



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO COMO UNA FORMA DE AYUDAR A LA
REGULACIÓN EMOCIONAL INCORPORANDO TECNOLOGÍAS DE BIOFEEDBACK

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN

Joaquín Evandro Larraín Armijo

PROFESOR GUÍA:
Francisco Gutiérrez Figueroa

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
Nelson Baloian Tataryan
Valentin Muñoz Apablaza

SANTIAGO DE CHILE
2022

Resumen

El presente trabajo busca evaluar la factibilidad de desarrollar una solución que permita ayudar a la regulación emocional a usuarios de forma cotidiana, haciendo uso de tecnologías de *biofeedback* de una manera lúdica a través de un videojuego accesible. En concreto, se busca desarrollar un videojuego de escritorio capaz de obtener y utilizar el input de una pulsera inteligente.

Para ello, se diseñó e implementó, a manera de prueba de concepto, un videojuego compuesto por dos mini juegos que cumplen con el objetivo de subir y bajar la estimulación respectivamente, los cuales reciben como input el pulso cardiaco base (obtenido previo a comenzar la partida), el pulso cardiaco en tiempo real y las respuestas manuales del *affective slider* para adaptar la dificultad del mini juego y así facilitar el efecto buscado. Al tratarse de una extensión del trabajo de título realizado por Espinoza [11], fue fundamental estudiar y analizar el proyecto heredado.

Como objetivos específicos se definió la necesidad de reestructurar el proyecto, alterando el flujo y utilización del pulso cardiaco como *input*, como así también, el rediseño de las mecánicas de juego, las interfaces y los elementos audiovisuales del videojuego en su completitud. Con la finalidad de evaluar el trabajo realizado, se realizó una prueba de concepto con una muestra de usuarios reales de manera presencial.

Si bien, dado el tamaño de la muestra, los resultados obtenidos no son generalizables, permitieron evidenciar que, a través de los cuestionarios *Self-Assessment Manikin*, los usuarios que jugaron el mini juego de excitación tendieron a subir su estimulación, mientras que los usuarios que jugaron el mini juego de relajación tendieron a bajar su estimulación. De la misma fuente, se puede dar cuenta del ligero aumento en valencia emocional que tuvieron los jugadores tras terminar la sesión de juego. Por otro lado, los resultados obtenidos por el pulso cardiaco indican que, en general, no hay ninguna tendencia marcada, pues en ambos mini juegos se pueden encontrar casos de usuarios que lograron subir mucho su pulso cardiaco, como usuarios que lograron bajar mucho su pulso cardiaco.

Por último, es importante señalar que, si bien hoy en día existen grandes empresas como Samsung y Apple que cuentan con *smartwatches* capaces de tomar el pulso cardiaco y de correr mini juegos, hasta la fecha no existen videojuegos comerciales o populares que utilicen el pulso cardiaco. Por ende, se atisba una oportunidad de contribuir con el uso de monitores de pulso cardiaco al área de la salud mental y a la industria de los videojuegos.

Agradecimientos

Gracias a mi profesor guía por su ayuda a lo largo de la realización de esta memoria, y a mi familia.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Problema abordado	1
1.2. Solución desarrollada	2
1.3. Objetivos	4
1.4. Plan de trabajo	5
1.5. Estructura del documento	6
2. Estado del Arte	7
3. Análisis y Diseño	10
3.1. Requerimientos	10
3.1.1. Requerimientos funcionales	10
3.1.2. Requerimientos no funcionales	11
3.2. Herramientas utilizadas	11
3.3. Componentes principales	12
3.3.1. Componentes heredados	13
3.4. Diseño de la interacción	14
3.4.1. Monitor de pulso cardiaco	15
3.4.2. Controles	15
3.5. Diseño del videojuego	15
3.5.1. Diseños preliminares	15
3.5.2. Diseño de las mecánicas de juego	22
3.5.3. Rediseño del <i>Affective slider</i>	25
3.5.4. Rediseño del Menú	26
3.5.5. Estética	28
4. Implementación del videojuego	29
4.1. Entorno de desarrollo	29
4.1.1. Unity	29
4.1.2. Unreal Engine	30
4.1.3. Godot	30
4.2. Estructura del motor de desarrollo	31
4.3. Prototipo de funcionalidad	32
4.4. Estructura Principal	35
4.5. Estructura del menú principal	36
4.6. Estructura del mini juego <i>Color Runner</i>	37

