

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

### **DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO PARA EL TRATAMIENTO DE LA AMBLIOPÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

**DAVID ALEJANDRO DÁVILA SILVA**

**daviddavila11@hotmail.com**

**JOSÉ RICARDO ZURITA CABASCANGO**

**joserzc@hotmail.com**

**DIRECTOR: MSc. MARÍA MONSERRATE INTRIAGO PAZMIÑO**

**monserrate.intriago@epn.edu.ec**

**Quito, diciembre 2018**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, DAVID ALEJANDRO DÁVILA SILVA y JOSÉ RICARDO ZURITA CABASCANGO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**David Alejandro Dávila Silva**

---

**José Ricardo Zurita  
Cabascango**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por DAVID ALEJANDRO DÁVILA SILVA y JOSÉ RICARDO ZURITA CABASCANGO, bajo mi supervisión.

---

**MSc. María Monserrate Intriago Pazmiño**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Planteamiento .....	1
1.1.1	Ambliopía .....	1
1.1.2	Juegos Serios .....	4
1.2	Justificación.....	6
1.2.1	Justificación Teórica .....	6
1.2.2	Justificación Metodológica .....	7
1.2.3	Justificación Práctica .....	8
1.3	Objetivo General .....	9
1.4	Objetivos Específicos .....	9
1.5	Estado del arte .....	9
2	METODOLOGÍA.....	10
2.1	Análisis de necesidades .....	14
2.1.1	Características de la población objetivo .....	14
2.1.2	Conducta de entrada y campo vital.....	15
2.1.3	Descripción de necesidades .....	15
2.1.4	Principios pedagógicos y didácticos .....	16
2.1.5	Justificación de uso de los medios interactivos .....	18
2.2	Prototipo Inicial .....	18
2.2.1	Arquitectura general del videojuego.....	18
2.2.2	Diseño.....	19
2.2.3	Desarrollo .....	21
2.2.4	Validación .....	24
2.3	Prototipo dos.....	25
2.3.1	Diseño.....	25
2.3.2	Desarrollo .....	28
2.3.3	Validación .....	29
2.4	Prototipo tres.....	30

2.4.1	Diseño.....	31
2.4.2	Desarrollo .....	34
2.4.3	Validación .....	36
2.5	Prototipo final .....	37
2.5.1	Diseño.....	38
2.5.2	Desarrollo .....	41
2.5.3	Validación .....	52
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	53
3.1	Disponibilidad.....	54
3.2	Rendimiento.....	54
3.2.1	Registro de fotogramas por segundo.....	55
3.2.2	Uso de CPU.....	55
3.2.3	Uso de red .....	57
3.2.4	Memoria.....	57
3.2.5	Resumen.....	58
3.3	Accesibilidad .....	59
3.3.1	Etiquetas de contenido .....	59
3.3.2	Tamaño del objetivo táctil.....	61
3.3.3	Contraste bajo .....	61
3.3.4	Implementación .....	61
3.4	Encuesta de aceptación .....	62
3.4.1	Resultados de la encuesta .....	63
4	CONCLUSIONES.....	71
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
6	ANEXOS.....	80
6.1	Anexo 1 – Taxonomía de los juegos según Sawyer y Smith.....	80
6.2	Anexo 2 – Lista de dispositivos compatibles.....	81
6.3	Anexo 3 – Código Fuente .....	81
6.4	Anexo 4 - Encuesta de aceptación.....	81

## FIGURAS

Figura 1 - Metodología de desarrollo de juegos serios propuesta por Lotfi et al [39].....	8
Figura 2 - Diagrama de Flujo del Escenario .....	12
Figura 3 – Arquitectura de AmblioAventura Pirata .....	19
Figura 4 - Diagrama de flujo del escenario del prototipo 1 .....	20
Figura 5 - Menú principal del prototipo 1 .....	22
Figura 6 - Selector de juego del prototipo 1 .....	23
Figura 7 - Juego 1 del prototipo 1 .....	23
Figura 8 - Juego 2 del prototipo 1 .....	24
Figura 9 - Diagrama de flujo del prototipo 2 .....	26
Figura 10 – Menú principal del prototipo 2.....	28
Figura 11 - Selector del juego del prototipo 2.....	28
Figura 12 - Juego 1 del prototipo 2 .....	29
Figura 13 – Juego 2 del prototipo 2 .....	29
Figura 14 - Flujo del escenario del prototipo 3 .....	32
Figura 15 - Pantalla de selección de avatar del prototipo 3 .....	34
Figura 16 - Pantalla de ingreso de datos del prototipo 3.....	34
Figura 17 - Pantalla principal del prototipo 3 .....	35
Figura 18 - Selector de juegos del prototipo 3.....	35
Figura 19 - Juego 1 del prototipo 3 .....	36
Figura 20 - Juego 2 del prototipo 3 .....	36
Figura 21 - Diagrama de flujo de prototipo 4 .....	39

Figura 22 - Isotipo AmblioAventura Pirata .....	41
Figura 23 - Imagotipo AmblioAventura Pirata .....	41
Figura 24 - SplashScreen.....	42
Figura 25 - Pantalla principal del prototipo 4 .....	42
Figura 26 - Detalle pantalla principal de prototipo 4 .....	43
Figura 27 – Confirmación de salida del juego del prototipo 4 .....	44
Figura 28 - Ayuda del menú principal del prototipo 4 .....	44
Figura 29 - Información del menú principal del prototipo 4 .....	45
Figura 30 - Conexión a Google Play Games .....	45
Figura 31 - Tablas de clasificación y logros de Google Play Games.....	46
Figura 32 – Menú de configuración de juego .....	47
Figura 33 – Selector de juego de prototipo 4.....	47
Figura 34 – Información del selector de juegos.....	48
Figura 35 - Recordatorio de usar parche del selector de juegos .....	48
Figura 36 - Tutorial del juego 1 .....	49
Figura 37 - Juego 1 del prototipo 4 .....	49
Figura 38 - Menú de pausa del juego 1 del prototipo 4 .....	50
Figura 39 - Menú de fin de juego del juego 1 del prototipo 4 .....	50
Figura 40 - Juego 1 del prototipo 4 .....	51
Figura 41 - Menú de pausa del juego 2 del prototipo 4 .....	51
Figura 42 - Menú de fin de juego del juego 2 del prototipo 4 .....	52
Figura 43 - Fotogramas por segundo Google Pixel 2.....	55

Figura 44 - Fotogramas por segundo Huawei P8 lite .....	55
Figura 45 – Uso de CPU Google Pixel 2 .....	56
Figura 46 – Uso de CPU Samsung Galaxy J1 Ace .....	56
Figura 47 - Red enviada en promedio en los dispositivos probados .....	57
Figura 48 - Red recibida en promedio en los dispositivos probados .....	57
Figura 49 - Uso de memoria en el Samsung Galaxy J1 Ace .....	58
Figura 50 - Uso de memoria en el Samsung Galaxy S9 .....	58
Figura 51 - Resultados de revisión de Etiquetas de contenido .....	60
Figura 52 - Edades de los encuestados .....	63
Figura 53 - Sexo de los encuestados .....	64
Figura 54 - Especialidad de los encuestados .....	64
Figura 55 - Lugar de trabajo de los encuestados .....	65
Figura 56 - Experiencia en uso de juegos serios de encuestados.....	65
Figura 57 - Resultados pregunta 1.....	66
Figura 58 - Resultados pregunta 2.....	67
Figura 59 - Resultados pregunta 3.....	67
Figura 60 - Resultados pregunta 4.....	68
Figura 61 - Resultados pregunta 5.....	69
Figura 62 - Resultados pregunta 6.....	69
Figura 63 - Resultados pregunta 7.....	70
Figura 64 - Posibilidad de recomendar el juego a los pacientes.....	71



## TABLAS

Tabla 1 - Causas de la ambliopía [9] .....	2
Tabla 2 - Comparación entre la atropina y el parche en el tratamiento médico [9] .....	4
Tabla 3 - Ejemplo de descripción de personajes [39].....	13
Tabla 4 - Lista de verificación de objetivos pedagógicos [39].....	14
Tabla 5 - Descripción de los personajes del juego 1 en el prototipo 1.....	21
Tabla 6 - Descripción de los personajes del juego 2 en el prototipo 1.....	21
Tabla 7 - Descripción de los personajes del juego 1 en el prototipo 1.....	27
Tabla 8 - Descripción de los personajes del juego 2 en el prototipo 1.....	27
Tabla 9 - Descripción de los personajes del juego 1 en el prototipo 1.....	33
Tabla 10 - Descripción de los personajes del juego 2 en el prototipo 1 .....	33
Tabla 11 - Descripción de los personajes del juego 1 en el prototipo 1 .....	40
Tabla 12 - Descripción de los personajes del juego 2 en el prototipo 1 .....	40
Tabla 13 - Resumen de indicadores de rendimiento en dispositivos probados .....	59
Tabla 14 - Taxonomía de los juegos serios según Sawyer y Smith [31] .....	80

## RESUMEN

La ambliopía es una patología que se presenta con mayor frecuencia en infantes y se caracteriza por una percepción visual deficiente consecuencia de un mal desarrollo optométrico y de alineación; mundialmente afecta al 3% de la población, y en Ecuador entre el 2-4%. Esta patología es considerada la etiología más frecuente de disminución visual unilateral en niños afectando entre 1 y el 5% a nivel mundial, y de ceguera bilateral en el 10% de adultos debido a un diagnóstico tardío.

El objetivo de este trabajo de titulación, es desarrollar un videojuego serio para dispositivos móviles como ayuda al tratamiento de la ambliopía, compuesto de diversas actividades que permitan ejercitar la visión de los pacientes a través de movimientos oculares.

Una investigación realizada por la British Journal of Ophthalmology en pacientes con ambliopía y estrabismo, a los cuales se les sometió a actividades con gafas de realidad virtual con el sistema I-BiT, haciendo trabajar mayormente al ojo afectado, concluye que la mejoría en la agudeza visual fue moderada. En cambio, un estudio realizado en Estados Unidos en niños con esta afección a los que se les aplicó un juego serio en iPad con binoculares concluyó que el uso semanal de 8 horas ayuda considerablemente la agudeza visual; sin embargo, las investigaciones mencionadas anteriormente requirieron accesorios periféricos para el tratamiento de la ambliopía.

Ante lo mencionado, el enfoque de este trabajo se basa en minimizar la utilización de estos accesorios (gafas de realidad virtual, binoculares, etc.), con el objetivo de facilitar a la población el acceso al tratamiento de la ambliopía de una manera más sencilla y mínimos costos.

**Palabras clave:** juego serio, ambliopía, desarrollo con prototipado

## ABSTRACT

Amblyopia is a pathology that occurs more frequently in infants and is characterized by poor visual perception resulting from a bad optometric and alignment development; globally it affects 3% of the population. In Ecuador, it affects between 2% and 4%. This pathology is considered the most frequent etiology of unilateral visual decline in children affecting 1-5% worldwide, and bilateral blindness in 10% of adults due to a late diagnosis.

The objective of this thesis is to develop a serious videogame for mobile devices as an aid to the treatment of amblyopia, which will be composed of various activities that allow exercising the vision of patients through eye movements.

A research carried out by the British Journal of Ophthalmology in patients with amblyopia and strabismus, which were asked to perform certain actions wearing virtual reality glasses with the I-BiT system, making the affected eye work harder, concludes that the visual acuity improvement was minimal. In contrast, a study conducted in the United States to children with this condition, who were given a serious game on iPad with binoculars concluded that the weekly use of 8 hours considerably helps visual acuity; however, the investigations mentioned above required peripheral accessories for the treatment of amblyopia, that's why the focus of this work is based on minimizing the use of these accessories (virtual reality glasses, binoculars, etc.), with the aim of facilitate the access of the population to the treatment of amblyopia in a simpler way and minimum costs.

In order to put all this into practice, we have followed a prototyping method suggested by Lotfi, complemented by Galvis's contributions; in the development of the serious game, 4 prototypes were made, enough to reach the objective.

Finally, the development was evaluated following four characteristics: availability, performance, accessibility and acceptance surveys. With this it was possible to have a correct evaluation and approval of the serious video game.

**Key words:** Serious game, amblyopia, prototyped development

# 1 INTRODUCCIÓN

En este documento se inicia tratando la problemática de salud visual en niños causada por la patología *ambliopía*. Esta patología que tratada a tiempo puede permitir la recuperación en un alto porcentaje el sentido de la visión de los niños afectados. Se conocerán los posibles tratamientos. Así como, el soporte que puede brindar la tecnología de videojuegos para aportar en la rehabilitación.

## 1.1 Planteamiento

### 1.1.1 Ambliopía

La ambliopía, o también llamada “ojo vago”, es una alteración en la visión del niño que se caracteriza por un mal desarrollo optométrico y de alineación, generando una percepción visual deficiente, controlado por el sistema nervioso central [1].

La ambliopía se presenta con una disminución de la agudeza visual en al menos uno de los ojos del paciente, sin causa orgánica identificada, y está asociada a una forma de privación visual debido al bajo desarrollo de las células visuales por falta de uso [2].

#### 1.1.1.1 Epidemiología

La ambliopía es una patología frecuente en la edad escolar temprana, que afecta en promedio al 3 % de la población mundial [3] [4]. En Ecuador, esta enfermedad aparece en el 2 - 4% de la población [2].

La ambliopía es la causa más común de visión unilateral en los niños, con un estimado de 1 al 5 % en la población infantil afectada a nivel mundial [5], asimismo, por el deficiente diagnóstico a temprana edad, se considera una causa de pérdida de visión en los adultos, llegando a ser del casi 10% [3].

El Instituto del Ojo en Estados Unidos dice que la ambliopía sigue siendo el líder causante de la pérdida de visión unilateral en personas entre 20 y 70 años [6].

Los estudios clínicos reflejan que la tercera parte de la ambliopía es causada por anisometropía, otra tercera parte por estrabismo, y el restante por una combinación de las dos enfermedades [7].

### 1.1.1.2 Causas

La ambliopía es un resultado de la degradación de la imagen retinal en los 7 primeros años de vida, período de desarrollo visual sensible para el ser humano [8]. Cuando el período de desarrollo de la ambliopía es mayor, el paciente tiene menor probabilidad de un tratamiento posible. En la Tabla 1, podemos vislumbrar algunas de las causas de la ambliopía.

	<b>Características</b>	<b>Efecto unilateral o bilateral</b>
<b>Estrabismo (Desalineación ocular)</b>	Cada ojo no tiene la misma imagen en la fovea.	Unilateral
<b>Anisometropía</b>	La imagen de una fovea es más borrosa que la de otra.	Unilateral
<b>Deprivación (incluye ametropía, errores significativos de simetría refractaria) *</b>	Obstrucción física de una imagen (e.g.: catarata, ptosis, u opacidad en ambos ojos debido a un error de refracción sin corregir.	Unilateral y bilateral
* Ambliopía es el déficit visual residual después que una obstrucción física es removida y una corrección óptica haya sido aplicada.		

*Tabla 1 - Causas de la ambliopía [9]*

### 1.1.1.3 Factores de riesgo

Los factores de riesgo para el desarrollo de la ambliopía son [2]:

- Estado de madurez del paciente
- Duración de la deprivación
- Edad de inicio de la deprivación

### 1.1.1.4 Diagnóstico

El diagnóstico de la ambliopía unilateral se da cuando se encuentra agudeza visual disminuida y, a pesar del uso de un correctivo visual, sigue existiendo anomalía sin una

enfermedad que sustente dicha disminución. El déficit visual resultante después de la corrección de algún problema ambliogénico como la remoción de cataratas, supone un problema de ambliopía [9].

En niños menores de 5 años, el diagnóstico de la ambliopía monocular o unilateral se basa en la preferencia con la que se fija el niño en una luz o en un pequeño juguete. Si el niño se molesta mucho al obstruir la visión en un ojo y no lo hace con el otro, se debe sospechar de un problema de visión en este [2]. Si se evidencia un estrabismo obvio, es bastante fácil determinar que ojo es preferido por el niño; hay casos de los niños con ojos rectos, donde los ejes visuales de los dos ojos deben estar separados ópticamente con una prueba llamada “tropía” inducida para poder hacer dicha evaluación [10].

#### 1.1.1.5 Tratamiento y rehabilitación

El tratamiento de la ambliopía consiste en el bloqueo de la visión del ojo en buen estado, y en el ojo afectado realizar repetición de ejercicios de los músculos oculares usando movimientos súbitos hacia las zonas periféricas del campo visual del paciente [11].

La recuperación se hace posible bloqueando la visión con un parche por algunas horas al día, y se recomienda hacerla antes de los 6 años [9].

El uso de un parche ha sido utilizado por muchos siglos para el tratamiento de la ambliopía [12], por otro lado, el uso de la atropina (fármaco) recién ha comenzado [13]. La atropina es usada en el ojo sano, bloqueando la innervación parasimpática de la pupila y del músculo ciliar (que es un músculo situado dentro del ojo), causando así dilatación de las pupilas y pérdida de acomodación.

El parche en el ojo ha sido más popular que la atropina, porque culturalmente se ha creído que es más efectivo; el fármaco se lo utiliza más que nada en casos cuando el niño es intolerante al parche [9]. Se puede evidenciar una comparación de estos dos métodos en la Tabla 2.

	<b>Parche</b>	<b>Atropina</b>
<b>Efecto en la apariencia del paciente</b>	Visible	No visible
<b>Reversibilidad</b>	Inmediata	Efecto dura 2 semanas
<b>Efectos adversos a nivel local</b>	Irritación y alergia	Sensibilidad a la luz y alegría
<b>Efectos adversos a nivel sistémico</b>	Ninguno	Raro pero peligroso (posiblemente más común)

		en el Síndrome de Down): enrojecimiento, boca seca, hiperactividad, taquicardia y muy raras posibilidades de convulsiones.
<b>Adherencia al tratamiento</b>	Fácil de remover para los niños	Asegurado una vez que la gota ingrese.
<b>Uso en dos ojos</b>	Se usa un ojo a la vez	Se permite binocularidad periférica
<b>Estado de angustia del niño en el tratamiento</b>	Puede ser alta	Baja

*Tabla 2 - Comparación entre la atropina y el parche en el tratamiento médico [9]*

A pesar del tratamiento, la tercera parte de los niños afectados no alcanza una acuidad (agudeza) visual tal que le permita leer. Estos casos se han dado por el poco apoyo e intervención de los padres en la terapia del parche y una mala adherencia al tratamiento recetado por el oftalmólogo [4]; *Loudon et al* [14], en un estudio, refieren que este comportamiento tiene que ver fuertemente con las regiones de origen de los padres y su nivel de educación, pero también pueden darse debido a la influencia religiosa y cultural de la familia.

Existe una nueva tendencia al uso de videojuegos como terapia de rehabilitación, por ejemplo Dig Rush [15], es un juego para iPad especializado para el tratamiento de ambliopía, donde el niño debe hacer uso de unas gafas anaglíficas, es decir, con un lente diferente en cada ojo de que al uso de imágenes con el mismo color, se dé un efecto de parchado y sea menos incómodo para el infante [16].

## **1.1.2 Juegos Serios**

### **1.1.2.1 Historia**

Una de las primeras referencias al término “Juegos serios” fue presentada por Clark Abt en su libro *Serious Games*, publicado en 1970 por Viking Press [17]. Para este entonces, el término se usaba para referirse a juegos, generalmente de mesa y juegos de cartas, que se distinguían de juegos infantiles por requerir cierto nivel de inteligencia, disciplina y madurez, además de la capacidad de toma de decisiones [18].

Abt describía los juegos serios como aquellos que tienen una “propósito educativo explícita y cuidadosamente pensado”, aclarando que, no por esto, los juegos serios deben o tienen que dejar de ser divertidos [19].

En 1978, nace MUD1, un videojuego de rol multiusuario, que categorizó a los usuarios de videojuegos en 4 tipos de jugadores; algo que sería clave en las estrategias de gamificación futuras [20].

En el 2002, el Woodrow Wilson Center for International Scholar en Washigton, D.C. funda la *Iniciativa de Juegos Serios (Serious Games Initiative)*, con lo que el término se populariza [21].

El mismo año, el ejército estadounidense lanza America’s Army, un videojuego “costo-efectivo” para PC diseñado para reclutamiento de fuerzas armadas en ese país, incluyendo elementos militares auténticos como entrenamiento, tecnología, armas y audio [22]. Éste es el primer videojuego serio con un éxito ampliamente reconocido y que marcó un hito para iniciar el movimiento de los juegos serios como lo conocemos en la actualidad [19].

A partir de entonces, se ha comprobado en varias ocasiones la efectividad de los juegos serios como un recurso importante en la enseñanza [23], [24], [25], [26], entrenamiento [27], [28] y como método complementario a terapias médicas [29].

#### 1.1.2.2 Definición

Abt describe una aproximación a la definición de juegos serios en su libro *Serious Games* de 1970 [18]:

“Games may be played seriously or casually. We are concerned with ‘Serious Games’ in the sense that these games have an explicit and carefully thought-out educational purpose and are not intended to be played primarily for amusement. This does not mean that serious games are not, or should not be, entertaining.” [Los juegos pueden ser jugados en serio o de forma casual. Nos interesan los juegos serios en el sentido en que estos juegos tienen un propósito educativo explícito y cuidadosamente pensado y no están diseñados para ser jugados principalmente por diversión.]

Por lo tanto, en su definición más simple, los juegos serios son aquellos que no tienen al entretenimiento como su propósito primario. Esto no implica que los juegos considerados juegos serios no sean entretenidos, por el contrario, deberían serlo, sólo que éste no es su motivo ulterior [19].

Aunque fue desarrollado por el ejército estadounidense con propósito de entrenamiento para sus soldados, America’s Army, en las manos de un adolescente, puede ser una experiencia de entretenimiento, brindándole una oportunidad de personificar a un soldado



[30]. El mismo juego, que para un líder de tropa puede ser parte importante del ejercicio de entrenamiento de estrategia, primeros auxilios y uso de armamento para sus soldados, puede ser una fuente de entretenimiento para un usuario que no busca entrenarse en este ámbito. Para este caso, que el juego sea entretenido o no para el recluta, no es el mayor interés de sus superiores. La simulación de entrenamiento de una persona, puede ser el juego de otra; por esta razón, los juegos de entretenimiento, reaplicados a otros propósitos, pueden también ser considerados juegos serios [19].

El videojuego serio es una subclasificación de los videojuegos, no una clasificación diferente [22].

