cero.

Ejemplo de uso de como recoger las monedas, los números y el powerUp

1. El usuario derriba un enemigo.
2. Se muestra una moneda en la posición del enemigo derribado.
3. Este elemento se desplaza en sentido vertical desde la parte superior de la pantalla hasta la inferior.
4. El jugador recoge la moneda y el marcador Coin aumenta en 5.

Ejemplo de uso de como derribar a los enemigos

1. El jugador pulsa la tecla espacio o el botón de disparo.
2. El elemento Shoot sale disparado desde la posición del jugador Player.
3. El Shoot se desplaza en vertical desde la parte inferior de la pantalla hasta la superior de ella.
4. El Shoot alcanza y derriba a un enemigo.

## 7. Conclusiones y líneas de futuro

### 7.1. Conclusiones

En primer lugar, este trabajo final de grado ha sido una experiencia muy satisfactoria y positiva. A pesar de no tener experiencia previa en el uso de Unity y la programación en C#, creo que he logrado desarrollar con éxito un proyecto exitoso que consiste en la creación de un videojuego sencillo y entretenido para niños, con el objetivo de ayudarles a aprender y resolver ejercicios matemáticos de manera divertida. He buscado esa sencillez en el videojuego para buscar que el jugador se centre más en la parte educativa que en la parte entretenida pero intentando combinarlas.

Al comienzo del proyecto, me encontré con cierta incertidumbre debido a mi falta de experiencia en la creación de videojuegos con Unity, lo cual representaba un riesgo significativo para lograr los objetivos propuestos. Sin embargo, a través de la planificación con el diagrama de Gantt, la aplicación de la metodología y el acceso a la amplia gama de recursos e información de Unity en Internet, he podido superar mis dudas y abordar los desafíos que surgieron durante el proceso, resultando ser de gran ayuda para resolver problemas y evitar retrasos significativos en las tareas.

Como resultado, considero que el proyecto ha sido exitoso en términos de los criterios establecidos, cumpliendo con los objetivos establecidos en cuanto a tiempo, costo y resultados y estoy satisfecho con el resultado del videojuego, ya que considero que se puede clasificar como una aplicación richmedia debido a su diseño y desarrollo centrados en el usuario, puesto que combina elementos multimedia como gráficos, sonido, animaciones y mecánicas de juego, y ofrece una interacción con el usuario independiente del entorno o plataforma utilizada ( escritorio, dispositivo).

Durante el desarrollo del videojuego, tuve que enfrentarme a varios elementos que requerían atención, como el cambio de escena, la programación de scripts, familiarizarme con la interfaz de Unity, la interfaz de usuario y la generación e implementación de activos, incluyendo audio, imágenes y efectos. A pesar de la complejidad de estas tareas, la utilización de recursos disponibles en Internet me permitió agilizar y facilitar la creación del proyecto.

Estoy satisfecho con el producto final obtenido, aunque reconozco que podría haber incluido funciones adicionales como el movimiento y disparo de los enemigos. Sin embargo, consideré que para que los jugadores se enfoquen más en los ejercicios matemáticos, era suficiente dificultad con la mecánica de recolección de monedas dentro del tiempo disponible.

Por otro lado, no todas las expectativas iniciales se cumplieron debido a limitaciones de tiempo y conocimientos, considero que la clave del éxito radicó en la planificación del proyecto. Aunque el diseño gráfico del juego no alcanzó el nivel de atractivo de otros videojuegos, he logrado utilizar recursos generados y descargados para su implementación, demostrando un manejo efectivo de los recursos disponibles.

En conclusión, quiero resaltar la satisfacción personal y profesional experimentada durante la realización de mi trabajo final de grado. A pesar de los desafíos y momentos difíciles, logré superarlos y disfrutar plenamente de esta experiencia. Aunque inicialmente tenía el deseo de embarcarme en un proyecto en 3D, la elección de un enfoque en 2D resultó ser acertada, considerando mis limitaciones y la complejidad del software involucrado. En general, considero que esta experiencia ha sido muy enriquecedora y me ha proporcionado una base sólida para seguir creciendo en el campo del desarrollo de videojuegos.