4.7. Estructura del mini juego de pesca	38
4.8. Estructura del <i>Affective slider</i>	39
4.9. Estructura del módulo de Recolección de datos	40
4.10. Interfaces de usuario	42
4.11. Empaquetamiento y Exportación de la aplicación	43
5. Prueba de concepto	45
5.1. Participantes	45
5.2. Locación y fecha	45
5.3. Equipo utilizado	45
5.4. Cuestionarios utilizados	46
5.5. Procedimiento	46
5.6. Recopilación y Análisis de datos	47
5.7. Resultados y Análisis	48
5.7.1. Caracterización de usuarios	48
5.7.2. Resultados de las encuestas <i>SAM</i>	48
5.7.3. Contraste con los datos registrados por el videojuego	49
5.7.4. Resultados de las encuestas <i>PANAS</i>	51
5.7.5. Resultados del cuestionario <i>GEQ</i>	52
5.8. Discusión	53
5.9. Limitaciones de la evaluación	55
6. Conclusiones y Trabajo futuro	56
bibliografía	58
Anexos	62
Anexo A: Atribución de los <i>Assets</i> del juego	62
Anexo B: Cuestionario <i>SAM</i>	64
Anexo C: Cuestionario <i>PANAS</i>	66
Anexo D: Registro del <i>log</i> de la prueba con usuarios	67
Anexo E: Cuestionario <i>GEQ</i>	69
Anexo F: Gráficos de Prueba con usuarios	70
Anexo G: Gráficos de caracterización de los usuarios	79

Índice de ilustraciones

1.1.		3
1.2.	<i>Affective Slider</i> , mecanismo de medición de valencia emocional.	3
3.1.	Esquema con los principales componentes del videojuego.	12
3.2.	Mecánica de juego <i>Inward Outward</i> .	13
3.3.	Mecánica de juego <i>Color Runner</i> .	14
3.4.	<i>Affective slider</i> integrado como una mecánica más en las mecánicas de juego heredadas.	14
3.5.	Monitor de pulso cardíaco <i>Xiaomi MiBand 3</i> .	15
3.6.	Interfaz principal del mini juego de pesca.	16
3.7.	Barra de pesca exitosa en amarillo y barra de pesca en verde.	17
3.8.	Barra de pesca exitosa completada.	17
3.9.	Diagrama de estados del mini juego de pesca.	18
3.10.	Interfaz principal del mini juego de geodas.	19
3.11.	La brocha es una herramienta fundamental, pero requiere un poco de paciencia. Se acciona con la tecla [A] .	20
3.12.	Mineral extraído. Adicionalmente, como forma de incentivar al jugador, se muestran los datos del mineral, por ejemplo, su peso, nombre y una valoración artificial.	21
3.13.	El martillo permite extraer los minerales en buenas condiciones solo si lo utilizas en buenas condiciones. Se acciona con la tecla [D] .	21
3.14.	Estados a programar para el mini juego de geodas.	22
3.15.	Mini juego <i>Color Runner</i> actualizado a los nuevos estándares. El personaje es el cuadrado amarillo a la izquierda.	23
3.16.	Mini juego de pesca.	25
3.17.	<i>Affective slider</i> con paleta de colores rojizos para cuando se juega <i>Color Runner</i> .	26
3.18.	<i>Affective slider</i> con paleta de colores azulados para cuando se juega el mini juego de pesca.	26
3.19.	Rediseño de la interfaz de conexión de la pulsera inteligente.	27
3.20.	Nuevo menú principal del videojuego.	27
3.21.	Paleta de colores del mini juego <i>Color Runner</i> actualizado y del mini juego de la pesca respectivamente.	28
4.1.	Ejemplo de la jerarquía de nodos, extraído de la interfaz de Godot.	31
4.2.	Reutilización de la interfaz desarrollada por Espinoza para conectar la pulsera inteligente <i>Xiaomi MiBand 3</i> .	32