### 1.1.2.3 Taxonomía de los juegos serios

Sawyer y Smith [31], miembros fundadores de la Serious Game Initiative, propusieron la actual clasificación de los juegos serios en siete categorías: juegos para la salud, juegos publicitarios, juegos para la formación, juegos para la educación, juegos para la ciencia e investigación, producción y juegos como empleo; aplicados sobre siete ramas: gobierno y ONGs, defensa, sistemas de salud, marketing y comunicación, educación, empresas e industria. Sus interacciones se muestran en el *Anexo 1*. Los géneros de los videojuegos serios son, en esencia, las mismas de los videojuegos lúdicos. Entre los géneros que se aplican con mayor facilidad a los propósitos serios, merecen ser mencionados los puzzles, simulación, aventura y rol [32]. Los puzzles propician el razonamiento lógico y espacial, los juegos de rol proporcionan facilidad para asumir identidades diferentes a la real y tomar decisiones basadas en ellas. En los juegos de aventura, el jugador es capaz de explorar y resolver problemas irreales, mientras que, en los juegos de simulación, se recrean situaciones de la vida real en los que el jugador puede experimentar sin temor a consecuencias permanentes [22]. La tabla de la taxonomía completa se presenta en el *Anexo 1*.

Según la clasificación descrita anteriormente, el juego propuesto sería situado como Juego para la salud, y orientado a sistemas de salud, encajando como Ciberterapia.

## 1.2 Justificación

### 1.2.1 Justificación Teórica

En los niños de edad temprana la afectación o pérdida de visión de uno de sus globos oculares (o ambos) puede desencadenar con el paso del tiempo la falta de visión total de

los mismos, así que el tratamiento de la ambliopía se sugiere hacerlo antes del desarrollo completo del sistema nervioso, es decir, antes de los 8 años [33].

Se ha vuelto cada vez más importante capturar la atención de los pacientes, sobre todo del grupo infantil, usando estrategias de impacto como son los juegos, de esta manera el usuario percibe el tratamiento como entretenimiento y lo asimila de mejor manera.

Por otro lado, la impresionante evolución de los dispositivos móviles, como teléfonos celulares, en paralelo con el crecimiento de las redes de comunicaciones y el Internet, han contribuido a que estos dispositivos se conviertan en el principal foco de atención de desarrolladores a todo nivel en los últimos años [34].

El escenario tecnológico actual apunta, sin lugar a duda, a los dispositivos móviles como plataforma objetivo para soportar el desarrollo de aplicaciones lúdicas que permiten brindar una alternativa más atractiva a tratamientos médicos.

Las aplicaciones móviles se caracterizan por su rápida adaptabilidad a los cambios, principalmente debido a que en su mayoría son desarrolladas para el usuario final y dependen de la aceptación que estos den a la aplicación. En las tiendas de aplicaciones, los usuarios pueden calificar las aplicaciones y enviar comentarios a los desarrolladores, lo que facilita la retroalimentación y requiere que la metodología con la que son desarrollados soporte cambios en los requerimientos con alta frecuencia. La tecnología está siendo usada incrementalmente en tratamientos en la salud como complemento de técnicas médicas tradicionales. Los videojuegos aplicados a la medicina ayudan a reducir la deserción en los tratamientos.

Se puede definir a un juego como un entorno con una estructura y reglas bien definidas, en donde cada usuario busca un objetivo y aprende a través de sus errores a superar retos para alcanzar la meta final [35]. Los juegos tienen 6 elementos estructurales: reglas; metas y objetivos; devoluciones y retroalimentación; conflicto y competencia; reto u oposición; interacción e historia [36].

Cuando el propósito de un juego pasa de ser de neta diversión, este es considerado un juego serio [37].

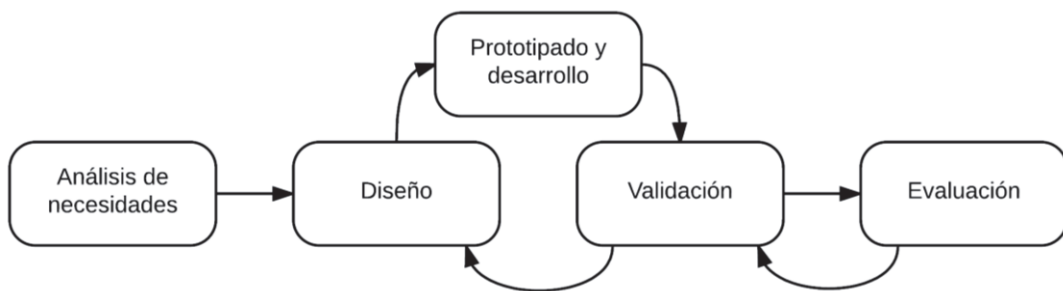
Los juegos serios usan cada uno de los elementos antes mencionados, pero centrándose en el desarrollo para otros fines ajenos al entretenimiento, por lo general aplicándose a la educación, o salud [35].

### **1.2.2 Justificación Metodológica**

La tendencia de desarrollo de software es usar metodologías ágiles [38]. La mayoría de las metodologías ágiles han sido creadas con un enfoque genérico y no necesariamente

responden a los requerimientos del desarrollo de videojuegos serios. Por esta razón, se ha elegido para el desarrollo de la aplicación, un modelo de prototipado rápido para el desarrollo de juegos serios y basado en los principios de las metodologías ágiles, propuesto por Lotfi en [39].

La metodología de prototipado, ilustrada en la *Figura 1*, indica que se debe realizar el análisis sobre las necesidades de las partes interesadas y para esto nos hemos basado en la propuesta de análisis de requerimientos de Galvis [40]. Una vez analizado el problema a resolver, las posibles causas y tratamientos adecuados se procederá a hacer un prototipo inicial para presentárselo a los médicos interesados en el tratamiento, para posteriormente comenzar a diseñar y desarrollar la aplicación.



*Figura 1 - Metodología de desarrollo de juegos serios propuesta por Lotfi et al [39]*

Luego de realizada la validación del producto de software, se aplicará como parte de un tratamiento complementario a los pacientes de ambliopía, donde se evaluará su aceptación. La evaluación se realizará bajo la supervisión de los médicos responsables.

### **1.2.3 Justificación Práctica**

En el contexto médico, los juegos serios han sido utilizados con éxito en tratamientos de pacientes de enfermedades relacionadas con el estado físico como obesidad; y ha sido popularizado en la comunidad en general gracias al auge de dispositivos que pueden realizar un control de pulso y tracking de pasos y distancias recorridas [41].

Los juegos serios se recomiendan como herramienta para atraer y retener la atención de los niños, ya que ha sido probada ampliamente en la educación con resultados muy satisfactorios [42].

Debido a que la terapia para la ambliopía es recomendada hacerlo en edades tempranas se desarrollará un videojuego serio para niños, que permita realizar el tratamiento de la ambliopía.

### **1.3 Objetivo General**

Desarrollar un videojuego serio para dispositivos móviles compuesto de actividades que permita ejercitar la visión de los pacientes a través de movimientos oculares, para apoyar al tratamiento de la ambliopía.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- Especificar los principios pedagógicos y didácticos para el videojuego serio con base en la experiencia y conocimiento proporcionado por los oftalmólogos pediatras.
- Diseñar la historia, el escenario, los personajes y niveles del videojuego serio.
- Crear el videojuego serio realizando y validando prototipos incrementales en iteraciones.
- Evaluar con pruebas de aceptación el videojuego serio en oculistas pediátricos.

### **1.5 Estado del arte**

Se han encontrado en la literatura técnico-científica trabajos de desarrollo y uso de videojuegos serios para la mejora de la salud. Por ejemplo, Peter Bingham creó un juego para el tratamiento de asma: RespirGames™—Spirometer; pensado para usarlo tanto para escritorio como para dispositivos móviles. En su prueba piloto se necesitó adquirir un espirómetro por separado, que era un dispositivo que media el flujo y volumen de aire en la respiración [37]. Existe una aplicación llamada Play Forward: ELM City Stories que es un juego interactivo de roles diseñado para adolescentes de manera que ganen conocimiento y habilidades necesarias para tomar buenas decisiones relacionadas con el alcohol, drogas y sexo; con el objetivo principal de reducir el riesgo de contraer enfermedades de transmisión sexual [43]. En una evaluación con 333 adolescentes [44] se logró determinar que la mayoría de los jóvenes disfrutaron jugando, y sintieron que mejorarían su forma de tomar decisiones y serían más responsables respecto a las mismas.

BalanceFit es un juego diseñado para la mejora de coordinación, fuerza y balance de los pacientes, usado en hospitales, centros de terapia, geriátricos, entre otros. Este videojuego serio tiene como objetivo llevar una bola por un laberinto hasta llegar a un objetivo específico, el usuario tiene que mover su centro de gravedad intencionalmente para poder

mover la bola en la pantalla. Se lo probó con 30 ancianos en un geriátrico por el periodo de un año y el resultado fue muy bueno, ayudando al entretenimiento de los usuarios además de mejorar su estado de salud [45]. Existe otro juego con el mismo público objetivo, llamado “Dance with ALFRED”, que motiva a las personas con poco movimiento corporal a que se muevan acorde al ritmo de la música; la aplicación usa el acelerómetro del celular para detectar los movimientos del usuario [46]. NEUROvitAALis es un juego con el objetivo de tratar la salud de los ancianos y pacientes con discapacidad cognitiva. NEUROvitAALis es un tratamiento completo de seis semanas, con respaldo científico, donde se da una guía de tratamiento completo [47].

En el campo de la ambliopía se encontró que un grupo de doctores e investigadores de la British Journal of Ophthalmology quisieron ver la mejora de 75 pacientes con esta enfermedad, la mayoría de ellos asociados al estrabismo, y para ello usaron actividades con gafas de realidad virtual con el sistema I- BiT (interactive binocular treatment) donde mostraban una imagen de fondo en los dos ojos pero en el ojo con el déficit visual se mostraba una imagen superpuesta y se hacía trabajar dicho ojo; pero el resultado final no fue alentador ya que la mejora visual fue mínima [48]. En cambio, en Estados Unidos se hizo un estudio a 50 niños, donde se intentó examinar la mejora visual respecto a la cantidad de horas usando un juego con binoculares en un iPad; y se concluyó que el uso de 8 horas semanales de dicho juego ayuda grandemente a la mejora de la acuidad visual [49]. Incluso existe un artículo donde Taylor, basándose en algunos artículos, deduce que faltan estudios para poder descartar el uso de fármacos y parche y comenzar a usar técnicas con binoculares [50]. Por lo que se puede determinar la factibilidad de hacer un videojuego para el tratamiento de la ambliopía de libre acceso y que solo necesite de un dispositivo móvil y el uso de un parche por parte del paciente.

## **2 METODOLOGÍA**

La creación de este videojuego serio, como se mencionó en la introducción, se realiza siguiendo la metodología propuesta por Lofti [39] y la complementamos con el estudio de Galvis: “Ingeniería de Software Educativo” [40], ya que éste nos brinda puntos clave para la recopilación del análisis de necesidades.

A continuación, se describen las guías para las fases y actividades de la metodología adoptada, prototipado rápido para el desarrollo de juegos serios. Se realiza esta descripción a fin de especificar las fases y actividades que se han adoptados en este trabajo.

## **Análisis de necesidades**

Antes de comenzar el desarrollo, es necesario identificar el contexto para el cual se va a crear el juego serio y de esta manera, determinar los requerimientos de este.

Según Galvis [40], es necesaria al menos la siguiente información:

- Características de la población objetivo
- Conducta de entrada y campo vital (nivel escolar, desarrollo mental, físico o psicológico, entorno familiar y escolar, etc.)
- Problema o necesidad por atender
- Principios pedagógicos y didácticos aplicables
- Justificación de uso de los medios interactivos

Durante esta fase, se debe describir las necesidades que conllevan a la creación del juego serio, junto con los objetivos pedagógicos que el usuario o paciente debe adquirir con el uso del juego [39].

### **a) Descripción de las necesidades**

Es la descripción general del juego a ser desarrollado; incluye:

- Características
- Objetivos generales
- Habilidades por adquirir

### **b) Objetivos pedagógicos**

Los objetivos pedagógicos son las intenciones educativas, están supuestos a describir las salidas del juego serio, en general, los objetivos pedagógicos son extraídos de la descripción de necesidades y de entrevistas a los expertos. Estos objetivos describen el enfoque, las habilidades y resultados esperados que se adquirirán durante el progreso del juego.

## **Diseño**

La fase de diseño es en la cual los aspectos instruccionales [51] y de entretenimiento se combinan para crear un juego serio que atraiga al usuario de tal manera que juegue más y adquiera habilidades mientras lo hace. Esta fase está compuesta por los pasos: Desarrollo de la historia del juego, descripción de los personajes, y descripción de los niveles.

### a) Desarrollo de la historia del juego

Es el arte de presentar una historia de manera compacta y de intriga para crear un deseo al usuario de seguir jugando más. En esta fase el diseñador del juego puede imaginar diferentes eventos cronológicos que le puedan ocurrir al personaje principal para lograr el objetivo de la historia, de esta manera atraer la atención del usuario, usando desafíos, enigmas, rompecabezas, entre otros.

Un enfoque reciente sobre los videojuegos es el de un runner infinito. Este género se basa en que el personaje principal se mueve a través de un mundo infinito generado proceduralmente. Los desarrolladores tienden a inclinarse por este tipo de juegos frente a los tradicionales por ser atractivo para jugadores casuales [52].

### b) Establecer el diagrama de flujo del escenario

El escenario puede ser establecido usando un diagrama de flujo para poder tener una visión de la historia general y lo suficientemente clara, donde en cada sección del flujograma, se debe detallar lo correspondiente, poniendo una descripción, objetivos, obstáculos, reglas, recompensas o castigos; según corresponda.

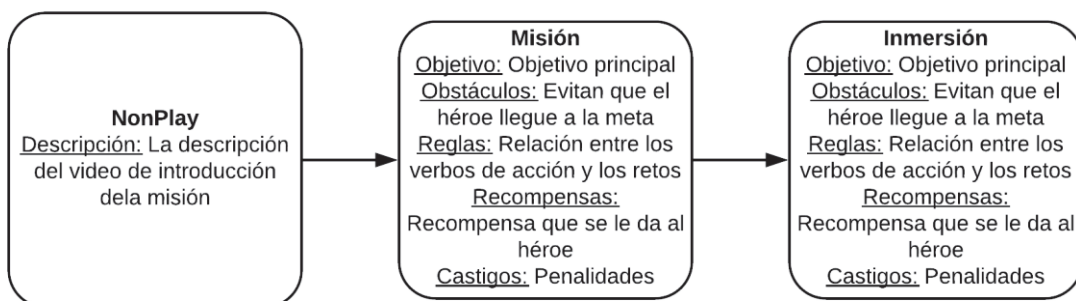


Figura 2 - Diagrama de Flujo del Escenario

### c) Descripción de los personajes

Los personajes que han sido descritos en la historia del juego deben ser detallados en una tabla similar a la *Tabla 3*. Existen tres tipos de personajes que pueden existir:

Personaje principal: es el protagonista o el héroe de la historia.

Personaje no jugable (controlado por el computador): personaje que no permite ser jugado por el usuario, sino que la computadora mediante inteligencia artificial lo controla.

Enemigo: los enemigos son personajes que intentan que el personaje principal no llegue a cumplir su objetivo. Cada juego puede tener diferentes tipos de enemigos controlados por la inteligencia artificial.

Edad	26
Altura	170 cm
Raza / Nacionalidad	Estadounidense
Ocupación	Soldado
Habilidades	Tiene la habilidad de saltar doble, tiene un cañón de asalto
Propósito	Destruir al enemigo

Tabla 3 - Ejemplo de descripción de personajes [39]

#### **d) Descripción de los niveles**

La mayoría de los videojuegos tienen más de un nivel, y durante este paso, el diseñador del juego debe desarrollarse un mapa asociado a cada nivel del videojuego o cada área relacionada al nivel. Además, es necesario definir aspectos como la jugabilidad, diálogos y otros aspectos técnicos que pertenezcan al nivel.

#### **Prototipado y desarrollo**

La fase de prototipado se refiere a la creación del modelo de juego, de manera que se pueda probar su facilidad de uso y poder hacer mejoras al mismo. Por lo general, se incluye una ligera muestra de cómo sería el arte del juego, sonido y características. Lo esencial es no detenerse en detalles muy complejos al comenzar a hacer los prototipos, la idea es mostrar un fundamento mecánico que pueda interesar al usuario final [53].

Para desarrollar un prototipo de juego serio, se recomienda que las herramientas y el motor de juego tengan al menos las siguientes características:

- Multiplataforma
- Escalable
- Extensible

#### **Validación**

La fase de validación comienza cuando el desarrollo del primer prototipo ha terminado, durante esta fase el diseñador del videojuego debe verificar si todos los objetivos pedagógicos mencionados en la fase de análisis han sido implementados de la manera



correcta. Esta verificación puede realizarse usando una lista de verificación, como en la *Tabla 4*.

La ventaja del prototipado es que los usuarios finales no tienen que imaginar a qué se refieren las especificaciones, sino que puede palpar verídicamente los avances, poder encontrar problemas o mejoras que tal vez no se han considerado. Esta fase juega un papel importante en el proceso de diseño porque ahorra una gran cantidad de dinero y tiempo. Además, durante esta fase muchas pruebas se pueden llevar a cabo por el diseñador o por el equipo de pruebas.

<b>Objetivos pedagógicos</b>	<b>Estatus</b>	<b>Descripción</b>
Objetivo pedagógico 1	Cumplido	
Objetivo pedagógico 2	No cumplido	

*Tabla 4 - Lista de verificación de objetivos pedagógicos [39]*

## **Evaluación**

Con la fase de evaluación, finaliza el proceso del modelo propuesto. En esta fase, el diseñador del juego serio y los desarrolladores evaluarán, continuarán las pruebas que empezaron en la validación y confirmarán la versión final del juego serio. Entre los criterios que deben ser evaluados durante esta fase se encuentran, la confiabilidad, la portabilidad, eficiencia y mantenibilidad.

En las siguientes subsecciones, se documenta la aplicación de la metodología en el desarrollo del videojuego objeto de este trabajo integrador.

## **2.1 Análisis de necesidades**

Las necesidades que queremos cumplir con la creación del videojuego son:

### **2.1.1 Características de la población objetivo**

Con los estudios antes mencionados junto con las entrevistas a los especialistas, podemos determinar que es enfocado a niños y niñas de 3 a 12 años.

### **2.1.2 Conducta de entrada y campo vital**

El objetivo es crear un juego de fácil uso para que no haya ningún obstáculo, dependiendo de las otras patologías leves o severas que tengan los niños. En cuanto al entorno familiar, es indispensable que al menos un integrante de su familia cercana cuente con un dispositivo móvil.

### **2.1.3 Descripción de necesidades**

El videojuego serio a desarrollar debe contar con algunos puntos específicos detallados en la entrevista previa con los oftalmólogos pediátricos especialistas:

#### **Objetivo general del videojuego**

- Apoyar al tratamiento de la ambliopía para mejorar el nivel de vida de los niños afectados a través de videojuegos disponibles en dispositivos móviles Android.

#### **Características**

- Bajo costo y con pocas o nulos periféricos
  - Uso de un dispositivo móvil inteligente
  - Uso de un parche
- Ambiente agradable y atractivo para los niños que permita adherencia al tratamiento
  - Con colores vivos
  - Con una temática atractiva y llamativa
  - Incluyente para los niños

#### **Habilidades por adquirir**

- Desarrolle destrezas que ayuden al tratamiento de la ambliopía:
  - Identificar colores
  - Mantener la atención en un solo punto
  - Identificar figuras
  - Desarrollar los reflejos

## 2.1.4 Principios pedagógicos y didácticos

Sánchez, Olmos y García [54], en su artículo: “Comprendiendo el aprendizaje móvil: dispositivos, implicaciones pedagógicas y líneas de investigación”, muestran algunos principios pedagógicos y didácticos que deben constar en el juego para que cumpla su objetivo. Entre ellos menciona:

- Uso de Multimedia interactiva
- Flexibilidad y simplicidad
- Interfaz intuitiva
- Tolerancia a errores
- Orientado a acciones
- Dificultad incremental

### 2.1.4.1 Uso de Multimedia Interactiva

En el aspecto tecnológico del material enfocado a la salud humana, siempre se ha tendido a carecer de un uso afirmado de multimedia, sino que se tiende a copiar más de textos de forma que ha sido diseñada para ser leída de una manera particular o por un público en específico.

Por el otro lado, para poder crear un juego se necesita contenido multimedia interactivo que apunte a la experiencia; en el momento de la creación se debe hacer énfasis en la experiencia que hace posible que los elementos estén bajo el control del usuario. Si se suma metas u objetivos de juego, el incentivo al uso de este es mayor. El uso de textos también es útil en el uso de juegos serios, pero en menor trascendencia, ya que se utiliza más de manera informativa para explicar algún evento. La diferencia es que en los juegos serios para aprendizaje es basado en la experiencia de usar un juego mucho más que en las explicaciones textuales sobre cómo hacerlo; es importante los dos en la educación y la salud, pero en el uso de juegos se prioriza la experiencia que los textos explicativos [55]. Para el uso de un juego con el fin de tratar la ambliopía, teniendo en claro que la enfermedad se la trata en edad temprana, se ha decidido hacer figuras y colores intensos que atraigan al usuario y lo incentiven a jugar más; junto a una temática Pirata para poder familiarizar al niño con el hecho de jugar con un parche.

#### 2.1.4.2 Flexibilidad y simplicidad

Es necesario escoger la población a la cual cierto juego va a enfocarse, dado el hecho de que hay mucha población a la cual se puede enfocar; es claro que aplicaciones que ayuden a controlar un presupuesto tienen como objetivo poblaciones de más de 20 años, que juegos para aprender a sumar son dirigidos a niños entre 3 y 6 años, todo esto en base a la necesidad que el juego muestra responde [54].

El uso del juego debe convertirse en un reto para el usuario, la dificultad de dicho juego debe corresponder a las capacidades y habilidades del jugador. Si el juego es muy difícil de usar o muy complicado de pasar puede causar frustración, por otro lado, si el juego es muy simple e ingenuo en el contenido puede ser aburrido [56].

Se va a desarrollar un juego que, al tratar la ambliopía, tiene como objetivo los infantes de entre 3 y 12 años, y por eso se ha decidido crear cuatro juegos conforme la edad e intereses de este amplio grupo de infantes, de manera que sea la edad que sea se encuentre atractivo el uso de la aplicación.

#### 2.1.4.3 Interfaz intuitiva

Es necesario que la dinámica del juego sea fácil de aprender, de usar, de acceder, y una de las cosas más importantes es que sea conforme a la naturaleza del videojuego [57].

#### 2.1.4.4 Tolerancia a errores

González en su tesis doctoral [57], nos muestra una serie de guías para que los usuarios sientan mayor diversión, y a su vez mas atracción al juego, y entre ellas menciona: “Los jugadores no deberían ser capaces de cometer errores que sean perjudiciales para el juego y deben ser apoyados en la recuperación de errores”.

El juego contará con una interfaz lo suficientemente sencilla para que cualquier usuario pueda acceder a los juegos y a la información y por ende a la jugabilidad

#### 2.1.4.5 Orientado a acciones

*Enfocar las tareas en acciones de parte del usuario.*

Es necesario que el juego haga sentir que los usuarios tienen el control del mismo, de sus menús; de su estado, en caso de que este pausado. Debe mostrar que el usuario tiene completo control de las decisiones, de las estrategias y del curso del juego [57].