## 7.2 Líneas de futuro

Space Math es un videojuego que ha demostrado ser sencillo pero efectivo en el cumplimiento de sus objetivos. Sin embargo, su potencial puede ser aún mayor mediante la expansión y mejora en futuras versiones. Entre las propuestas se encuentra la creación de una tienda dentro del videojuego que permita a los usuarios comprar y personalizar elementos para su nave y el desarrollo general del juego. Además, se plantea ampliar el número de niveles y adaptar las operaciones matemáticas a la edad y nivel de habilidad del jugador, brindando un desafío adecuado a sus capacidades.

Otra idea interesante sería aumentar la dificultad del juego mediante la inclusión de enemigos más desafiantes y ofrecer diferentes posicionamientos y escenarios para explorar. Esto mantendría el interés de los jugadores experimentados y les proporciona nuevos retos. También se sugiere agregar movimiento y disparos a los enemigos para crear una experiencia más dinámica y emocionante.

También se plantea la posibilidad de mejorar los gráficos para ofrecer una experiencia más atractiva y envolvente para los jugadores. Asimismo, se propone también la inclusión de una clasificación para fomentar la competencia y motivar a los usuarios a mejorar sus habilidades.

Por otro lado, en cuanto a la accesibilidad, se sugiere adaptar los controles de la nave del jugador para que el juego sea disfrutado en diferentes plataformas, como web, iOS o consolas, ampliando así su alcance y brindando una experiencia de juego más versátil. Así como, la implementación de diferentes modos de juego, que permitan realizar ejercicios matemáticos específicos o incluso operaciones más complejas, para abarcar diferentes niveles educativos y satisfacer las necesidades de usuarios de distintos cursos.

Finalmente, en términos de interacción social, también puede ser muy atractivo e interesante incluir una opción para jugar en línea con otros jugadores de diferentes plataformas, que permita compartir logros y progresión en el juego, para crear una comunidad de jugadores más activa y motivada.

## Bibliografía

- [1] Aguirre, M. ¿Qué es el marketing?". CiberConta. [acceso el 01 de abril de 2023]. Disponible en: <http://ciberconta.unizar.es/leccion/marketing/>
- [2] Arquitectura de la información de la v3 de Mosaic. Arquitectura de la información. Barcelona: FUOC.
- [3] Asset store. Unity. [acceso el 2 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://assetstore.unity.com/>
- [4] Clarisó, R. Introducción al trabajo final. Trabajo final de máster. Barcelona: FUOC; 2013
- [5] De Araujo, W, De Oliveira, C, Rodrigues, A, et al. El uso de las aplicaciones Photomath y Toon Math en la enseñanza de matemáticas. BOCEHM. [acceso el 4 de abril de 2023] Disponible en: <https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/5142/4378>
- [6] Ferrer, A, Gómez, D, et al. Infografía. Imagen y lenguaje visual. Barcelona: FUOC;
- [7] Ferrer, A, Gómez, D, et al. Escritura y tipografía. Imagen y lenguaje visual. Barcelona: FUOC;
- [8] Ferrer, A, Gómez, D, et al. Gráficos digitales. Diseño gráfico. Barcelona: FUOC;
- [9] Freepik. [acceso el 1 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.freepik.es/>
- [10] Freesound. [acceso el 1 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://freesound.org/>
- [11] García, R. Desarrollo de una aplicación interactiva. Arquitectura de la información. Barcelona: FUOC;
- [12] Gil, E, de Lera, E, Monjo, P, et al. Usuarios y sistemas interactivos. Arquitectura de la información: FUOC;
- [13] G. Sedó, R, Benítez, L, Felip, B, Ferrer, C, et al. Mercado y productos multimedia. Metodología y desarrollo de proyectos en red. Barcelona: FUOC; 2019
- [14] G. Sedó, R, Benítez, L, de Vilar, E, Folch, J, et al. Gestión de proyectos. Metodología y desarrollo de proyectos en red. Barcelona: FUOC; 2019
- [15] G. Sedó, R., Benítez, L, et al. Técnicas de dirección de proyectos. Metodología y desarrollo de proyectos en red. Barcelona: FUOC; 2019
- [16] Gonzalez, M. Publicación y modelo de negocio. Aplicaciones interactivas multiplataforma. Barcelona: FUOC;