En nuestro juego, el usuario podrá decidir en qué instante dejar de jugar, cambiar de mini juego, tendrá la opción de conectarse o no a Google Games; de esta manera se orientará el juego a ser usado mediante acciones del usuario.

#### 2.1.4.6 Dificultad incremental

Es importante, que se el usuario pueda mentalmente dividir el problema en pequeños pasos, de manera que se vaya incrementando la dificultad, y así el niño pueda completar satisfactoriamente un nivel y pueda continuar con el otro, con un nivel de dificultad un poco mayor, que ayude a incrementar sus intenciones de continuar el juego [56].

### 2.1.5 Justificación de uso de los medios interactivos

Al darnos cuenta que a toda la población le afecta esta enfermedad, y a la población que esta entre la clase social baja y media es la que menos se pega a los tratamientos convencionales, es necesario que se use un juego serio en un celular inteligente (46.4 % de los ecuatorianos cuentan con uno hasta agosto del 2017 [58]) para poder ayudar a su terapia de rehabilitación.

Lotfi, en su propuesta de prototipado, indica que para los diseñadores de juegos es necesario describir las necesidades que motivan a la creación del videojuego, y definir un grupo de principios pedagógicos que el usuario del juego logre alcanzar mientras usa el juego [39].

## 2.2 Prototipo Inicial

El prototipo inicial del juego se da con base a los requerimientos de los doctores especialistas que pudieron mostrar una idea de lo que se necesita en este caso de estudio.

### 2.2.1 Arquitectura general del videojuego

Debido a que el juego es desarrollado utilizando el motor de juegos Unity, debe apegarse a una arquitectura básica general propuesta por los desarrolladores de la herramienta y descrita a profundidad en [59]. Simplificado y adaptado al caso de estudio actual en la Figura 3. Los juegos desarrollados en Unity poseen un grado de independencia a la plataforma bastante alto debido a la Capa de lógica independiente de la plataforma, que permite desarrollar el videojuego utilizando el lenguaje de programación C# sin importar la

plataforma a la que se apunta, en este caso Android, cuyas aplicaciones son programadas generalmente en Java y Kotlin.

La capa de lógica independiente de la plataforma puede ser adaptada a las necesidades de cada sistema operativo o dispositivo al que se desee enfocar el juego. Por ejemplo, para el desarrollo de AmblioAventura Pirata se utilizará el SDK de los servicios de Play Games, y Crashlytics provistos por Google.

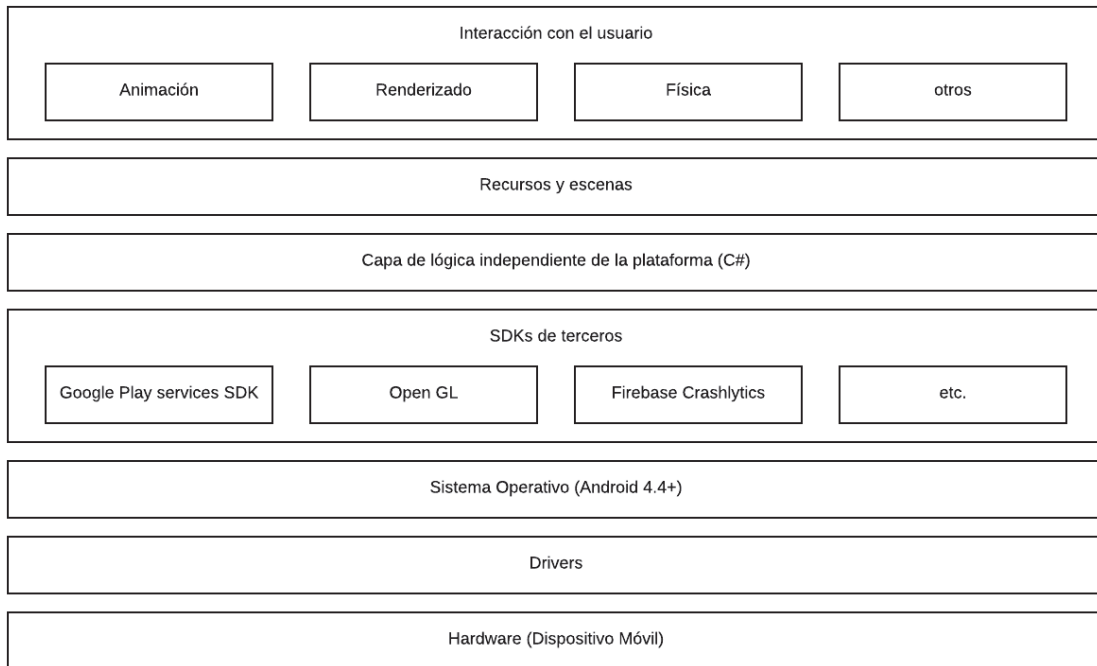


Figura 3 – Arquitectura de AmblioAventura Pirata

## 2.2.2 Diseño

En la literatura se pudo identificar que la fase de Diseño es en la cual se combinan los aspectos educacionales y de entretenimiento para poder dar paso a la creación del juego serio de manera que atraiga la atención del usuario a que juegue más, y que pueda aprender o mejorar su salud mientras lo hace.

### 2.2.2.1 Desarrollo de la historia del juego

La historia se divide en cuatro minijuegos para acoger a los niños de 3 a 12 años, con la idea de hacer un juego específico para cada rango de edad, y se ha desarrollado solo uno la validación del prototipo.

En este juego, diseñado para niños de 3 a 5 años de edad, el niño deberá identificar cuando el círculo amarillo esté completamente dentro de los círculos rojos grandes que aparecen en la pantalla.

### 2.2.2.2 Establecer el diagrama de flujo del escenario

Se ha diseñado un flujograma conforme a la funcionalidad del juego en este prototipo, se lo puede evidenciar en Figura 4.

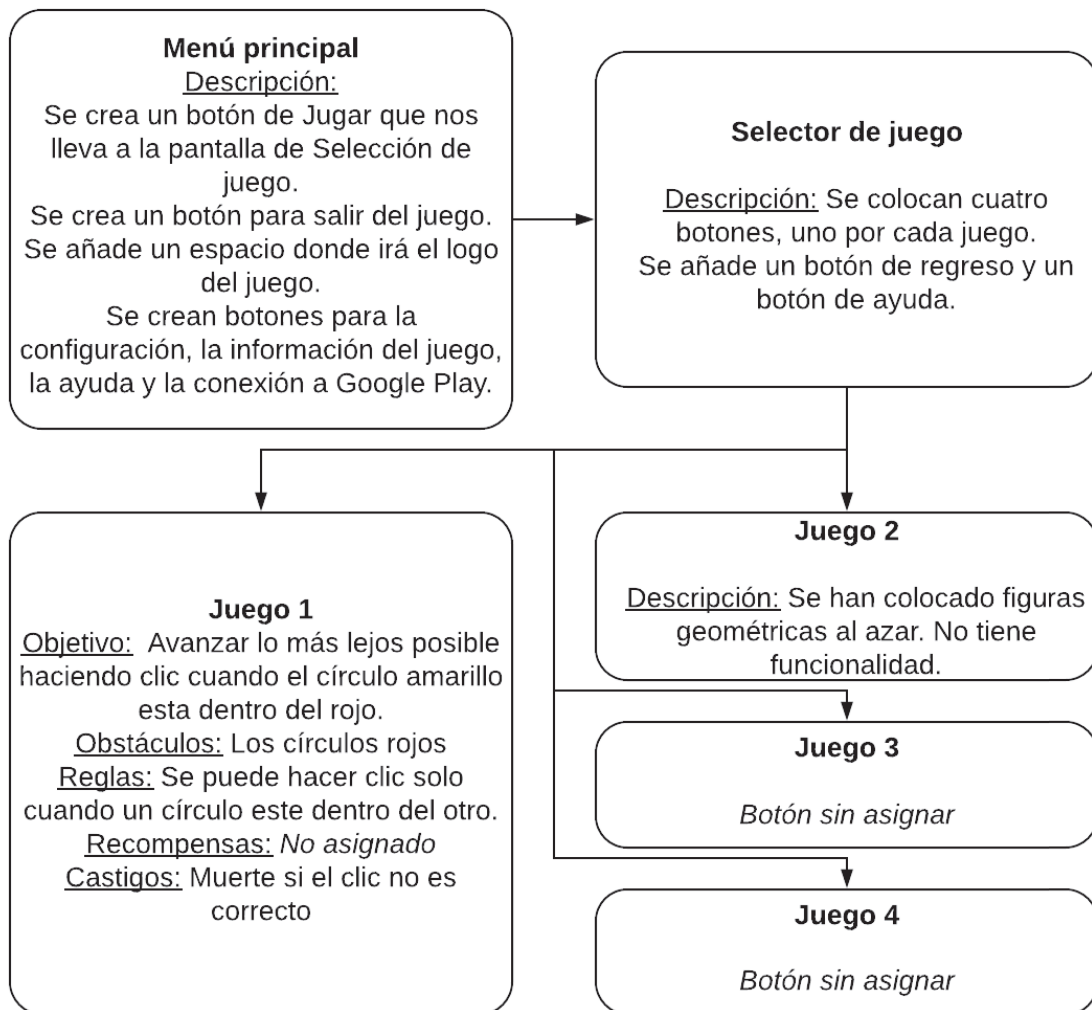


Figura 4 - Diagrama de flujo del escenario del prototipo 1

### 2.2.2.3 Descripción de los personajes

Ya que el usuario (niño) es el jugador y el único personaje, se lo describirá en la tabla de ejemplo dependiendo del juego

#### 2.2.2.3.1 Juego 1

Para el prototipo 1 se determinó la siguiente descripción del personaje en el juego 1:

<b>Edad</b>	<b>Edad del niño</b>
Raza / Nacionalidad	<i>Sin asignar</i>
Ocupación	<i>Sin asignar</i>
Habilidades	Controlar el círculo amarillo
Propósito	Mantener vivo el círculo la mayor cantidad de tiempo

*Tabla 5 - Descripción de los personajes del juego 1 en el prototipo 1*

#### 2.2.2.3.2 Juego 2

Para el prototipo 1 se determinó la siguiente descripción del personaje en el juego 2:

<b>Edad</b>	<b>Edad del niño</b>
Raza / Nacionalidad	<i>Sin asignar</i>
Ocupación	<i>Sin asignar</i>
Habilidades	<i>Sin asignar</i>
Propósito	<i>Sin asignar</i>

*Tabla 6 - Descripción de los personajes del juego 2 en el prototipo 1*

#### 2.2.2.4 Descripción de los niveles

Existen dos niveles o minijuegos dentro del videojuego serio, pero solo se desarrolló uno para este prototipo, en el juego 2 solo están incluidas figuras geométricas.

En el juego 1, el personaje (niño) debe esperar que el círculo amarillo este completamente circunscrito por el rojo y en ese instante hacer clic, para poder seguir con el juego.

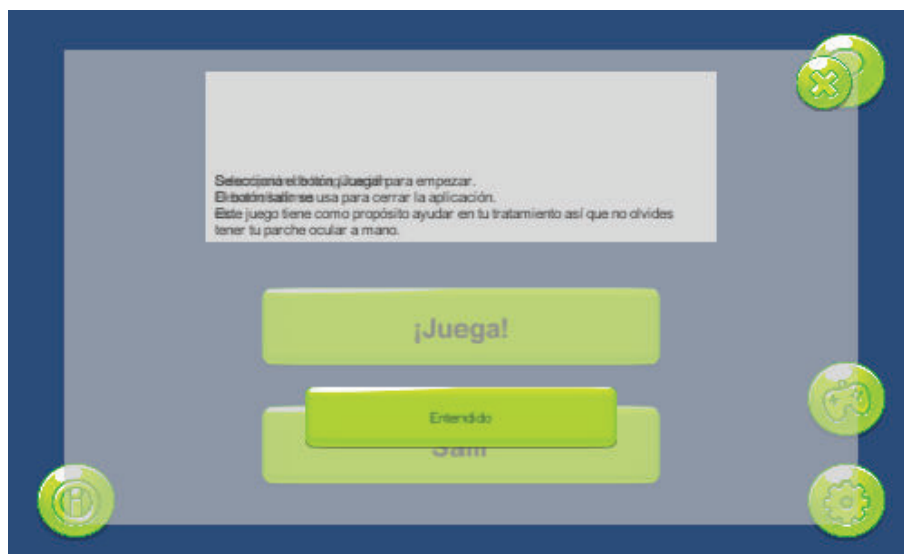
### 2.2.3 Desarrollo

En el desarrollo de la aplicación, tomando en cuenta los aspectos más importantes del diseño, se puso en práctica los objetivos pedagógicos que más se adecuan a nuestra



necesidad y se crearon interfaces básicas de manera que se pueda acceder a los juegos y se tenga una idea de la accesibilidad.

En la Figura 5 se puede apreciar la pantalla principal, con dos plugins insertados (uno de ayuda al usuario y otro de información general). Se ha colocado botones de guía, de configuración y de Google Play, sin funcionalidad incluida aún. Y se ha colocado un espacio para colocar posteriormente el logo de la aplicación.



*Figura 5 - Menú principal del prototipo 1*

Después de presionar el botón “¡Juega!” se abre otra escena que podemos ver en la Figura 6 donde se puede elegir entre cuatro juegos, solo uno de ellos ha sido desarrollado y en el otro se tiene una idea básica de que realizar, lista para su aprobación, y se han colocado iconos de muestra. También cuenta con un botón de ayuda al usuario y un botón para regresar al menú principal.



Figura 6 - Selector de juego del prototipo 1

Si en el menú principal se selecciona el “Juego 1” se podrá acceder al mismo, que se puede evidenciar en la Figura 7 donde el usuario es un círculo amarillo que debe hacer clic cuando este dentro completamente del círculo rojo.

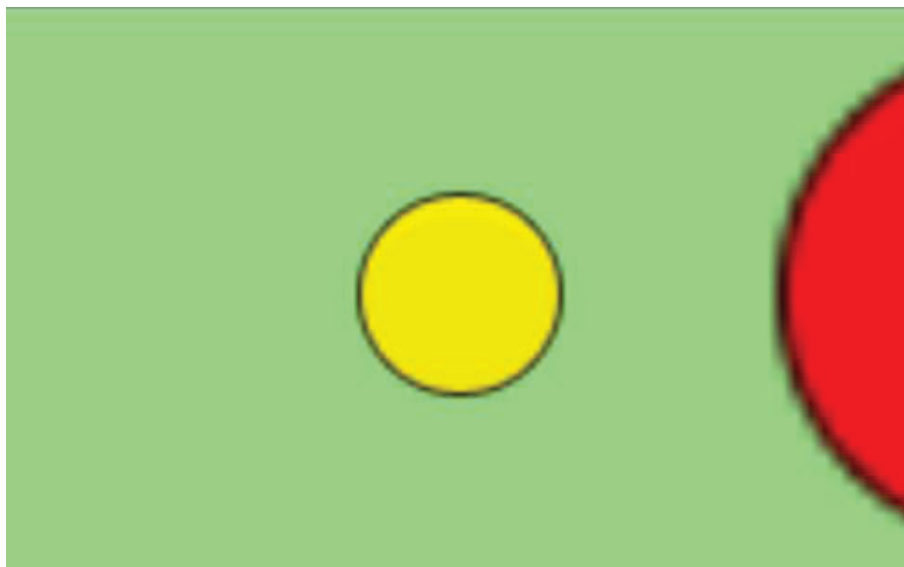


Figura 7 - Juego 1 del prototipo 1

Por otro lado, si el usuario selecciona el “Juego 2” se ira a un juego diferente donde la idea es que se muevan diferentes figuras y se seleccione la diferente. Esto se puede evidenciar en la Figura 8.

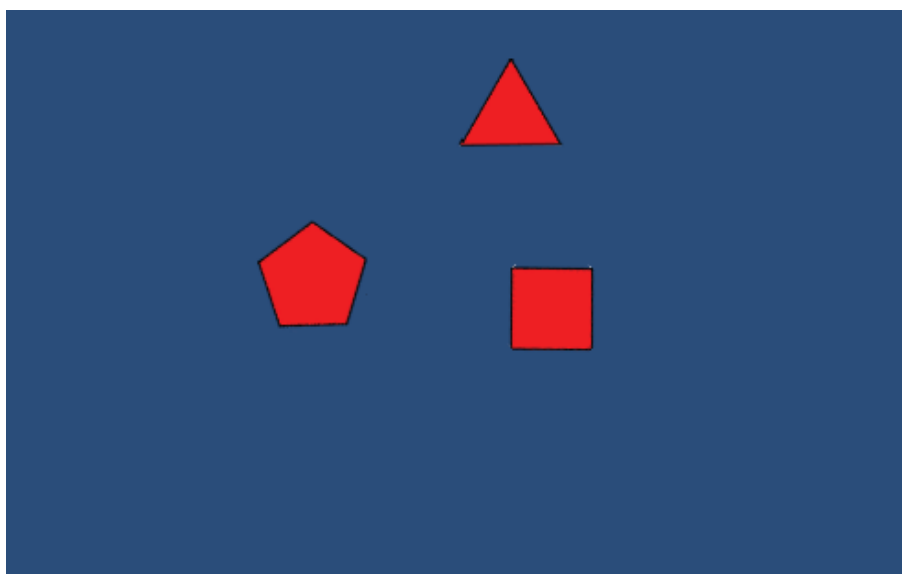


Figura 8 - Juego 2 del prototipo 1

## 2.2.4 Validación

Para la validación se hace el uso de una tabla que nos ayuda a comprender a qué nivel se han cumplido los principios pedagógicos y didácticos.

Objetivos	Estatus	Descripción
Uso de Multimedia interactiva	No cumplido	Es el primer prototipo, solo se muestra una idea básica del juego.
Flexibilidad y simplicidad	Cumplido	Se piensa en mostrar dos juegos, para edades diferentes.
Interfaz intuitiva	Cumplido	Se usa mensajes e instrucciones claras y puntuales.
Tolerancia a errores	No cumplido	Aún no se muestran pantallas en cuanto a la pérdida y los niveles están fáciles para poder hacer la validación.
Orientado a acciones	No cumplido en su totalidad	Existen botones sin funcionalidad
Dificultad incremental	No cumplido	La dificultad es lineal por el momento.

Se aprueba el avance.

Se recomienda mostrar un avance completo del juego 2, y aumentar puntajes y cosas un poco más dinámicas.

## **2.3 Prototipo dos**

El prototipo dos del juego implementa la jugabilidad por completo de los dos minijuegos y añade algunos detalles más a las pantallas.

### **2.3.1 Diseño**

#### 2.3.1.1 Desarrollo de la historia del juego

Se trabaja en dos minijuegos, uno para niños de menor edad y otro para niños más maduros.

##### 2.3.1.1.1 Juego 1

En este juego, diseñado para niños de corta edad, el niño deberá identificar cuando el círculo amarillo esté completamente dentro de los círculos rojos grandes que aparecen en la pantalla. Se muestra en puntaje que aumenta conforme el tiempo que el niño permanezca vivo.

##### 2.3.1.1.2 Juego 2

Este juego tiene como objetivo que se identifique la figura diferente a las demás, mientras se mueven aleatoriamente en la pantalla.

#### 2.3.1.2 Establecer el diagrama de flujo del escenario

Se ha diseñado un flujograma conforme a la funcionalidad del juego en este prototipo, se lo puede evidenciar en la Figura 9.

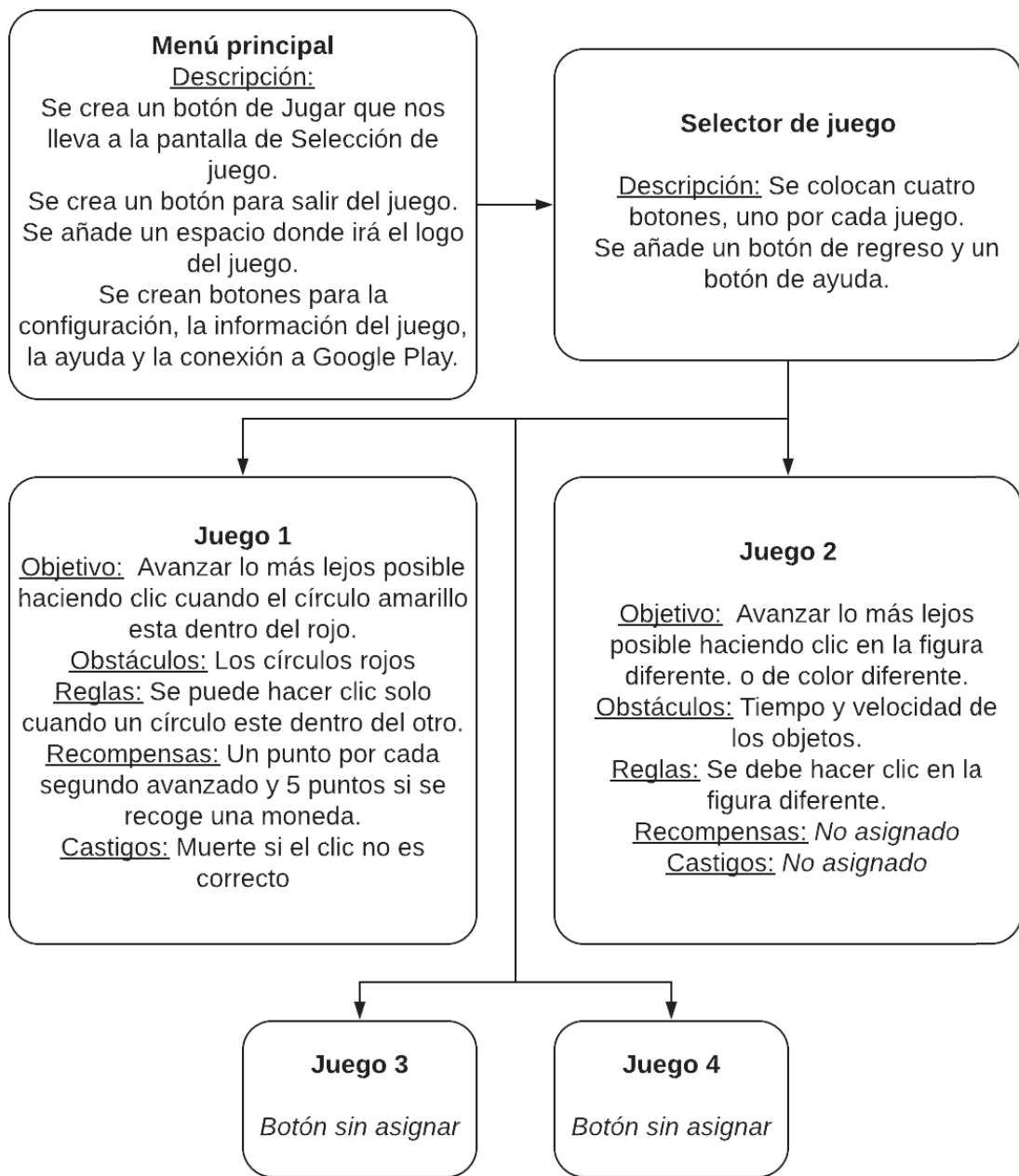


Figura 9 - Diagrama de flujo del prototipo 2

### 2.3.1.3 Descripción de los personajes

Ya que el usuario (niño) es el usuario y el único personaje, se lo describirá en la tabla de ejemplo dependiendo del juego. Se mantiene el personaje del prototipo anterior.

#### 2.3.1.3.1 Juego 1

<b>Edad</b>	<b>Edad del niño</b>
Raza / Nacionalidad	<i>Sin asignar</i>
Ocupación	<i>Sin asignar</i>
Habilidades	Controlar el círculo amarillo
Propósito	Mantener vivo el círculo la mayor cantidad de tiempo

*Tabla 7 - Descripción de los personajes del juego 1 en el prototipo 1*

#### 2.3.1.3.2 Juego 2

<b>Edad</b>	<b>Edad del niño</b>
Raza / Nacionalidad	<i>Sin asignar</i>
Ocupación	<i>Sin asignar</i>
Habilidades	Identificar la figura diferente
Propósito	<i>Sin asignar</i>

*Tabla 8 - Descripción de los personajes del juego 2 en el prototipo 1*

#### 2.3.1.4 Descripción de los niveles

Existen dos niveles o minijuegos dentro del videojuego serio, se los detallará a continuación:

##### 2.3.1.4.1 Juego 1

El personaje (niño) debe esperar que el círculo amarillo este completamente circunscrito por el rojo y en ese instante hacer clic en cualquier parte de la pantalla, para poder seguir con el juego. Además, por un extra en el puntaje se ha añadido una moneda que pueda el coger si prefiere.

##### 2.3.1.4.2 Juego 2

El niño debe diferenciar la figura que no es igual a las otras, puede haber diferencias de forma o de color, y hacer clic en la figura que no corresponde.

### 2.3.2 Desarrollo

Después del primer prototipo el desarrollo se centró en mejorar los juegos más que la interfaz, es por eso que en la Figura 10 y la Figura 11 permanece exactamente igual que el anterior prototipo.

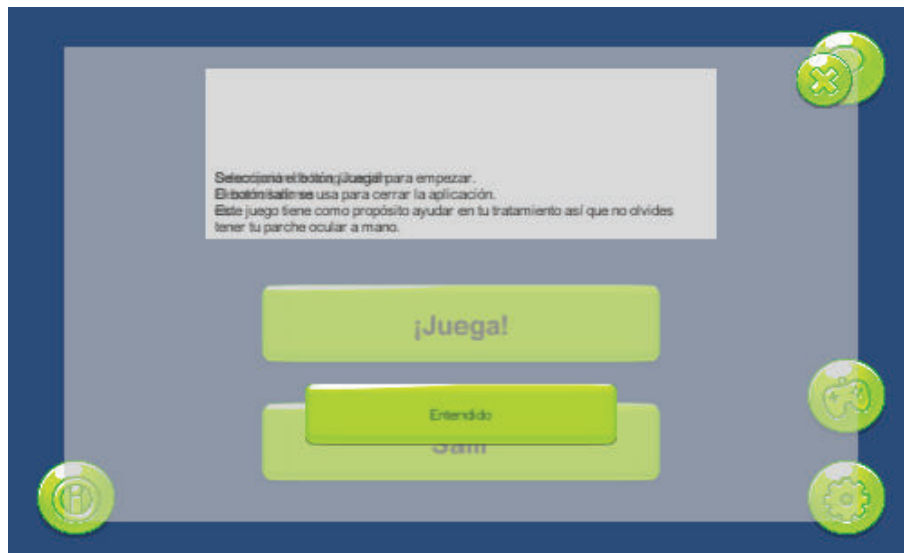


Figura 10 – Menú principal del prototipo 2



Figura 11 - Selector del juego del prototipo 2

En la Figura 12 se evidencia el trabajo de este prototipo, en el caso del “Juego 1” se mejoró la calidad de la imagen haciéndola proporcional al tamaño de las pantallas, se mejoró el algoritmo de precisión dentro del círculo, se aumentó un puntaje y un puntaje máximo.

También para mejorar la jugabilidad y la experiencia del usuario se aumenta una moneda como un extra al puntaje.

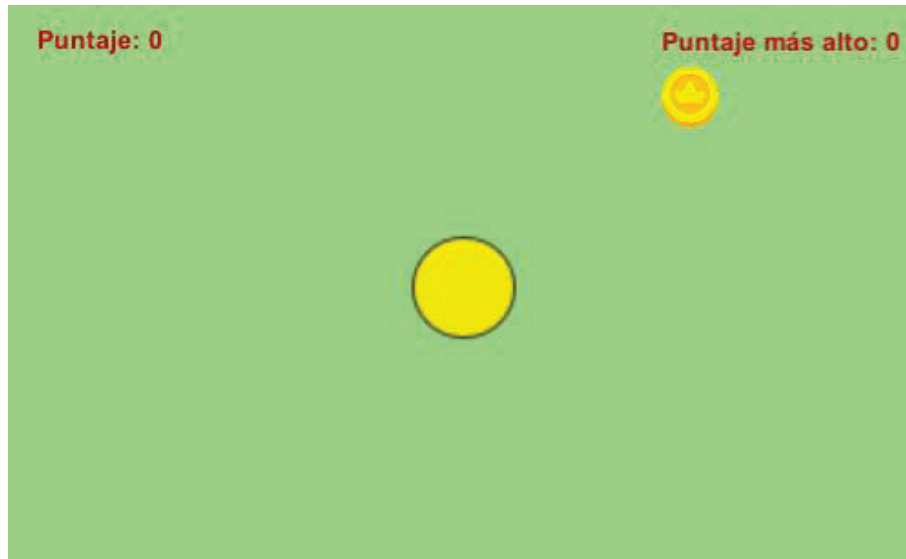


Figura 12 - Juego 1 del prototipo 2



Figura 13 – Juego 2 del prototipo 2

### 2.3.3 Validación

Para la validación se hace el uso de una tabla que nos ayuda a comprender a que nivel se han cumplido los principios didácticos y pedagógicos.



<b>Objetivos</b>	<b>Estatus</b>	<b>Descripción</b>
Uso de Multimedia interactiva	No cumplido	Se muestra el esqueleto del juego.
Flexibilidad y simplicidad	Cumplido	Se piensa en mostrar dos juegos, para edades diferentes.
Interfaz intuitiva	Cumplido	Se usa mensajes e instrucciones claras y puntuales.
Tolerancia a errores	No cumplido	Aún no se muestran pantallas en cuanto a la pérdida y los niveles están fáciles para poder hacer la validación.
Orientado a acciones	No cumplido en su totalidad	Existen botones sin funcionalidad
Dificultad incremental	No cumplido en su totalidad	En el juego 1 se ha aumentado la dificultad: conforme al tiempo aumenta la velocidad del jugador. En el juego 2 no se ha añadido dificultad.

Además, se pudo determinar que no es necesario hacer 4 juegos diferentes para desarrollar, ya que con los dos que se están mejorando se puede ocupar tranquilamente la población objetivo.

## **2.4 Prototipo tres**

El prototipo tres del juego elimina completamente la idea de hacer 4 juegos, debido a que con los dos se llega a la totalidad de niños que se pueden abarcar (3 a 12 años). También se incluye una pantalla de inicio para que el niño coloque su nombre y edad y pueda identificarse con un avatar. Se escoge la temática pirata de manera que los niños puedan sentirse bien al usar el parche. Se añaden imágenes y tipografía pirata.

## **2.4.1 Diseño**

### 2.4.1.1 Desarrollo de la historia del juego

Se trabaja en dos minijuegos, uno para niños de menor edad y otro para niños más maduros.

#### 2.4.1.1.1 Juego 1

En este juego, diseñado para niños de corta edad, el niño deberá identificar cuando el círculo amarillo esté completamente dentro de los círculos rojos grandes que aparecen en la pantalla. Se muestra en puntaje que aumenta conforme el tiempo que el niño permanezca vivo.

#### 2.4.1.1.2 Juego 2

Este juego tiene como objetivo que se identifique la figura diferente a las demás, mientras se mueven aleatoriamente en la pantalla. Se tiene un tiempo determinado para cumplir con cada nivel.

### 2.4.1.2 Establecer el diagrama de flujo del escenario

En la Figura 14 se puede identificar los cambios que ha tenido este prototipo.

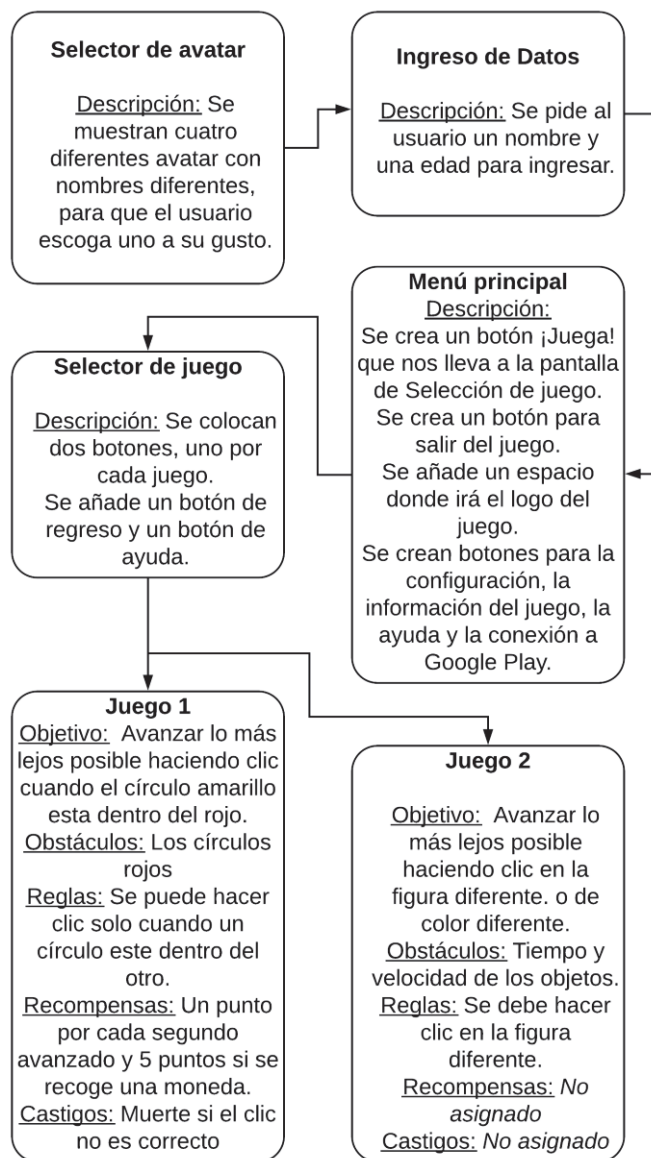


Figura 14 - Flujo del escenario del prototipo 3

### 2.4.1.3 Descripción de los personajes

Ya que el usuario (niño) es el usuario y el único personaje, se lo describirá en la tabla de ejemplo dependiendo del juego

#### 2.4.1.3.1 Juego 1

Edad	<i>Edad del niño</i>
Raza / Nacionalidad	<i>Sin asignar</i>
Ocupación	<i>Sin asignar</i>
Habilidades	Controlar el círculo amarillo
Propósito	Mantener vivo el círculo la mayor cantidad de tiempo

*Tabla 9 - Descripción de los personajes del juego 1 en el prototipo 1*

#### 2.4.1.3.2 Juego 2

Edad	<i>Edad del niño</i>
Raza / Nacionalidad	<i>Sin asignar</i>
Ocupación	<i>Sin asignar</i>
Habilidades	Identificar la figura diferente
Propósito	Seleccionar la figura diferente antes del tiempo determinado

*Tabla 10 - Descripción de los personajes del juego 2 en el prototipo 1*

#### 2.4.1.4 Descripción de los niveles

Existen dos niveles o minijuegos dentro del videojuego serio, se los detallará a continuación:

##### 2.4.1.4.1 Juego 1

El personaje (niño) debe esperar que el círculo amarillo este completamente circunscrito por el rojo y en ese instante hacer clic en cualquier parte de la pantalla, para poder seguir con el juego. Además, por un extra en el puntaje se ha añadido una moneda que pueda el coger si prefiere.

##### 2.4.1.4.2 Juego 2

El niño debe diferenciar la figura que no es igual a las otras, puede haber diferencias de forma o de color, y hacer clic en la figura que no corresponde antes de que el tiempo se acabe.

## 2.4.2 Desarrollo

Para este prototipo, se añadió un tema pirata de manera que el niño se sienta más atraído a jugar, con esto se decidió utilizar en algunos textos la tipografía "Primitive", que tiene un aspecto medieval, y con esto se consideró que la primera vez de ingresar al juego se haga una elección de un avatar de parte del usuario, así que esa es la primera pantalla de este prototipo que se la puede ver en la Figura 15.



Figura 15 - Pantalla de selección de avatar del prototipo 3

Después de escoger un pirata, en la Figura 16 se muestra que se consideró necesario pedirle al usuario ingrese su nombre y edad, para hacer más comfortable la experiencia del mismo.

La imagen muestra una pantalla de ingreso de datos con un fondo azul oscuro. El título "Ingresa tus datos" está escrito en una tipografía medieval blanca. Debajo del título, hay tres campos de entrada blancos: "Nombre", "Edad" y "¡Hecho!".

Figura 16 - Pantalla de ingreso de datos del prototipo 3

Como se puede mirar en la Figura 17, en la pantalla principal no se hicieron cambios significativos.



Figura 17 - Pantalla principal del prototipo 3

Por otro lado, se decidió completamente eliminar la idea de cuatro juegos y en la pantalla de selección de juegos y centrar la aplicación en dos juegos. Así se lo puede comprobar en la Figura 18.



Figura 18 - Selector de juegos del prototipo 3

En el juego 1, se cambia la tipografía y mejora el menú de pausa, que se lo puede ver en la Figura 19, y el menú de muerte.



Figura 19 - Juego 1 del prototipo 3

En el juego 2, se aumentan los menús de muerte y pausa y se agrega una barra de tiempo límite sin funcionalidad aún.

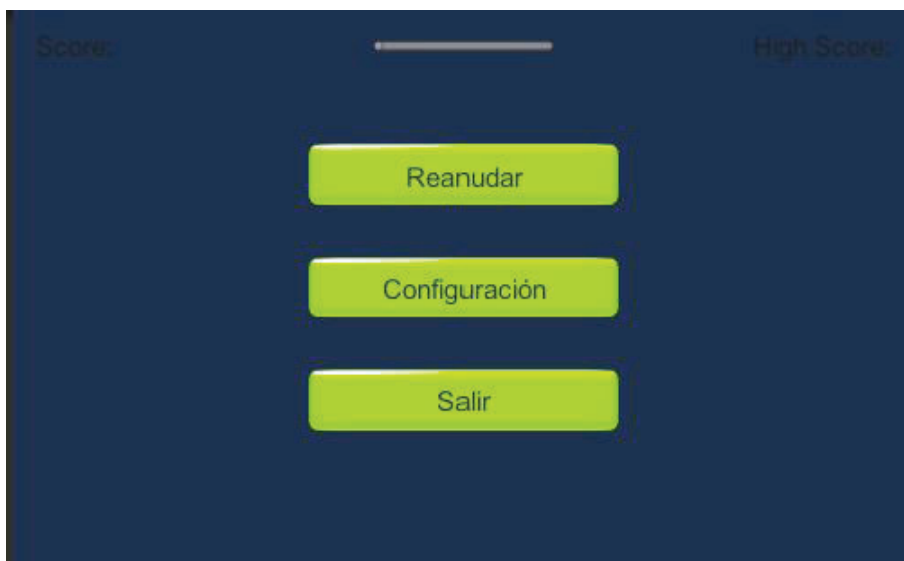


Figura 20 - Juego 2 del prototipo 3

### 2.4.3 Validación

Para la validación se hace el uso de una tabla que nos ayuda a comprender a que nivel se han cumplido los principios didácticos y pedagógicos.

<b>Objetivos</b>	<b>Estatus</b>	<b>Descripción</b>
Uso de Multimedia interactiva	No cumplido totalmente	Se añade un avatar con diferentes nombres y se pide el nombre y la edad del jugador. Se muestra el esqueleto del juego, con textos al pausar o terminarlo.
Flexibilidad y simplicidad	Cumplido	Se muestra dos juegos, para edades diferentes.
Interfaz intuitiva	Cumplido	Se usa mensajes e instrucciones claras y puntuales.
Tolerancia a errores	No cumplido totalmente	La dificultad ha incrementado, y existen mensajes de volver a jugar.
Orientado a acciones	No cumplido en su totalidad	Existen botones sin funcionalidad
Dificultad incremental	No cumplido en su totalidad	En el juego 1 se ha aumentado la dificultad: conforme al tiempo aumenta la velocidad del jugador. En el juego 2 no se ha añadido dificultad aún.

Al final de este prototipo se determina que es innecesario el pedir el nombre y la edad al niño, ya que en niños de pequeña edad puede causar molestias; pero, se determina claramente que la temática pirata tiene la suficiente aceptación para poder añadir imágenes al respecto.

## **2.5 Prototipo final**

El prototipo cuatro y final recoge las recomendaciones del tres y elimina las dos primeras escenas donde se escogía un avatar y los datos de la persona. Y para ya poder ponerlo en producción, se añade imágenes al estilo pirata mucho más atractivas para los usuarios.



## **2.5.1 Diseño**

### 2.5.1.1 Desarrollo de la historia del juego

Se trabaja en dos minijuegos, uno para niños de menor edad y otro para niños más maduros.

#### 2.5.1.1.1 Juego 1

En este juego, diseñado para niños de corta edad, el niño deberá identificar cuando la moneda esté completamente dentro de la ventana pirata que aparecen en la pantalla. Se muestra en puntaje que aumenta conforme el tiempo que el niño permanezca vivo y hay diamantes que el niño puede escoger para aumentar su puntaje.

#### 2.5.1.1.2 Juego 2

Este juego tiene como objetivo que se identifique la figura diferente a las demás, mientras se mueven aleatoriamente en la pantalla. Se tiene un tiempo determinado para cumplir con cada nivel.

2.5.1.2 Establecer el diagrama de flujo del escenario

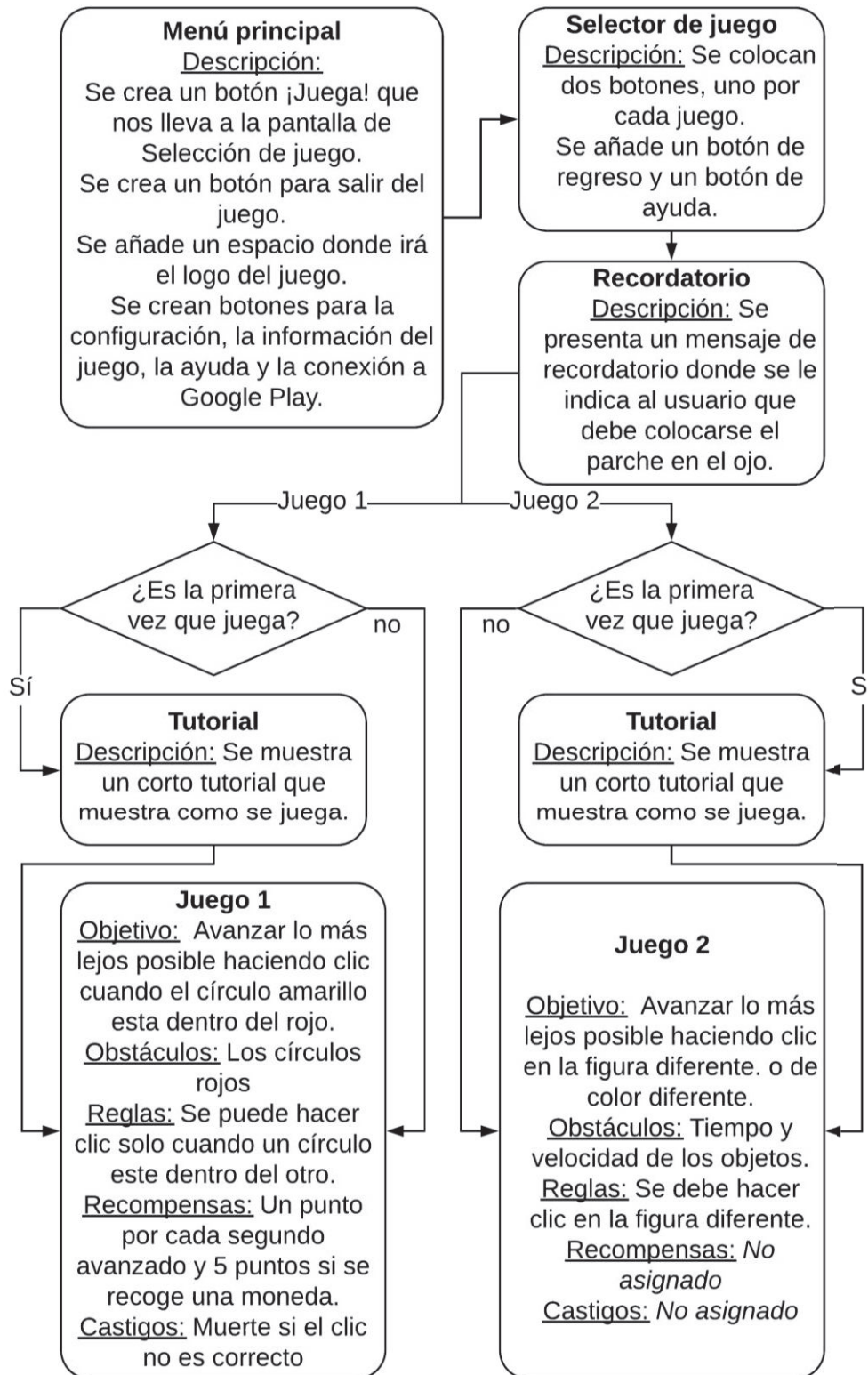


Figura 21 - Diagrama de flujo de prototipo 4

### 2.5.1.3 Descripción de los personajes

Ya que el usuario (niño) es el usuario y el único personaje, se lo describirá en la tabla de ejemplo dependiendo del juego

#### 2.5.1.3.1 Juego 1

<b>Edad</b>	<i>Edad del niño</i>
<b>Raza / Nacionalidad</b>	<i>Indefinida</i>
<b>Ocupación</b>	Pirata
<b>Habilidades</b>	Recoger monedas
<b>Propósito</b>	Mantenerse vivo cogiendo monedas la mayor cantidad de tiempo.