- [17] Handrich, F, Heidenreich, S, Kraemer, T, et al. ¿Innovar o se acabó el juego? Examinar los efectos de la innovación del producto en el éxito de los videojuegos. SpringerLink. [acceso el 30 de abril de 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-022-00521-7>
- [18] KUMON. Disponible en: <https://www.kumon.es/> [Accedido el 9 de marzo de 2023].
- [19] Mielgo, Seijas, S, & Grande, M, et al. Revisión sistemática de la literatura: Beneficios de los videojuegos en Educación Primaria. *Innoeduca*. [acceso el 11 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2022.v8i1.11144>
- [20] Monjo, T. Géneros. Diseño de interfaces multimedia. Barcelona: FUOC;
- [21] Monjo, T. Diseño centrado en el usuario. Diseño centrado en el usuario. Barcelona: FUOC;
- [22] Monjo, T. Usabilidad. Diseño centrado en el usuario. Barcelona: FUOC;
- [23] Monjo, T. Diseño. Diseño centrado en el usuario. Barcelona: FUOC;
- [24] Nadal, E, Torruella, G, et al. Iniciación y planificación. Gestión de proyectos. Barcelona: FUOC; 2019
- [25] Pexels. [acceso el 11 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.pexels.com/es-es/>
- [26] Rodríguez, JR. El trabajo final como proyecto. Trabajo final de máster. Barcelona: FUOC; 2013
- [27] Rodríguez, JR. La gestión del proyecto a lo largo del trabajo final. Trabajo final de máster. Barcelona: FUOC; 2013
- [28] Sáenz, N, Vidal, R. "Redacción de textos científico-técnicos". En: Trabajo final de carrera. Pérez, A.; Bataller, A.; Beneito, R.; Sáenz, N.; Vidal, R. Apuntes de la Universidad Abierta de Cataluña. Barcelona: FUOC; 2008
- [29] Schell, J. The Art of Game Design. Science Direct. [acceso el 20 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123694966/the-art-of-game-design>
- [30] Skold, O. Comprender la "noción ampliada" de los videojuegos como objetos de archivo: una revisión de prioridades, métodos y concepciones. *Asis&t*. [acceso el 26 de abril de 2023]. Disponible en: <https://asistdl.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.23875>
- [31] Torruella, G. Ejecución, seguimiento y cierre del proyecto. Gestión de proyectos. Barcelona: FUOC; 2018

[32] Thornton, M Making Great Games. Science Direct. [acceso el 25 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9780240812854/making-great-games#book-description>

[33] Unity. [acceso el 2 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://unity.com/es>

[34] Unsplash. [acceso el 11 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://unsplash.com/es>

## **Anexos**

Listado de apartados complementarios adicionales o que son demasiado extensos para incluir dentro de la memoria y tienen un carácter auto-contenido. Dependiendo del tipo de trabajo, es posible que no haya que añadir ningún anexo.

### **Anexo A: Glosario**

Glosario de terms y acrónimos utilizados en el trabajo (sólo aquellos mencionados en el presente documento) con breves definiciones de cada uno de ellos.

### **Anexo B: Entregables del proyecto**

Lista de archivos entregados y su descripción.

### **Anexo C: Capturas de pantalla**

Capturas de pantalla tanto del producto/servicio/aplicación realizado así como del proceso de trabajo. Este anexo también puede utilizarse para recopilar las capturas mostradas en otras secciones, en mayor tamaño para su mejor visualización, o no ser necesario su uso por el tipo de trabajo realizado.

### **Anexo D: Currículum Vitae**

Sección opcional aunque recomendable.

Breve nota biográfica del autor del TF. Máximo 700 caracteres.

### **Anexo E: Resultados detallados de una encuesta**

En el caso de haber realizado encuestas, detallar aquí los resultados.

### **Anexo F: Transcripción de una entrevista**

En el caso de haber realizado entrevistas, transcribirlas en esta sección. En el supuesto de que el texto sea demasiado extenso se puede entregar en un documento separado.