*Tabla 11 - Descripción de los personajes del juego 1 en el prototipo 1*

#### 2.5.1.3.2 Juego 2

<b>Edad</b>	<i>Edad del niño</i>
<b>Raza / Nacionalidad</b>	<i>Indefinida</i>
<b>Ocupación</b>	Pirata
<b>Habilidades</b>	Identificar la figura diferente
<b>Propósito</b>	Seleccionar la figura diferente antes del tiempo determinado

*Tabla 12 - Descripción de los personajes del juego 2 en el prototipo 1*

### 2.5.1.4 Descripción de los niveles

Existen dos niveles o minijuegos dentro del videojuego serio, se los detallará a continuación:

#### 2.5.1.4.1 Juego 1

El personaje (niño) debe esperar que la moneda este completamente dentro de la ventana del barco y en ese instante hacer clic en cualquier parte de la pantalla, para poder seguir con el juego. Además, por un extra en el puntaje se ha un diamante que puede coger si prefiere.

#### 2.5.1.4.2 Juego 2

El niño debe diferenciar la figura que no es igual a las otras, puede haber diferencias de forma o de color, y hacer clic en la figura que no corresponde antes de que el tiempo se acabe.

### 2.5.2 Desarrollo

Para este prototipo, se añadieron las imágenes finales del juego, creándose un isotipo (Figura 22) y un imagotipo (Figura 23), y se pulieron detalles menores que los vamos a ver detallados en las siguientes capturas. Se bautizo el juego como “AmblioAventura Pirata”.



Figura 22 - Isotipo AmblioAventura Pirata



Figura 23 - Imagotipo AmblioAventura Pirata

Se añadió el isotipo en el Splash Screen, es decir, justo después del logo de Unity, y se lo muestra al iniciar el juego. Posterior a eso se inicia el juego con la pantalla inicial, donde se puede ver el menú principal (Figura 25).

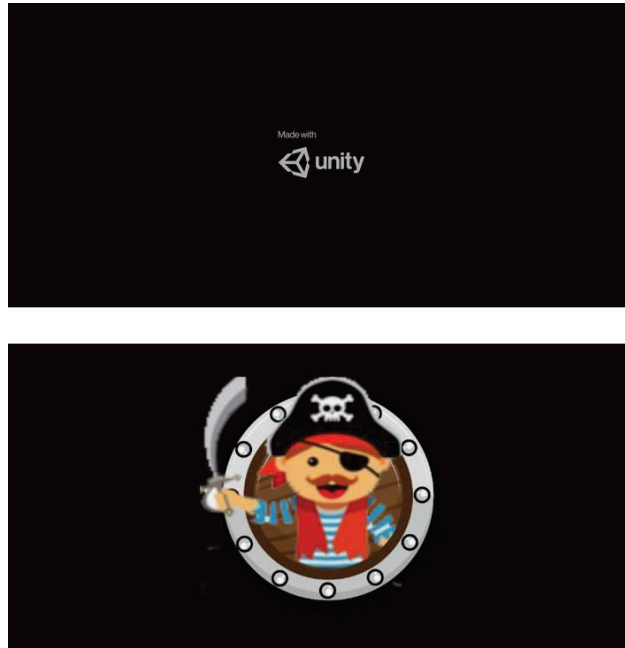


Figura 24 – Splash Screen



Figura 25 - Pantalla principal del prototipo 4

En la pantalla principal, tenemos algunos detalles importantes añadidos. El primero es la imagen de fondo de una playa con detalles infantiles, que van a hacer sentir al niño

cómodo, en un ambiente agradable para ellos. Se añadió el imagotipo en la parte superior de la pantalla. Se cuenta con los dos siguientes botones:

1. Botón “¡Juega!”
2. Botón Salir
3. Botón Ayuda
4. Botón de conexión de Google Play Games
5. Botón de marcadores de Google Play Games
6. Botón de logros de Google Play Games
7. Botón de configuración
8. Botón de información

En las siguientes capturas se detallará más información de las acciones que estos botones realizan al ser presionados.



Figura 26 - Detalle pantalla principal de prototipo 4

En el caso que el usuario presione el botón Salir, aparecerá un pop up de confirmación de salida:



Figura 27 – Confirmación de salida del juego del prototipo 4

En el botón ayuda, se muestra un cuadro donde se presenta al usuario información básica sobre el videojuego, y un pequeño recordatorio sobre el uso del parche.

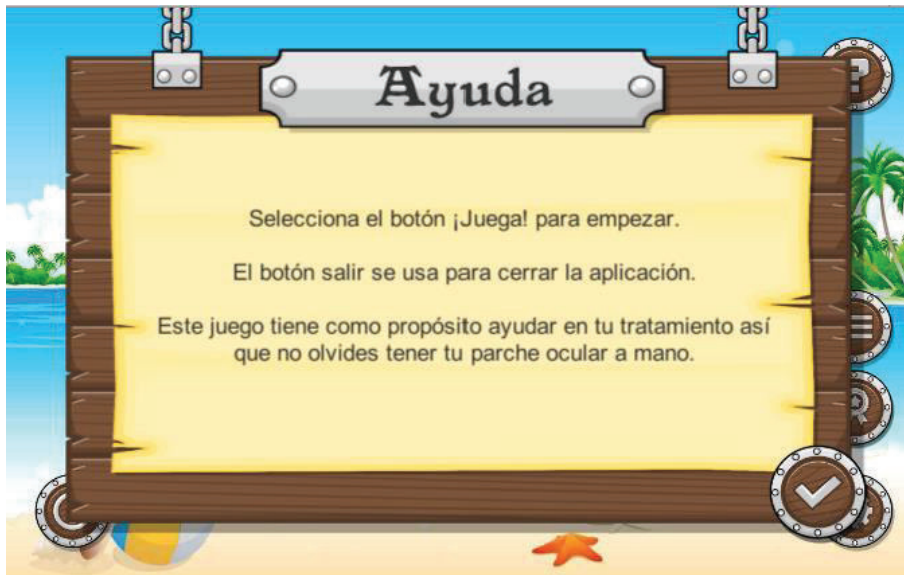


Figura 28 - Ayuda del menú principal del prototipo 4

El botón información muestra la razón de creación del juego y los nombres de los desarrolladores.

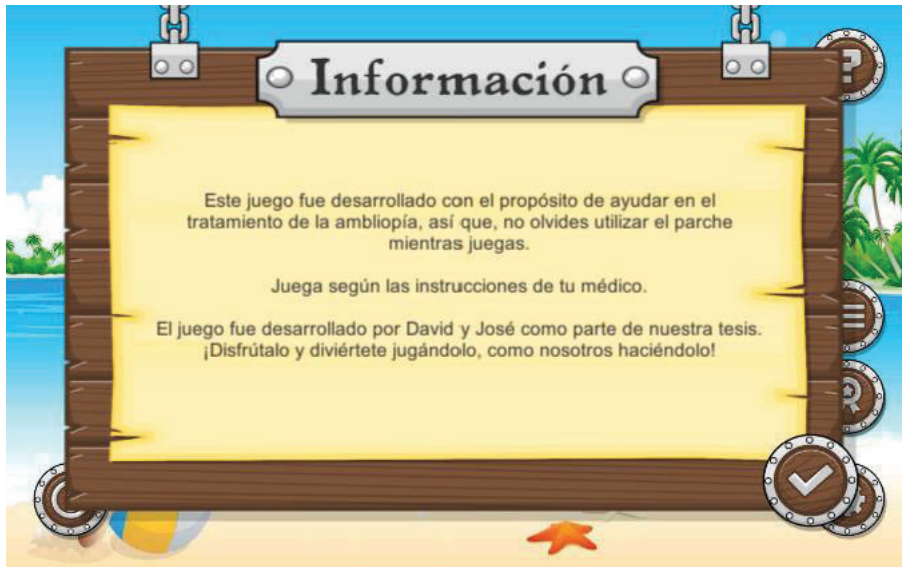


Figura 29 - Información del menú principal del prototipo 4

En el caso de ser la primera vez de uso del juego, o que no se haya conectado a Google Play Games, al hacer clic en el icono correspondiente, se procede a conectar con la entidad de Google que administra los juegos.



Figura 30 - Conexión a Google Play Games

En el caso de ya haber iniciado sesión en Google Play Games, se muestran dos iconos diferentes, uno que muestra la lista de clasificación y en otro, los logros.



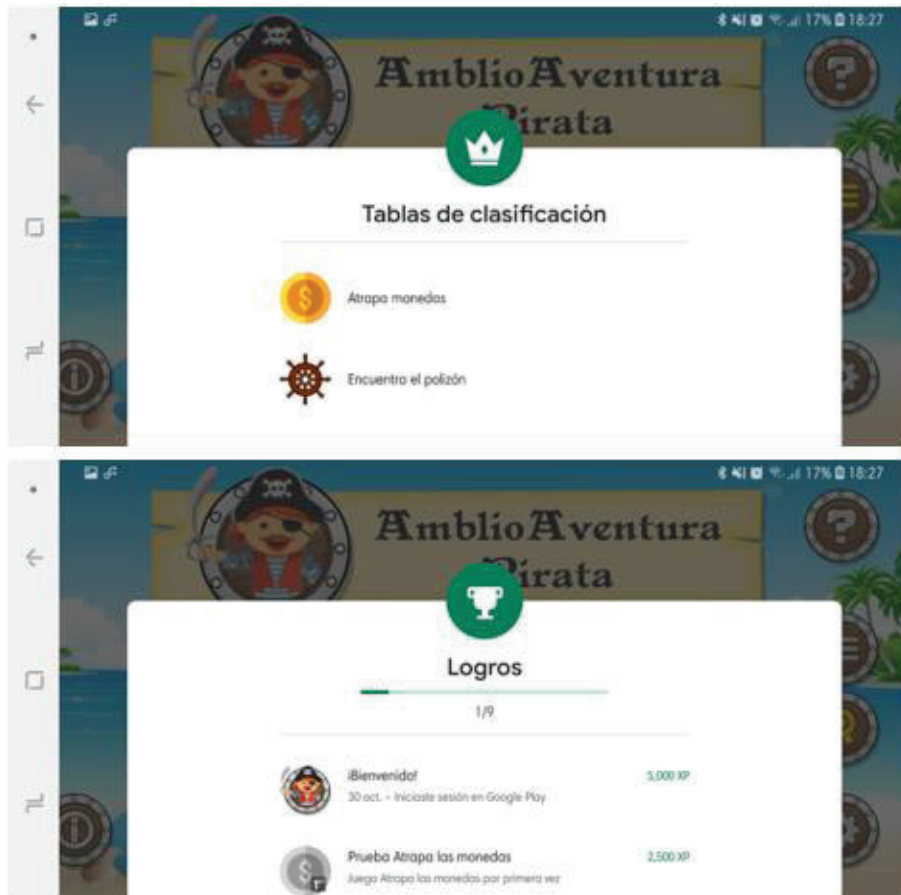


Figura 31 - Tablas de clasificación y logros de Google Play Games

En el menú de configuración también hay dos opciones, dependiendo si se haya iniciado sesión o no, muestra un icono para cerrar sesión y uno para iniciarlo, respectivamente. También se muestran iconos para apagar la música y el sonido del juego.



Figura 32 – Menú de configuración de juego

Apretando el botón principal (“¡Juega!”), se lleva a la pantalla de selección de juego.



Figura 33 – Selector de juego de prototipo 4

En esta pantalla el usuario debe escoger entre los dos juegos a disposición: “Atrapa las monedas” de nivel fácil, y “Encuentra el diferente”.

También cuenta con un botón de información donde se muestra para que población está diseñado cada juego.

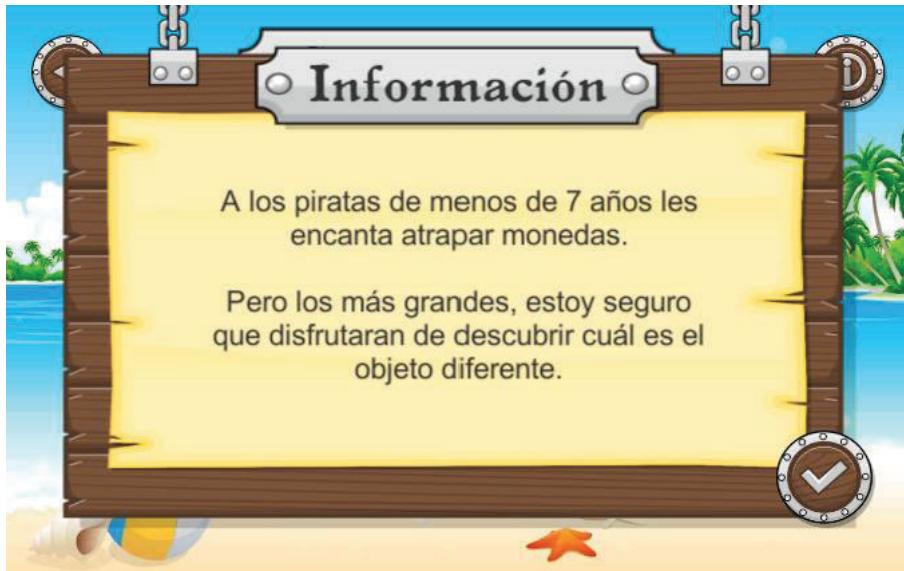


Figura 34 – Información del selector de juegos

Teniendo claro que la premisa del juego es usarlo con un parche, se creó un recordatorio antes de cada juego para que usen el parche. Se hace énfasis en esto aplicando la tipografía medieval.



Figura 35 - Recordatorio de usar parche del selector de juegos

En el caso de escoger el Juego 1: “Atrapa las monedas”, el juego comienza con un pequeño tutorial donde se explican los tres puntos importantes del juego.

- Se debe tocar la pantalla cuando la moneda este dentro de la ventana
- Si aparece un diamante puedo cogerlo al tocarlo
- Mientras voy avanzando más rápido se hará el juego y más pequeñas las ventanas.



Figura 36 - Tutorial del juego 1



Figura 37 - Juego 1 del prototipo 4

En el caso de que se quiera pausar el juego, presionando la tecla atrás del teléfono móvil se accede al menú de pausa, donde se pide continuar o salir del juego.

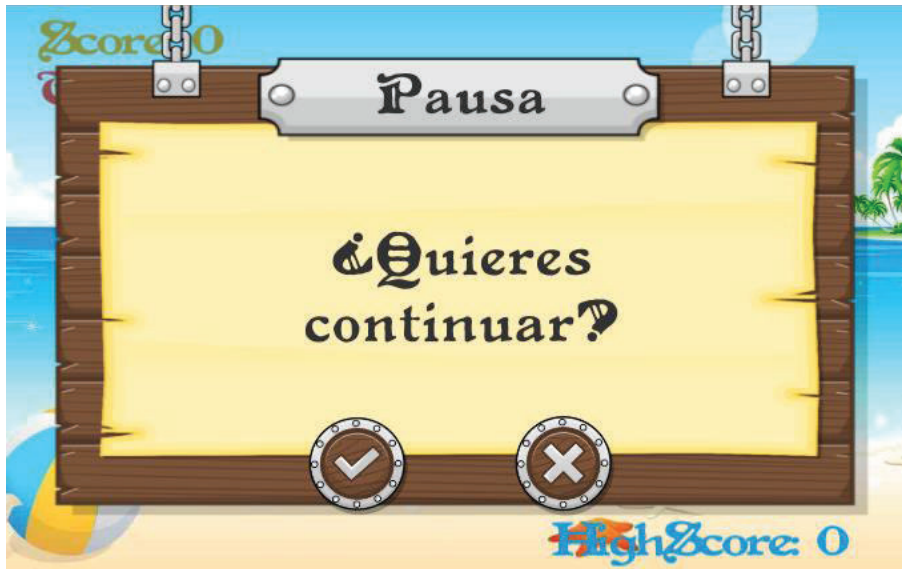


Figura 38 - Menú de pausa del juego 1 del prototipo 4

En el caso de morir, sea por haber tocado la pantalla cuando la moneda no estaba dentro de la ventana, o por no haber alcanzado a tocar cuando la moneda ya pasó por la ventana; se muestra un menú donde se incentiva a volver a jugar al niño.

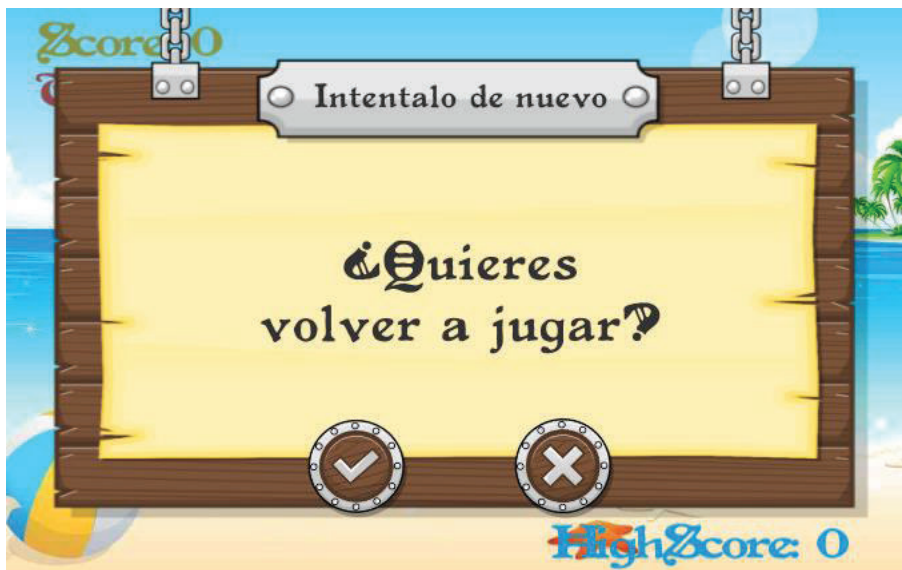


Figura 39 - Menú de fin de juego del juego 1 del prototipo 4

En el caso de acceder al Juego 2: “Encuentra el diferente”, el juego comienza directamente, donde se nota claramente que se debe presionar la figura diferente. Como se muestra a continuación:

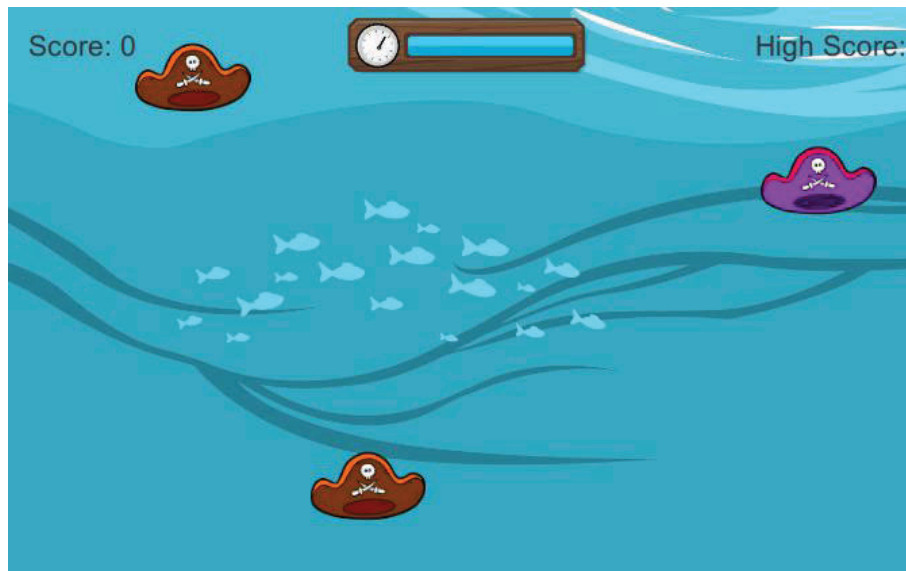


Figura 40 - Juego 1 del prototipo 4

Con el botón del teléfono de “Atrás” puede uno acceder al menú de pausa, donde el usuario escoge continuar o salir del juego.

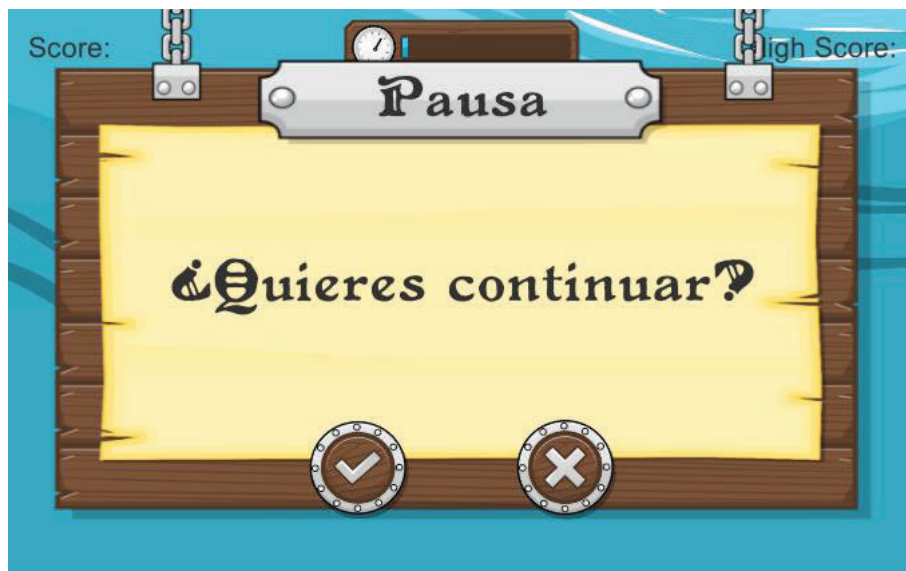


Figura 41 - Menú de pausa del juego 2 del prototipo 4

En el caso de no cumplir con el tiempo requerido, se muestra un mensaje al usuario, y se le incentiva a volver a jugar.

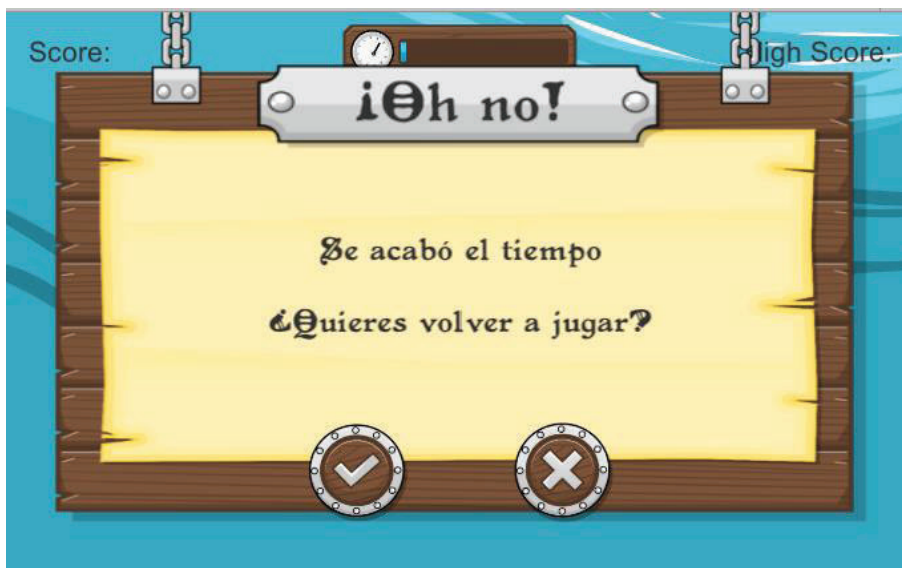


Figura 42 - Menú de fin de juego del juego 2 del prototipo 4

En el Anexo 2 se encuentra detallado el código fuente desarrollado.

### 2.5.3 Validación

Para la validación se hace el uso de una tabla que nos ayuda a comprender a que nivel se han cumplido los principios didácticos y pedagógicos.

Objetivos	Estatus	Descripción
Uso de Multimedia interactiva	Cumplido	Se añade todas las imágenes necesarias para hacerla atractiva a los niños.
Flexibilidad y simplicidad	Cumplido	Se muestra dos juegos, para edades diferentes.
Interfaz intuitiva	Cumplido	Se usa mensajes e instrucciones claras y puntuales.
Tolerancia a errores	Cumplido	La dificultad ha incrementado, y existen mensajes de volver a jugar.

Orientado a acciones	Cumplido	Todos los botones cumplen la función para la que fueron creados y el usuario tiene el control sobre ellos.
Dificultad incremental	Cumplido	En el juego 1 se ha aumentado la dificultad: conforme al tiempo aumenta la velocidad del jugador. En el juego 2, conforme se avanza aumenta la velocidad de movimiento y la cantidad de objetos; por otro lado, disminuye el tiempo necesario y el tamaño de los objetos.

Al final de este prototipo se puede cumplir con éxito todos los objetivos pedagógicos. Se piden cambios menores en tipografía y corrección de errores mínimos.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este videojuego se evalúa con cuatro características:

- i. disponibilidad,
- ii. rendimiento,
- iii. accesibilidad, y
- iv. encuesta de aceptación.

Se ha evaluado la disponibilidad del video juego en teléfonos de media y alta gamma. En cuanto a rendimiento, se muestran los requerimientos de hardware necesarios para su adecuada ejecución. Finalmente, con la encuesta a oftalmólogos expertos, que participaron en el desarrollo y otros que no participaron en dicho proceso, recogemos su conformidad respecto a la utilidad de los videojuegos y su importante retroalimentación para futuros trabajos.



### 3.1 Disponibilidad

El juego está desarrollado para dispositivos móviles con sistema operativo Android 4.1 Jellybean (nivel de API 16), lo cual lo hace compatible con 10203 dispositivos hasta la publicación de este documento [60], según se detalla en el *Anexo 3*.

AmblioAventura Pirata no requiere de una conexión a internet para su ejecución, aunque sí para su instalación, por lo que, la totalidad de los dispositivos compatibles que logren conexión a internet para su descarga, pueden disponer del aplicativo.

### 3.2 Rendimiento

Se realizaron pruebas automáticas que consisten en emular toques en dispositivos virtuales que simulan a dispositivos reales, durante la ejecución del juego.

Los dispositivos en los que se realizaron pruebas son:

- Huawei Mate 9 (CPU: Kirin 960, RAM: 4GB, SO: Android 7.0)
- LG G6 (CPU: Qualcomm MSM8996, RAM: 4GB, SO: Android 7.0)
- Google Pixel 2 (CPU: Qualcomm MSM8998, RAM: 4GB, SO: Android 8.1)
- Google Pixel (CPU: Qualcomm MSM8996, RAM: 4GB, SO: Android 8.0)
- Motorola Moto G4 Play (CPU: Qualcomm MSM8916, RAM: 2GB, SO: Android 6.0)
- Google Pixel 2 (CPU: Qualcomm SMS8998, RAM: 4GB, SO: Android 9.0)
- Samsung Galaxy S9 (CPU: Qualcomm SDM845, RAM: 4GB, SO: Android 8.0)
- Samsung Galaxy J7 2016 (CPU: Exynos 7870, RAM: 2GB, SO: Android 6.0)
- Huawei P8 Lite (CPU: Hi6220, RAM: 2GB, SO: Android 5.0)
- LGE K3 2017 (CPU: Qualcomm MSM8909, RAM: 1GB, SO: Android 6.0)
- Samsung Galaxy J1 Ace (CPU: SC9830I, RAM: 1GB, SO: Android 5.1)
- Sony Xperia XZ1 Compact (CPU: MSM8998, RAM: 4GB, SO: Android 8.0)

El rendimiento se analizó en fotogramas por segundo, uso de CPU, bytes enviados a la red, bytes recibidos de la red, uso de memoria.

### 3.2.1 Registro de fotogramas por segundo

Los fotogramas por segundo son una métrica de la tasa de refresco de las imágenes (fotogramas) que representa la rapidez con la que se actualizan las imágenes mostradas en la pantalla. Aunque la medida estándar de fotogramas por segundo (fps) para el cine es 24 [61], para ofrecer una experiencia de juego ideal, se sugiere al menos 30 fps, siendo lo más recomendable 60 fps [62].

A continuación, se muestran las métricas a los dispositivos con mejor y peor rendimiento en este indicador:

Mejor resultado (Google Pixel 2)



Figura 43 - Fotogramas por segundo Google Pixel 2

Peor resultado (Huawei P8 lite)



Figura 44 - Fotogramas por segundo Huawei P8 lite

De las pruebas realizadas, tanto en la Figura 43 como en la Figura 44, se observa que existe una caída en la tasa de fotogramas por segundo durante los primeros momentos de ejecución, esto se produce durante la muestra de imágenes estáticas, como por ejemplo el menú principal. La diferencia existente en fotogramas por segundo entre el Google Pixel 2 (60 fps en promedio) y el Huawei P8 lite (22 fps en promedio) se debe a su diferencia en especificaciones, siendo el Pixel 2, muy superior en rendimiento general. La relación de fotogramas mostrados por segundo durante la ejecución del juego se mantiene relativamente constante luego del periodo de arranque del juego, lo cual permite una jugabilidad sin pérdida de la inmersión.

### 3.2.2 Uso de CPU

El uso de CPU representa la cantidad de tiempo que la unidad central de procesamiento del dispositivo fue usada para ejecutar las instrucciones del programa [63]. Generalmente,

se representa como el porcentaje de la capacidad de procesamiento del CPU. Un uso de CPU mayor al 70% podría derivar en una pobre experiencia de usuario, que podría incluir retrasos en la presentación de información, el movimiento de imágenes o variaciones en tiempo de respuesta, pudiendo provocar un cierre abrupto del programa o incluso, apagado completo del sistema para evitar el daño de los componentes de hardware por sobrecalentamiento.

El mejor y el peor resultado del indicador se muestran a continuación:

#### Mejor resultado (Google Pixel 2)



*Figura 45 – Uso de CPU Google Pixel 2*

#### Peor resultado (Samsung Galaxy J1 Ace)



*Figura 46 – Uso de CPU Samsung Galaxy J1 Ace*

En la Figura 45 y Figura 46 se puede observar un patrón bastante similar que, aunque muestra una gráfica con múltiples picos, mantiene una tendencia lineal sin que el uso de CPU incremente o disminuya con la realización de cierta actividad, por lo que se puede asumir que, durante el uso de la aplicación, el uso de CPU se mantendrá constante. Para el dispositivo de Google, el uso de CPU se mantiene en un promedio de 4.25%, mientras que, para el Galaxy J1 Ace, el rendimiento promedio es de 15.68%. Esta diferencia se debe sobre todo a la diferencia en la capacidad absoluta del CPU, en la que destaca por amplio margen el Google Pixel 2. Incluso en el peor resultado, el uso de CPU se mantiene dentro de un rango bajo, lo cual permitiría una experiencia de juego fluida en este aspecto, sin cierres inesperados de la aplicación y con la menor cantidad de aplicaciones en segundo plano afectadas.

### 3.2.3 Uso de red

Esta métrica indica el uso de red (internet) enviado y recibido durante la ejecución del videojuego en Bytes por segundo.

A continuación, se muestra el uso de red promedio de las ejecuciones de la aplicación en los dispositivos probados.

Red enviada



Figura 47 - Red enviada en promedio en los dispositivos probados

Red recibida



Figura 48 - Red recibida en promedio en los dispositivos probados

Tanto en la Figura 47, como en la Figura 48, se puede evidenciar que existe una interacción de red en los primeros segundos de ejecución. Esto se produce debido a que las aplicaciones Android, realizan una comprobación de las firmas en línea (cuando la red está disponible). Fuera de esto, la aplicación es completamente capaz de funcionar fuera de línea, a excepción del uso de los servicios de Google Play Games para otorgar logros y llevar puntuaciones.

### 3.2.4 Memoria

La memoria principal (generalmente conocida como memoria RAM) es el espacio donde se almacenan la información utilizada por los procesos que se están ejecutando en el sistema operativo. En los dispositivos móviles, la memoria RAM es, generalmente, muy limitada, por lo que se busca que las aplicaciones consuman la menor cantidad de memoria durante su ejecución.

A continuación, se presentan las gráficas de uso de memoria RAM para el mejor y el peor resultado de las ejecuciones en los dispositivos probados.

Mejor resultado (Samsung Galaxy J1 Ace)



Figura 49 - Uso de memoria en el Samsung Galaxy J1 Ace

Peor resultado (Samsung Galaxy S9)

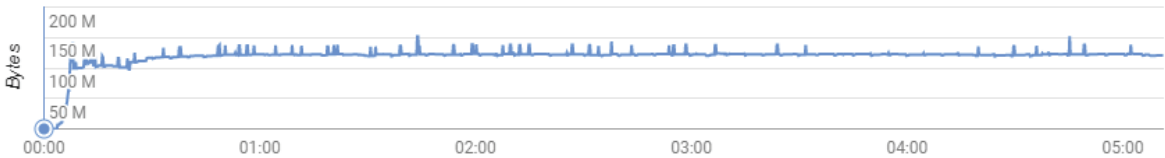


Figura 50 - Uso de memoria en el Samsung Galaxy S9

A diferencia de las métricas pasadas, podemos observar que un dispositivo de gama baja presenta el menor valor del indicador, esto es evidenciable en la Figura 49. Del mismo modo, se puede observar en la Figura 50 que el mayor uso de memoria se dio en uno de los dispositivos más avanzados de la lista de pruebas. Esto responde al manejo de memoria que utiliza el sistema operativo Android. Donde, mientras mayor sea la cantidad de memoria del dispositivo, mayor es la cantidad de memoria que se asigna a cada aplicación que se ejecuta.

### 3.2.5 Resumen

Los resultados para todos los dispositivos en las pruebas realizadas se muestran en la Tabla 13.

Modelo del dispositivo	Uso de CPU promedio (porcentaje)	Red enviada (bytes/s)	Red recibida (bytes/s)	Memoria promedio (KB)	Tiempo de inicio (ms)
Mate 9	6.55	0	0	99.339	208
LG G6	7.05	282	429	150.031	457
Pixel 2 (API 27)	6.43	0	0	101.678	132
Pixel	8.89	30	56	168.074	177
Moto G4 Play	15.44	42	40	107.776	700

Pixel 2 (API 28)	4.25	35	29	205.142	157
Galaxy S9	4.89	35	67	232.345	226
Galaxy J7	9.78	22	53	96.465	349
P8 Lite	6.12	38	50	75.174	992
K3 2017	15.53	24	48	142.609	1.3K
Galaxy J1	15.68	28	41	60.310	817
Xperia XZ1 Compact	6.19	0	0	74.481	121

Tabla 13 - Resumen de indicadores de rendimiento en dispositivos probados

### 3.3 Accesibilidad

Google Play Console provee una suite de pruebas de accesibilidad que ejecuta sobre las aplicaciones y juegos que se cargan a la plataforma con el fin de asegurar que el producto que llegue a los dispositivos con Android sea de la mejor calidad [64]. La plataforma realiza pruebas automáticas de accesibilidad tomando en cuenta las siguientes áreas:

- i. Etiquetas de contenido
- ii. Tamaño del objetivo táctil
- iii. Contraste bajo
- iv. Implementación

Estas pruebas también se pueden realizar a través de la aplicación Pruebas de Accesibilidad [65], pero se obtienen los mismos resultados que con las pruebas automáticas.

A continuación, analizaremos los resultados de las pruebas automáticas.

#### 3.3.1 Etiquetas de contenido

Generalmente, los controles de la interfaz de usuario dependen de elementos visuales para identificarlos y describir su significado y uso. Esto podría ser un impedimento para usuarios con problemas de visión.

Los lectores de pantalla leen las etiquetas de contenido para facilitar el acceso a los controles de la interfaz de usuario.

Las pruebas de accesibilidad buscan las siguientes oportunidades para mejorar las etiquetas de contenido [66]:

### 3.3.1.1 Falta de etiquetas de elemento

Revisa que los elementos relevantes tengan etiquetas de contenido que puedan ser leídas con Google TalkBack.

### 3.3.1.2 Elementos con etiquetas de tipo o estado

Identifica los elementos que tienen una descripción redundante, por ejemplo, un botón con etiqueta “botón”.

### 3.3.1.3 Descripciones de elementos duplicadas

Encuentra los elementos con descripciones duplicadas dentro de la misma jerarquía de elementos.

En esta área, Pruebas de accesibilidad encontró dos fallas en AmblioAventura Pirata:



Figura 51 - Resultados de revisión de Etiquetas de contenido

Las advertencias se refieren a la falta de etiquetas de contenido en los fondos de los escenarios, como el gráfico de playa y el de océano. Unity omite las etiquetas de fondos debido a que no aportan ningún contenido a la experiencia del usuario y podrían ser distractores.

En el resto de las revisiones de esta área no se reportaron observaciones.

### 3.3.2 Tamaño del objetivo táctil

Esta área busca elementos táctiles pequeños que puedan ser difíciles de utilizar para usuarios con dificultades motrices.

Identifica que los elementos a los que se les pueda hacer *clic* y los que puedan mantener presionados con un tamaño menor a 48 dp (píxeles relativos a la pantalla), o que se encuentran en ventanas de métodos de entrada o bordes de pantalla.

Pruebas de accesibilidad no encontró ningún problema en AmblioAventura Pirata para esta área.

### 3.3.3 Contraste bajo

Pruebas de accesibilidad sugiere mejoras en la relación de color y contraste, de modo que se facilite el acceso a usuarios con problemas de visión.

Identifica texto o imágenes con relación de contraste menor a 3.0 entre el color del texto y la imagen o color de fondo; o entre los colores del primer y segundo plano.

No se encontraron problemas de contraste durante las pruebas al juego.

### 3.3.4 Implementación

Test de accesibilidad revisa las jerarquías de *Views* y detecta las instancias en las que los usuarios con dificultades motoras podrían tener problemas para interactuar con un diseño [66].

#### 3.3.4.1 Vínculos en los que se puede hacer clic

Identifica los usos de *botones que no realizan ninguna acción ni llevan a otra escena*.

#### 3.3.4.2 Elementos Views duplicados en los que se puede hacer clic

Identifica los elementos en los que se puede hacer clic que estén duplicados dentro de la misma pantalla o escena.



#### 3.3.4.3 Etiqueta de elemento que se puede editar

Identifica los elementos *EditTexts* y *TextViews* editables que tienen un elemento *contentDescription* con contenido.

#### 3.3.4.4 Tipo de elemento no admitido

Identifica los tipos de elementos que no son compatibles con los servicios de accesibilidad.

#### 3.3.4.5 Orden de recorrido

Identifica problemas posibles en el orden de recorrido de los elementos, que podrían afectar a los usuarios de lectores de pantalla y otros servicios de accesibilidad.

Las pruebas de accesibilidad de Google no arrojaron ninguna advertencia con respecto a la implementación del juego.

### 3.4 Encuesta de aceptación

La encuesta se realizó para medir el grado de aceptación del videojuego entre la comunidad médica. Aunque el enfoque inicial de este proyecto fue realizar la encuesta entre los médicos de un conocido hospital pediátrico público del Quito, debido a demoras con trámites con el Ministerio de Salud Pública del Ecuador, no se pudo concretar la colaboración oficial de la entidad de salud con la Escuela Politécnica Nacional. Es necesario aclarar que, a pesar de no poder realizar mención al hospital, los médicos apoyaron el desarrollo del proyecto de forma personal y como consultores.

Se decidió aplicar la encuesta sobre un grupo focal de 10 profesionales de la salud relacionados con la ambliopía. Entre los cuales constan los oftalmólogos que apoyaron el proyecto, oculistas y pediatras. De entre los 10 profesionales convocados al grupo focal, obtuvimos 7 encuestas de aceptación completas.

La encuesta de aceptación se adjunta en el Anexo 4. Para la encuesta, se utilizaron preguntas para seccionar a la población del grupo focal en:

- Grupo etario
- Sexo
- Especialidad médica

- Sector del lugar de trabajo (público o privado)
- Experiencia en uso de juegos serios

Sobre el juego serio en sí, se propuso una pregunta en la que se debe seleccionar el grado de conformidad con 7 aseguaciones sobre la usabilidad y percepción de la eficacia del juego. Estas se detallan a continuación:

- El juego es fácil de usar
- La temática del juego es atractiva para los pacientes
- El juego incentiva el uso del parche ocular
- La mecánica del juego es adecuada a la capacidad de los pacientes
- El juego incentiva el uso del parche ocular
- La temática pirata en el videojuego ayuda a los pacientes a sentirse más cómodos con el uso del parche ocular
- Los niveles de dificultad ayudan al progreso del tratamiento de la enfermedad

Adicionalmente, se agregó una pregunta sobre la intención de recomendar el juego como parte del tratamiento para la ambliopía y una pregunta abierta sobre recomendaciones de mejora de la aplicación.

### 3.4.1 Resultados de la encuesta

Para la clasificación demográfica del grupo focal se utilizaron las siguientes preguntas:

#### Rango de edad

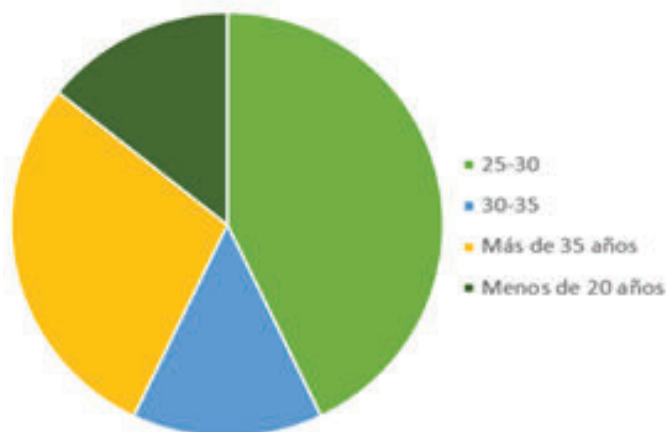


Figura 52 - Edades de los encuestados

Se contó con el apoyo de un encuestado de menos de 20 años (estudiante), 3 encuestados de entre 25 y 30 años (recién graduados), 1 encuestado de entre 30 y 35 años (con experiencia moderada) y dos profesionales de más de 35 años (con vasta experiencia).

### Sexo

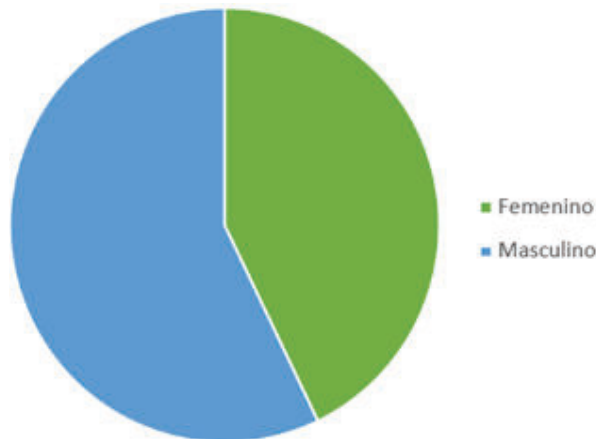


Figura 53 - Sexo de los encuestados

Se contó con la participación de 4 participantes masculinos y 3 femeninos.

### Especialidad

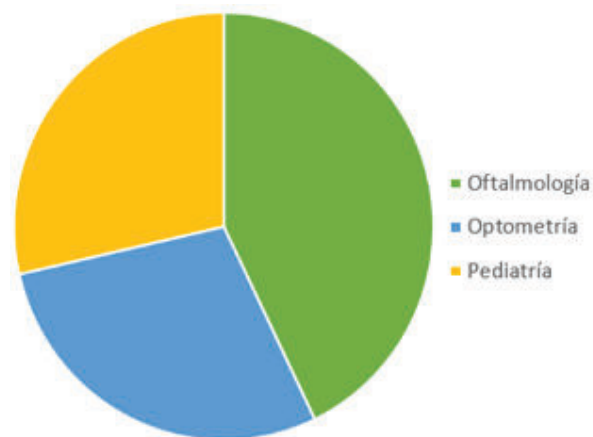


Figura 54 - Especialidad de los encuestados

Los encuestados tienen experiencia médica en las áreas de pediatría y oftalmología, optometría. Se analizarán los resultados basados en el área de especialidad de los encuestados por resultar particularmente interesantes las diferencias en la percepción del juego según esta característica.

## Lugar de trabajo

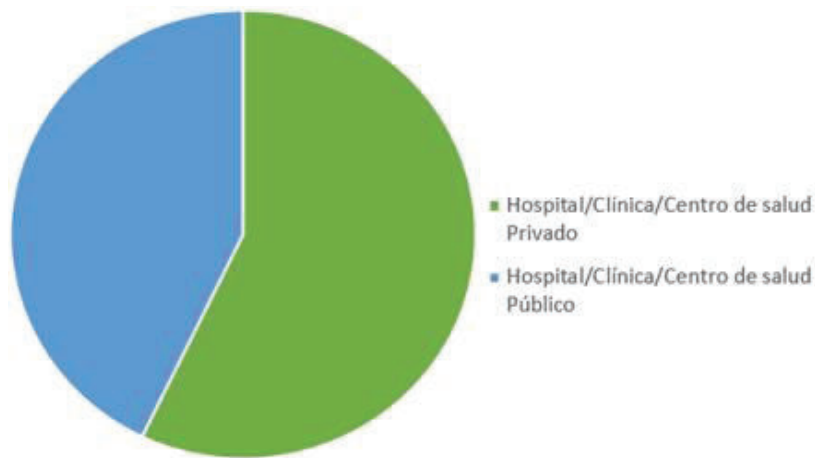


Figura 55 - Lugar de trabajo de los encuestados

Se encuestó a 3 profesionales que laboran en el sector público y a 4 profesionales del sector privado.

Después de revisar las respuestas enviadas, se encontró que la calidad de los datos no permite seccionar al grupo focal con base en grupo etario, sexo, lugar de trabajo, o experiencia en uso de videojuegos en la medicina, debido a que las respuestas eran más o menos iguales o se encontraron irrelevantes para el estudio de aceptación.

Sobre la experiencia en uso de videojuegos en la salud, todos los encuestados respondieron que carecían de ella.

¿Ha aplicado juegos serios en el tratamiento de alguna patología antes?

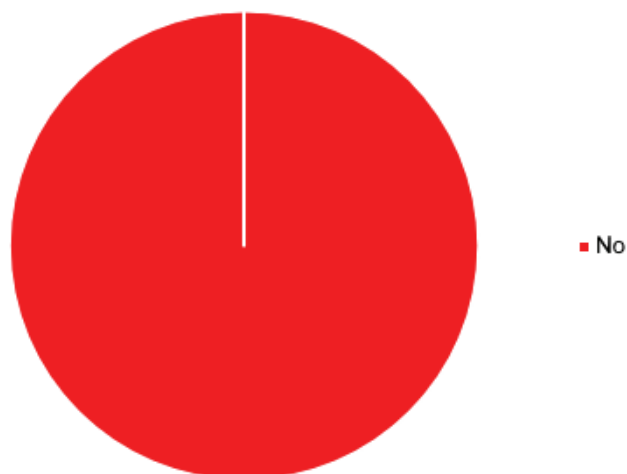


Figura 56 - Experiencia en uso de juegos serios de encuestados

A continuación, se analiza el grado de conformidad del video juego serio, con respecto a la especialidad médica de los encuestados. Para esto, las respuestas posibles son: Totalmente de acuerdo, Parcialmente de acuerdo, Parcialmente en desacuerdo, Totalmente en desacuerdo. Los cuáles serán representados con una escala de colores, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente.

#### 3.4.1.1 El juego es fácil de usar

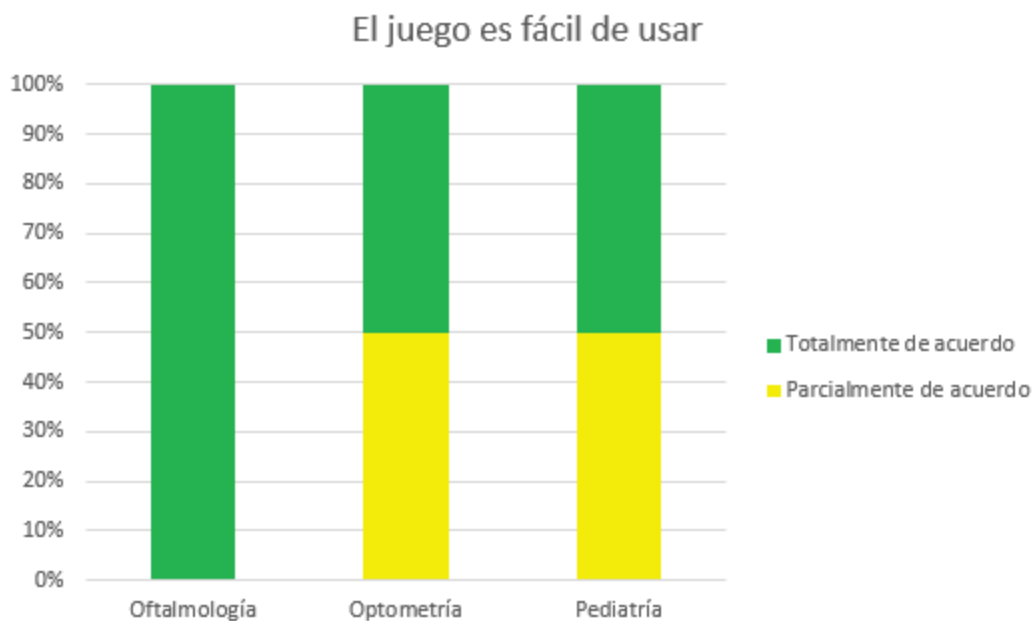
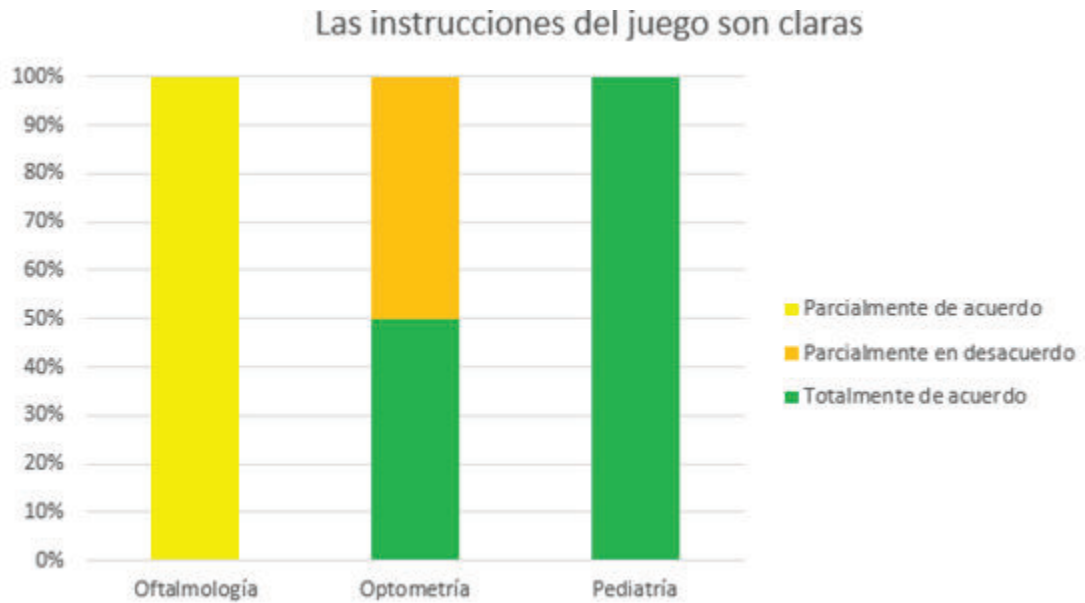


Figura 57 - Resultados pregunta 1

Las respuestas para esta pregunta son positivas, el juego es intuitivo y la mecánica es sencilla para apegarse a la capacidad de juego de niños desde 3 años.

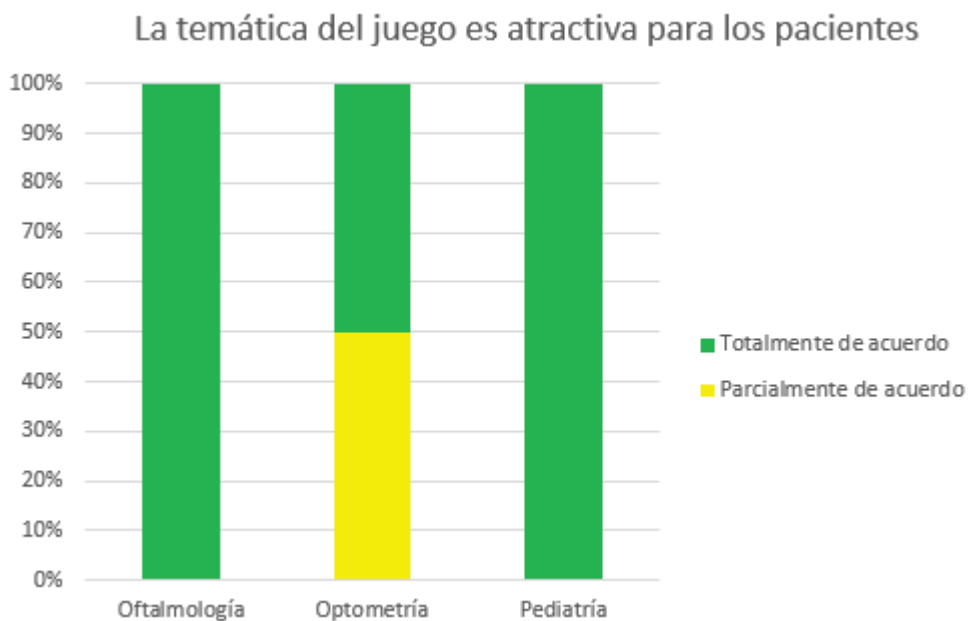
#### 3.4.1.2 Las instrucciones del juego son claras



*Figura 58 - Resultados pregunta 2*

En esta pregunta se obtuvo un resultado mayormente positivo. A pesar de esto, es necesario analizar el por qué se ha dado una respuesta de parcialmente en desacuerdo. La persona que expresó estar en desacuerdo con esto comentó que el juego 1 le resultaba complicado de entender, por no tener una motivación clara, y debido a que omitió el tutorial, por lo que se decidió incluir el tutorial cada vez que el juego inicia.

#### 3.4.1.3 La temática del juego es atractiva para los pacientes



*Figura 59 - Resultados pregunta 3*

En esta pregunta, la aceptación es casi unánime, teniendo una sólo respuesta en parcialmente de acuerdo. De todas las respuestas, las más relevantes son las de los pediatras, siendo los más adecuados a la temática de la pregunta.

#### 3.4.1.4 La mecánica del juego es adecuada a la capacidad de los pacientes

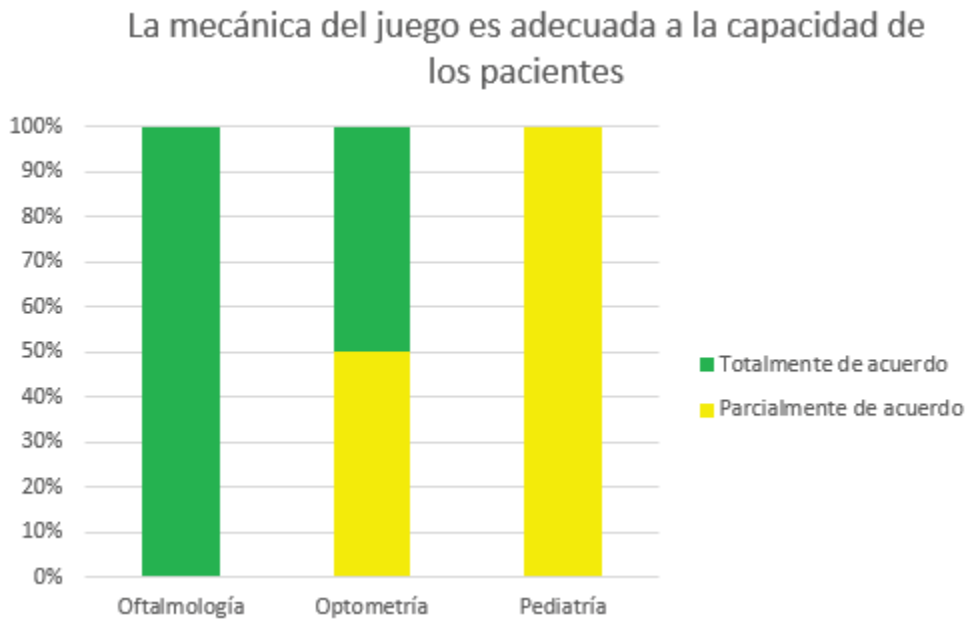
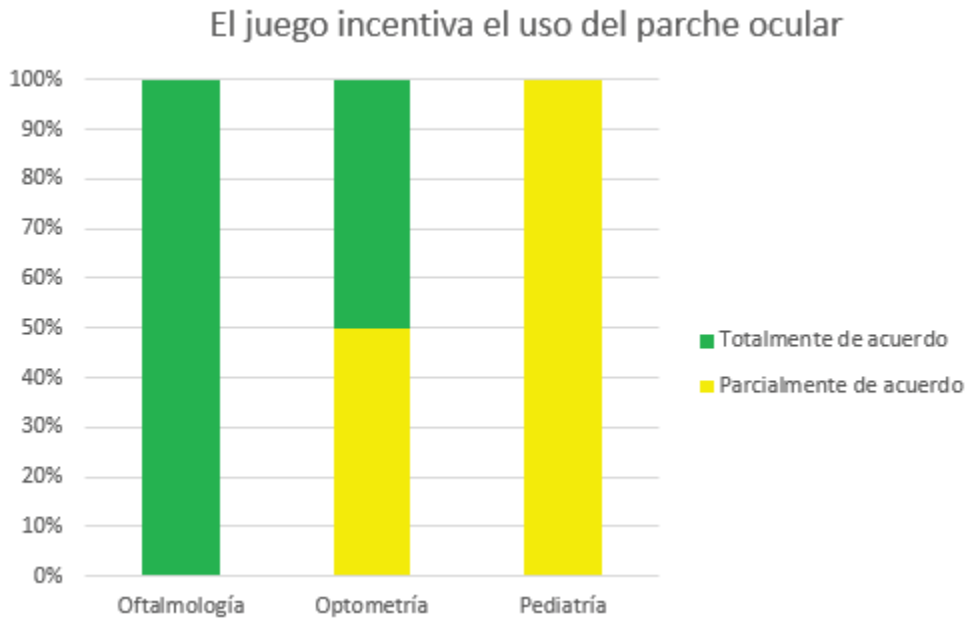


Figura 60 - Resultados pregunta 4

Las respuestas para esta pregunta están divididas entre totalmente de acuerdo y parcialmente de acuerdo. En esta ocasión, las más relevantes vuelven a ser las de los pediatras, que expresaron que, si bien la mecánica es buena en general, se debe reducir el grado de dificultad.

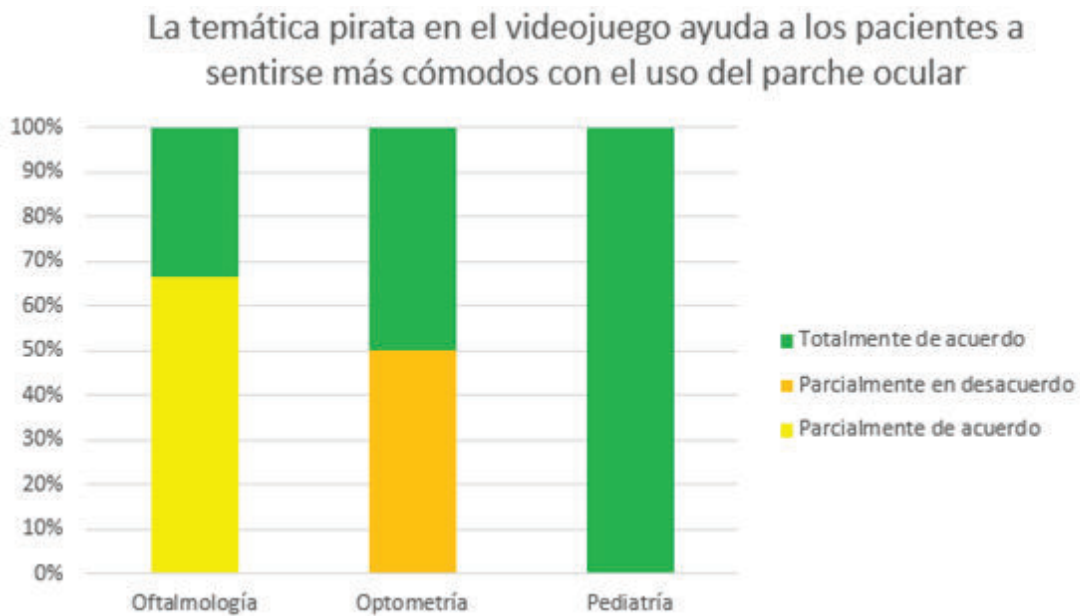
#### 3.4.1.5 El juego incentiva el uso del parche ocular



*Figura 61 - Resultados pregunta 5*

En la Figura 61 se puede observar que la conformidad con respecto a este punto es alta, a pesar de estar dividida entre total y parcialmente de acuerdo. A partir de este resultado, se plantea incluir más sugerencias de uso del parche en una siguiente versión del juego.

#### 3.4.1.6 La temática pirata en el videojuego ayuda a los pacientes a sentirse más cómodos con el uso del parche ocular



*Figura 62 - Resultados pregunta 6*



Entre este grupo de resultados se encuentra un resultado de parcialmente en desacuerdo, por lo que se consultó a los encuestados el porqué de su respuesta, según comentarios de algunos de los encuestados, el detalle del uso del parche por piratas se escapó de su atención mientras jugaban. La decisión de incluir la temática pirata fue aplaudida por los pediatras.

### 3.4.1.7 Los niveles de dificultad ayudan al progreso del tratamiento de la enfermedad

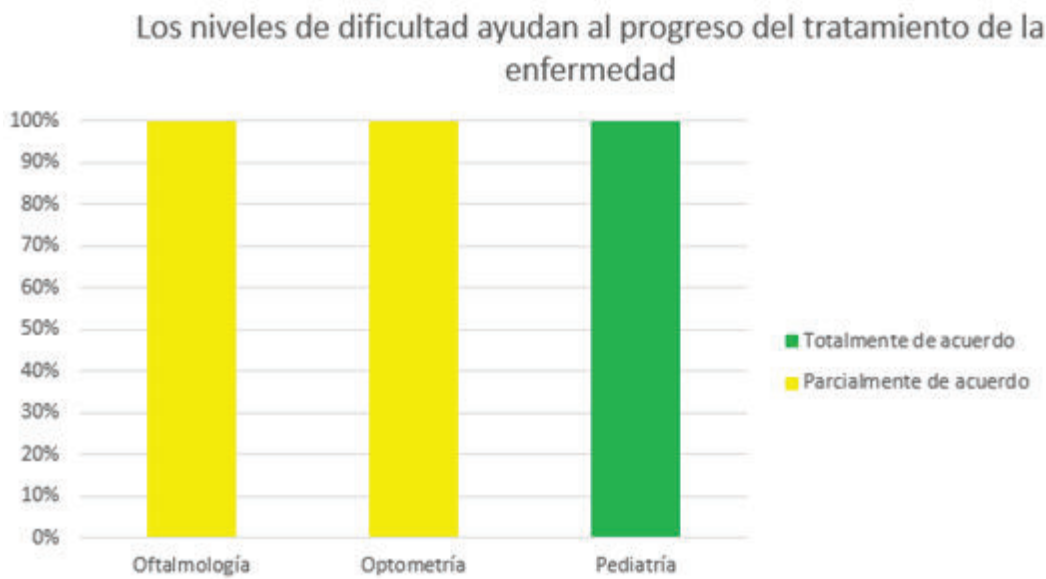


Figura 63 - Resultados pregunta 7

En la Figura 63 se puede ver que la respuesta mayoritaria es parcialmente de acuerdo. Los encuestados mencionaron que la curva de dificultad es alta, por lo que se planteó corregir la dificultad del juego en próximas versiones.

### 3.4.1.8 ¿Recomendaría el juego a sus pacientes que sufren de ambliopía?

### ¿Recomendaría el juego a sus pacientes que sufren de ambliopía?

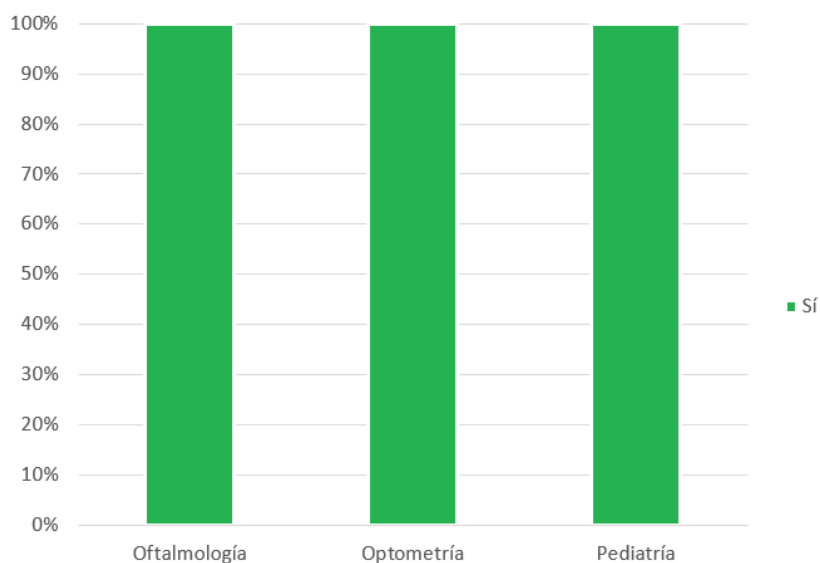


Figura 64 - Posibilidad de recomendar el juego a los pacientes

Como se puede evidenciar en la Figura 64, la aceptación general del juego es clara. Todos los encuestados recomendarían el juego a sus pacientes como complemento al tratamiento regular de la ambliopía. Los encuestados expresaron su emoción ante la posibilidad de utilizar juegos para el tratamiento de las enfermedades, no únicamente con la ambliopía sino también con otras patologías.

Finalmente, se agregó una pregunta abierta que requería que los encuestados propongán una oportunidad de mejora al juego, la cual fue respondida por dos de los encuestados, cuyas respuestas discutiremos a continuación:

- a) “Las instrucciones del juego deben ser más específicas, debe haber más opciones de juegos.”

Después de esta sugerencia, se agregó una validación que muestra el titular de cada juego en todas las ocasiones. Se propuso, para próximas versiones, hacer el tutorial configurable, es decir, que se pueda activar o desactivar desde el menú de configuración.

- b) “La utilización de colores más vivos que llamen la atención del niño para que no se haga aburrido”

Se propuso utilizar una gama de colores más amplia que pueda verse bien en las pantallas de cualquier dispositivo, sin importar su tipo.

## 4 CONCLUSIONES

- Es necesario que la ambliopía, al ser una enfermedad que incide en un porcentaje considerable de la población a nivel país y a nivel mundial, sea tratada a la edad

adecuada de los niños afectados; así es como, el uso de un videojuego serio es una alternativa motivadora desde el punto de vista médico para la población objetivo.

- Haciendo uso de un trabajo de comunicación directa con médicos oftalmólogos pediatras y la revisión de literatura especializada, se logró definir una metáfora de juego, e identificar los principios pedagógicos y didácticos para el diseño y desarrollo del videojuego serio. Manteniendo en todo momento la intención de proporcionar juegos para la rehabilitación ocular. Con lo cual, se da origen al videojuego basado en un personaje pirata, agradable diseño multimedia, simplicidad, ser intuitivo, tolerancia a errores, orientado a acciones, y con dificultad incremental.
- En cuanto a la temática pirata del videojuego y el escenario acorde, fueron identificados como un mensaje implícito de poder mostrar apoyo al niño e incentivarlo a usar el parche; así como también, lograr involucrar y convertir al niño en parte del juego, siendo él mismo el personaje en el videojuego. Esta estrategia fue aceptada satisfactoriamente por los médicos tratantes.
- Los niveles de complejidad en el videojuego aportan con actividades para el tratamiento y a que el niño no pierda interés en seguir jugando.
- La creación de un primer prototipo básico, con una navegabilidad sencilla, llevó a que desde un inicio se cree un juego sencillo de usar y fácil. Al ir creando pantallas, actividades o acciones más complicadas o elaboradas; se fue evaluando la aceptación de los médicos a esos aspectos y eliminando las mejoras o aplicando cambios a las mismas.
- En la creación de la iteración final se hizo necesario hacer cambios pequeños pero que no tenían cabida para crear una iteración más, y la metodología propuesta nos permite tener esa apertura al cambio.
- Las validaciones después de finalizar cada prototipo permiten trabajar en un ambiente efectivamente ágil, para implementar las mejoras sugeridas, de interfaz y del propósito médico, inmediatamente en el siguiente prototipo. Lo cual, asegura estar creando un videojuego acorde a lo que esperan los profesionales de la salud en este caso.
- Si bien, el juego puede resultar un tanto simplista para las personas encuestadas, es necesario recordar que el juego fue diseñado para niños de 3 años en adelante, por lo que se busca es simplicidad.
- Las encuestas realizadas a los profesionales médicos nos ayudaron a conocer la percepción que tienen varios médicos de diferentes áreas, sobre todo de algunos

de ellos, que no participaron desde un inicio en el desarrollo del videojuego. Sus sugerencias permitirán realizar mejoras sustanciales en el videojuego para próximas actualizaciones.

- Otros futuros trabajos, se considera necesario registrar un histórico de actividad del niño (paciente), a fin de conocer: tiempo que ha jugado en períodos de tiempo, curva de mejora en los videojuegos. Por otro lado, también será de gran aporte, someter a un grupo de (niños) pacientes a una evaluación medible del uso de estos videojuegos para conocer el aporte efectivo a su tratamiento.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1 I. A. Rincón y . N. . C. Rodríguez, «Tamización de salud visual en población infantil: ] prevención de la ambliopía,» *Repertorio de Medicina y Cirugía*, vol. 18, nº 4, pp. 210-217, 2009.
- [2 C. Almeida, H. Betancourt, M. D. Carrillo U., A. Molinari, S. Montalvo, P. Pacheco, F. ] Pérez Polit, G. Ruiz, R. Semiglia Moreira y X. Velasteguí, «Ambliopía,» de *Guía para la atención primaria oftalmológica infantil*, Quito, Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2013, pp. 35-37.
- [3 K. Attebo, P. Mitchell, R. Cumming, W. Smith, N. Jolly y R. Sparkes, «Prevalence and ] causes of amblyopia in an adult population.,» *EISevier*, vol. 105, nº 1, p. 154–159, 1998.
- [4 J. H. Groenewoud, A. M. Tjiam, V. K. Lantau, W. C. Hoogeveen, J. T. H. N. d. Faber, ] R. E. Juttman, H. J. d. Koning y H. J. Simonsz, «Rotterdam AMblyopia Screening Effectiveness Study: Detection and Causes of Amblyopia in a Large Birth Cohort,» *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 51, nº 7, pp. 3476-3484, 2010.
- [5 G. von Noorden y E. Campos, *Binocular vision and ocular motility*, St. Louis: Mosby, ] 2002.
- [6 J. Holmes, D. Leske, J. Burke y D. Hodge, «Birth prevalence of visually significant ] infantile cataract in a defined U.S. population.,» *US National Library of Medicine*, vol. 10, nº 2, pp. 67-74, 2003.
- [7 P. E. D. I. Group, «A Randomized Trial of Atropine vs Patching for Treatment of ] Moderate Amblyopia in Children,» *JAMA Ophthalmology*, vol. 3, nº 120, pp. 268-278, 2002.

- [8 G. von Noorden y M. Crawford, «The sensitive period,» *Trans Ophthalmol Soc U K*, vol. 99, nº 3, pp. 442-446, 1979.
- [9 J. Holmes y M. Clarke, «Amblyopia,» *ScienceDirect*, vol. 367, nº 9519, pp. 1343-1351, 2006.
- [1 W. Kenneth W, E. Paula M, F. Walonker y e. al, «Reliability of Fixation Preference Testing in Diagnosing Amblyopia,» *JAMA Ophthalmology*, vol. 4, nº 104, pp. 549-553, 1986.
- [1 R. Tenaglia, «Ambliopía: su pesquisa en la escuela,» *Archivos argentinos de pediatría*, vol. 4, nº 100, pp. 342-344, 2002.
- [1 S. Loudon y H. Simonsz, «The history of the treatment of amblyopia.,» *Strabismus*, vol. 2] 13, nº 2, pp. 93-106, 2005.
- [1 Repka, MX; Wallace, DK; Beck, RW; Kraker, RT; Birch, EE; Cotter, SA; Donahue, S; 3] Everett, Pediatric Eye Disease Investigator,; «Two-year follow-up of a 6-month randomized trial of atropine vs patching for treatment of moderate amblyopia in children.,» *JAMA Ophthalmology*, vol. 123, nº 2, pp. 149-157, 2005.
- [1 S. Loudon, M. Fronius, C. Looman, M. Awan, B. Simonsz, P. van der Maas y H. 4] Simonsz, «Predictors and a remedy for noncompliance with amblyopia therapy in children measured with the occlusion dose monitor.,» *Investigative Ophthalmology & Visual Science* , vol. 47, nº 10, pp. 4393-4400, 2006.
- [1 K. R. Kelly, R. Jost, L. Dao, C. L. Beauchamp, J. N. Leffler y E. E. Birch, «Binocular 5] iPad Game vs Patching for Treatment of Amblyopia in Children,» *JAMA Ophthalmology*, vol. 134, nº 12, pp. 1402-1408, 2016.
- [1 A. Woods y C. Harris, «Comparing levels of crosstalk with red/cyan, blue/yellow, and 6] green/magenta anaglyph 3D glasses,» de *International Society for Optics and Photonics*, 2010.
- [1 D. Djaouti, J. Alvarez, J.-P. Jessel y O. Rampnoux, «Origins of Serious Games,» de 7] *Serious Games and Edutainment Applications*, Londres, Springer, 2011, pp. pp 25-43.
- [1 C. C. Abt, *Serious Games*, Nueva York: Viking Press, 1970.
- 8]
- [1 D. R. Michael y S. L. Chen, *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*, 9] Roseville: Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.
- [2 M. Ty, «Gamification: Anthropology of an Idea,» *Foreign Policy*, vol. 201, 2013.
- 0]

- [2 T. Susi, M. Johannesson y P. Backlund, «Serious Games: An Overview,» *IKI Technical Reports*, vol. 07, nº 001, pp. 5-33, 2007.
- [2 J. V. Altamirano Martínez, *Juegos Serios y Gamificación. Taxonomía y Aplicación*, 2] Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2016.
- [2 J. Kirriemuir, A. Krotoski, H. Ellis, S. Heppell y A. McFarlane, «Unlimited learning: 3] computer and video games in the learning landscape,» Entertainment and Leisure Software Publishers Association (ELSPA), Liverpool, 2006.
- [2 J. P. Gee, «Learning by Design: Good Video Games as Learning Machines,» *E-4] Learning and Digital Media*, vol. 2, nº 1, pp. 5-16, 2005.
- [2 E. Klopfer, S. Osterweil y K. Salen, «Moving learning games forward,» Massachusetts 5] Institute of Technology, Massachusetts, 2009.
- [2 D. Robertson, «The Games in Schools: Community of Practice,» Europeans Schoolnet, 6] Bruselas, 2009.
- [2 A. Bruzzone, A. Tremori y M. Massei, «Serious Games for Training and Education on 7] Defense against Terrorism,» de *University of Genoa*, Genoa, 2012.
- [2 R. Landers y R. Callan, «Casual Social Games as Serious Games: The Psychology of 8] Gamification in Undergraduate Education and Employee Training,» de *Serious Games and Edutainment Applications*, Londres, Springer, 2011, pp. 399-423.
- [2 M. Graafland, J. Schraagen y M. Schijven, «Systematic review of serious games for 9] medical education and surgical skills training,» *Br J Surg*, 2012.
- [3 B. Sawyer y D. Rejeski, *Serious Games: Improving Public Policy Through Game-based 0] Learning and Simulation*, Washington: Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2002.
- [3 B. Sawyer y P. Smith, «Serious games taxonomy,» de *Serious games summit at the 1] game developers conference*, San Francisco, 2008.
- [3 B. Gros Salvat, «Certezas e interrogantes acerca del uso de los videojuegos para el 2] aprendizaje,» *Revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Literatura*, vol. 1, nº 7, pp. 251-264, 2009.
- [3 F. Mendiola Solari, «Ambliopía,» *ISSN*, vol. 3, nº 2, pp. 16-21, 2000.
- 3]
- [3 M. C. Gasca Mantilla, L. L. Camargo Ariza y B. Medina Delgado, «Metodología para el 4] desarrollo de aplicaciones móviles,» *Tecnura*, vol. 18, nº 40, pp. 20-35, 2014.

- [3 S. Cruz-Lara, B. Fernández Manjón y C. Vaz de Carvalho, «Enfoques Innovadores en 5] Juegos Serios,» *IEEE VAEP RITA*, vol. 1, nº 1, pp. 19-21, 2013.
- [3 T. Fleming, C. Cheek, S. N. Merry, H. Tharabrew y H. Bridgman, «Serious Games for 6] the Treatment or Prevention of Depression: A Systematic Review,» *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, vol. 19, nº 3, pp. 227-242, 2014.
- [3 R. Dörner y S. Göbel, *What Are Serious Games?*, Darmstadt: Springer, 2016, p. 2.  
7]
- [3 R. Pressman, *Ingeniería del Software - Un Enfoque Pratico*, México D.F.: The McGraw-  
8] Hill, 2010.
- [3 E. A. Lotfi, Belahbib Amine y B. Mohammed, «Adaptation of Rapid Prototyping Model 9] for Serious Games,» *Journal of Computer Science and Information Technology*, vol. 2, nº 2, pp. 173-183, 2014.
- [4 A. H. Galvis, *Ingeniería de Software Educativo*, Bogotá: Ediciones Uniandes, 1992.  
0]
- [4 B. Blobel, P. Pharow y F. Sousa, «Proceedings of the 9th International Conference on 1] Wearable Micro and Nano Technologies for Personalized Health,» *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 177, p. 320, 2012.
- [4 G. Zichermann y J. Linder, *The Gamification Revolution: How Leaders Leverage Game 2] Mechanics to Crush the Competition*, New York: McGraw Hill Professional, 2013.
- [4 Play2Prevent, «PlayForward: Elm City Stories,» Play2Prevent, [En línea]. Available:  
3] <http://www.play2prevent.org/our-games/playforward-series/playforward-elm-city-stories/>. [Último acceso: 3 Noviembre 2018].
- [4 R. Dörner y S. Göbel, *Serious Games: Foundations, Concepts and Practice*, Darmstadt:  
4] Springer, 2016, p. 2.
- [4 Technische Universität Damstadt, «BalanceFit,» HTTC, 2018. [En línea]. Available:  
5] <http://www.httc.de/index.php?id=624>. [Último acceso: 3 Noviembre 2018].
- [4 Technische Universität Damstadt, «Dancicians,» Gamedays, 2018. [En línea].  
6] Available:  
[http://www.gamedays2018.de/index.php?id=1080&formhandler\[detailId\]=3845](http://www.gamedays2018.de/index.php?id=1080&formhandler[detailId]=3845). [Último  
acceso: 03 Noviembre 2018].
- [4 NeuroCare, «Home,» NeuroCare, 2018. [En línea]. Available: <http://neurocare-aal.de/> .  
7] [Último acceso: 03 Noviembre 2018].

- [4 N. Herbison, D. MacKeith, A. Vivian, J. Purdy, A. Fakis, I. Ash, S. Cobb, R. Eastgate, S. 8] Haworth, R. Gregson y A. Foss, «Randomised controlled trial of video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia using the I-BiT system,» *British Journal of Ophthalmology*, vol. 100, nº 11, pp. 1511-1516., 2016.
- [4 E. Birch, S. Li, R. Jost, S. Morale, A. De La Cruz, D. Stager, L. Dao y D. R. Stager, 9] «Binocular iPad treatment for amblyopia in preschool,» *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, vol. 19, nº 1, pp. 6-11, 2015.
- [5 V. Tailor, M. Bossi, C. Bunce, J. Greenwood y A. Dahlmann-Noor, «Binocular versus 0] standard occlusion or blurring treatment for unilateral amblyopia in children aged three to eight years.,» *Cochrane Database of Systematic Reviews*, nº 8, p. CD011347, 2015.
- [5 P. Williams, L. Schrum, A. Sangrà y L. Guàrdia, Modelos de diseño instruccional, 1] Barcelona: FUOC, 2004.
- [5 R. J. Vasconcelos de Medeiros y T. F. Vasconcelos de Medeiros, «Procedural Level 2] Balancing in Runner Games,» de *Computer Games and Digital Entertainment (SBGAMES), 2014 Brazilian Symposium on*, Porto Alegre, 2014.
- [5 T. Fullerton, Game Design Workshop, Elsevier, 2007. 3]
- [5 J. C. Sánchez, S. Olmos y F. García, «Understanding mobile learning: devices, 4] pedagogical implications and research lines,» *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información.*, vol. 15, nº 1, pp. 20-42, 2014.
- [5 L. P. Rieber, Multimedia Learning with Simulations and Microworlds, New York: 5] Cambridge University Press, 2005.
- [5 A. Szczesna, M. Tomaszek y A. Wieteska, «The Methodology of Designing Serious 6] Games for Children and Adolescents Focused on Psychological Goals,» *Download book PDF*, vol. 7339, pp. 245-255, 2012.
- [5 J. L. González Sánchez, Jugabilidad: Caracterización de la Experiencia del Jugador en 7] Videojuegos, Granada: Universidad de Granada, 2010.
- [5 ARCOTEL, «46,4% de usuarios del Servicio Móvil Avanzado poseen un smartphone,» 8] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), 8 agosto 2017. [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/464-de-usuarios-del-servicio-movil-avanzado-poseen-un-smartphone/>. [Último acceso: 4 noviembre 2018].
- [5 J. Gregory, L. Jeff y M. Whiting, «Runtime Engine Architecture,» de *Game Engine 9] Architecture*, San Diego, CRC Press, 2017.



- [6 Google Inc., «Catálogo de dispositivos - Amblyo: Pirate Adventure - Google Play  
0] Console,» Google Inc., [En línea]. Available:  
<https://play.google.com/apps/publish/?account=7837239505985836139#DeviceCatalogPlace:p=ec.edu.epn.AmblyoGame&appid=4975805662922144144>. [Último acceso: 8 noviembre 2018].
- [6 P. Read y M. Mark-Paul, «Silent film and screening speeds,» de *Restoration of Motion  
1] Picture Film*, Butterworth, Conservation and Museology, 2000, pp. 24-26.
- [6 M. Claypool, K. Claypool y F. Damaa, «The effects of frame rate and resolution on users  
2] playing first person shooter games,» *Proc.SPIE*, vol. 6071, p. 11, 2006.
- [6 C. Ehrhardt, «CPU time accounting - IBM developerWorks,» 14 Julio 2010. [En línea].  
3] Available:  
[http://public.dhe.ibm.com/software/dw/linux390/perf/CPU\\_time\\_accounting.pdf](http://public.dhe.ibm.com/software/dw/linux390/perf/CPU_time_accounting.pdf). [Último  
acceso: 12 Noviembre 2018].
- [6 The Paciello Group, «Mobile Accessibility Testing Guide for Android & iOS,» 2 Abril  
4] 2017. [En línea]. Available:  
[https://developer.paciellogroup.com/downloads/TPG\\_Mobile\\_Testing\\_Guide.pdf](https://developer.paciellogroup.com/downloads/TPG_Mobile_Testing_Guide.pdf).  
[Último acceso: 28 Noviembre 2018].
- [6 Google LLC, «Prueba de accesibilidad - Apps en Google Play,» Google Inc., 21  
5] Septiembre 2018. [En línea]. Available:  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.accessibility.auditor>. [Último acceso: 28 Noviembre 2018].
- [6 Google Inc., «Cómo leer los resultados de Test de accesibilidad - Ayuda de Android  
6] Accessibility,» [En línea]. Available:  
<https://support.google.com/accessibility/android/answer/6376559?hl=es-419>. [Último  
acceso: 28 Noviembre 2018].
- [6 U. Kämpf, F. Mukhamedjarow y T. Seiler, «Unterstützende Amblyopiebehandlung durch  
7] Computerspiele mit Hintergrundstimulation: Eine 10-tägige plazebokontrollierte Pilot-  
Studie,» *Klin Monatsbl Augenheilkd*, vol. 218, n° 4, pp. 243-250, 2001.
- [6 J. Holmes, V. Manh, E. Lazar, R. Beck, E. Birch, R. Kraker, E. Crouch, A. Erzurum, N.  
8] Khuddus, A. Summers y D. Wallace, «A Randomized Trial Of A Binocular iPad Game  
Versus Part-Time Patching In Children 5 To 12 Years Of Age With Amblyopia,» *JAMA  
Ophthalmol*, vol. 134, n° 12, pp. 1391-1400, 2016.

- [6 M. David K. Wallace, M. Allison R. Edwards, O. Susan A. Cotter y Roy, «A Randomized  
9] Trial to Evaluate Two Hours of Daily Patching for Amblyopia in Children,» *National  
Institutes of Health*, vol. 113, nº 6, pp. 904-912, 2006.
- [7 j. Sloper, «New Treatments for Amblyopia—To Patch or Play?,» *JAMA Ophthalmology*,  
0] vol. 134, nº 12, pp. 1408-1410, 2016.
- [7 U. d. Navarra, «Diccionario Médico,» Clínica Universidad de Navarra, 2018. [En línea].  
1] Available: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/fovea>. [Último acceso: 1  
Noviembre 2018].
- [7 U. d. Navarra, «Diccionario Médico,» Clínica Universidad de Navarra, 2018. [En línea].  
2] Available: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/ametropia>. [Último acceso:  
1 Noviembre 2018].
- [7 A. A. o. Ophthalmology, «¿Qué Es la Ptosis?,» American Academy of Ophthalmology,  
3] 10 Marzo 2014. [En línea]. Available: <https://www.aao.org/salud-ocular/enfermedades/que-es-la-ptosis>. [Último acceso: 1 Noviembre 2018].
- [7 D. F. Smith, «A Brief History of Gamification - EdTech: Focus on Higher Education,» 11  
4] Julio 2014. [En línea]. Available:  
[https://edtechmagazine.com/higher/article/2014/07/brief-history-gamification-  
infographic](https://edtechmagazine.com/higher/article/2014/07/brief-history-gamification-infographic). [Último acceso: 3 Noviembre 2018].
- [7 N. Pelling, «The (short) prehistory of “gamification”,» 9 Agosto 2011. [En línea].  
5] Available: [https://nanodome.wordpress.com/2011/08/09/the-short-prehistory-of-  
gamification/](https://nanodome.wordpress.com/2011/08/09/the-short-prehistory-of-gamification/). [Último acceso: 3 Noviembre 2018].

## 6 ANEXOS

### 6.1 Anexo 1 – Taxonomía de los juegos según Sawyer y Smith

	Juegos para la salud	Juegos publicitarios	Juegos para la formación	Juegos para la educación	Juegos para la ciencia e investigación	Producción	Juegos como empleo
<b>Gobiernos y ONGs</b>	Educación para la salud	Juegos políticos o para campaña	Formación de empleados	Información pública	Recolección de datos, planificación	Planificación de políticas y estrategias	Diplomacia, estudios de opinión
<b>Defensa</b>	Rehabilitación y bienestar psicológico	Reclutamiento y propaganda	Formación de apoyo a soldados	Educación en la escuela y el hogar	Juegos de guerra, planificación	Planificación de guerra e investigación armamentística	Mando y control
<b>Sistemas de salud</b>	Ciberterapia y videojuegos para deporte	Políticas de salud pública, campañas de concientización	Juegos formativos para profesionales de salud	Juegos para educación de los pacientes y para gestión de la enfermedad	Visualización y epidemiología	Diseño y fabricación de biotecnologías	Planificación y Logística de planes de salud público
<b>Marketing y comunicaciones</b>	Publicidad de tratamientos médicos	Juegos publicitarios	Uso de productos	Información de productos	Estudios de opinión	Machinima (corto animación que usa un videojuego)	Estudios de opinión
<b>Educación</b>	Informar sobre enfermedades y riesgos sanitarios	Juegos temáticos sociales	Formación de profesorado en competencias específicas	Aprendizaje	Ciencias de la computación y reclutamiento	Aprendizaje P2P, constructivismo	Formación online
<b>Empresas</b>	Bienestar para los empleados	Educación y concientización del cliente	Formación de empleados	Formación continua, cualificación profesional	Publicidad, visualización	Planificación estratégica	Mando y control
<b>Industria</b>	Prevención de riesgos laborales	Ventas y contratación	Formación de empleados	Formación profesional	Procesos de optimización con simulación	Diseño nano/biotech	Mando y control

Tabla 14 - Taxonomía de los juegos serios según Sawyer y Smith [31]

## **6.2 Anexo 2 – Lista de dispositivos compatibles**

*Se adjunta en la carpeta de anexos en formato digital.*

## **6.3 Anexo 3 – Código Fuente**

*Se adjunta en la carpeta de anexos en formato digital.*

## **6.4 Anexo 4 - Encuesta de aceptación**

# **Encuesta de aceptación del juego serio AmblioAventura Pirata**

Estimado profesional de la salud, le agradecemos mucho el tiempo que emplea para completar esta encuesta.

Esta encuesta tiene el propósito de evaluar la aceptación del juego AmblioAventura Pirata como complemento al tratamiento de la ambliopía.

Si aún no ha probado el juego, puede descargarlo aquí <https://goo.gl/KC9LKz>. Actualmente, AmblioAventura Pirata está disponible únicamente para dispositivos Android.

Después de la aplicación del juego AmblioAventura Pirata, queremos evaluar su utilidad en el tratamiento de la ambliopía. Para esto, por favor, sírvase en responder la siguiente encuesta.

\* Required

### **Sobre el aplicante a la encuesta**

#### **1. Seleccione su rango de edad**

*\* Mark only one oval.*

- Menos de 20 años
- 20-25
- 25-30
- 30-35
- Más de 35 años

**2. Seleccione su sexo \***

*Mark only one oval.*

- Femenino
- Masculino

**3 Seleccione su especialidad \***

*Mark only one oval.*

- Oftalmología
- Optometría
- Pediatría
- Other: \_\_\_\_\_

**4. Seleccione su lugar de trabajo \***

*Mark only one oval.*

- Hospital/Clínica/Centro de salud Público
- Hospital/Clínica/Centro de salud Privado

**5. ¿Ha aplicado juegos serios para el tratamiento de alguna patología antes? \***

*Mark only one oval.*

Sí No

**Sobre el juego**

**6 Responda según considere \***

*Mark only one oval per row.*

	Totalmente en desacuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Parcialmente de acuerdo	Totalmente de acuerdo
El juego es fácil de usar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las instrucciones del juego son claras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La temática del juego es atractiva para los pacientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La mecánica del juego es adecuada a la capacidad de los pacientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El juego incentiva el uso del parche ocular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La temática pirata en el videojuego ayuda a los pacientes a sentirse más cómodos con el uso del parche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ocular

---

Los niveles de dificultad ayudan al progreso del tratamiento de la enfermedad

---

7. **¿Recomendaría el juego a sus pacientes que sufren de ambliopía?** \* *Mark only one oval.*

Sí

No

8 **¿Que mejoras propondría sobre este juego?**

---

---

---

---

---