4.3.	Interfaz del mini juego indicando al jugador que su pulso cardiaco se encuentra en el nivel 3 (pulso cardiaco entre los 75 <i>bpm</i> y los 90 <i>bpm</i>).	33
4.4.	Niveles de pulso cardiaco que varían desde el nivel 1 (pulso cardiaco menor a 60 <i>bpm</i>) hasta el nivel 6 (pulso cardiaco mayor o igual a 120 <i>bpm</i>).	33
4.5.	<i>SceneTree</i> de la escena del <i>HRM Control</i> y sus nodos.	34
4.6.	Inspector de la escena del <i>HRM Control</i>	34
4.7.	Métodos del nodo <i>heart_connector.gd</i>	35
4.8.	Estructura principal del videojuego.	36
4.9.	<i>SceneTree</i> de la escena del menú principal y sus nodos.	37
4.10.	<i>SceneTree</i> de la escena del mini juego <i>Color Runner</i> y sus nodos.	38
4.11.	<i>SceneTree</i> de la escena del mini juego de pesca y sus nodos.	39
4.12.	<i>SceneTree</i> de la escena del <i>Affective slider</i> y sus nodos.	40
4.13.	Jerarquía de Clases para el módulo de conexión con la pulsera.	41
4.14.	Flujo del pulso cardiaco y pulso cardiaco base.	41
4.15.	<i>HUD</i> del mini juego <i>Color Runner</i> ubicado en la parte superior de la pantalla.	42
4.16.	<i>HUD</i> del mini juego de pesca.	43
4.17.	<i>HUD</i> de la captura realizada.	43
4.18.	Ventana de configuraciones de Godot para la exportación del proyecto a Windows 10.	44
4.19.	Ícono de la aplicación.	44
5.1.	Experiencia con tecnologías de <i>SmartWatch</i>	48
5.2.	Pulso cardiaco a través del tiempo del mini juego <i>Color Runner</i>	50
5.3.	Pulso cardiaco a través del tiempo del mini juego de pesca.	51
5.4.	Resultados del mini juego <i>Color Runner</i> después de la sesión de juego.	52
5.5.	Resultados del mini juego de pesca después de la sesión de juego.	53
6.1.	Evaluación de la dimensión del placer.	64
6.2.	Evaluación de la dimensión de la excitación.	64
6.3.	Evaluación de la dimensión de la dominación.	65
6.4.	Pulso cardiaco a través del tiempo del mini juego <i>Color Runner</i>	67
6.5.	Respuestas del <i>Affective slider</i> del mini juego <i>Color Runner</i>	68
6.6.	Pulso cardiaco a través del tiempo del mini juego de pesca.	68
6.7.	Respuestas del <i>Affective slider</i> del mini juego de pesca.	69
6.8.	Contraste de resultados <i>SAM</i> antes y después del mini juego <i>Color Runner</i>	70
6.9.	Contraste de resultados <i>SAM</i> antes y después del mini juego <i>Color Runner</i>	70
6.10.	Contraste de resultados <i>SAM</i> antes y después del mini juego <i>Color Runner</i>	71
6.11.	Contraste de resultados <i>SAM</i> antes y después del mini juego de pesca.	71
6.12.	Contraste de resultados <i>SAM</i> antes y después del mini juego de pesca.	72
6.13.	Contraste de resultados <i>SAM</i> antes y después del mini juego de pesca.	72
6.14.	Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego <i>Color Runner</i>	73
6.15.	Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego <i>Color Runner</i>	73
6.16.	Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego <i>Color Runner</i>	74
6.17.	Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego <i>Color Runner</i>	74
6.18.	Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego <i>Color Runner</i>	75
6.19.	Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego de pesca.	75
6.20.	Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego de pesca.	76

6.21. Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego de pesca. . .	76
6.22. Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego de pesca. . .	77
6.23. Contraste de resultados <i>PANAS</i> antes y después del mini juego de pesca. . .	77
6.24. Resultados del mini juego <i>Color Runner</i> después de la sesión de juego. . . .	78
6.25. Resultados del mini juego de pesca después de la sesión de juego.	78
6.26. Frecuencia con que los usuarios juegan videojuegos.	79

Capítulo 1

Introducción

Como es bien sabido, la pandemia por COVID-19 ha impactado al mundo entero. Evidencia de esto es el marcado aumento de consultas psiquiátricas remotas, particularmente entre los pacientes más jóvenes [23]. Considerando además, que en Chile, para casi la mitad de los jóvenes del país es “Nada” o “Poco posible” costear por un periodo prolongado de tiempo consultas médicas con un psicólogo o psiquiatra (43,7 %)[16], se puede dar cuenta de la necesidad de explorar y desarrollar diversos mecanismos de afrontamiento saludables durante la crisis actual.

En los niños pequeños y adolescentes, la pandemia y la cuarentena tienen un mayor impacto en el desarrollo emocional y social en comparación con los adultos [31]. La incertidumbre y la ansiedad que se atribuye a la interrupción de actividades físicas y oportunidades de socialización producen condiciones psicológicas graves de mayor irritabilidad, falta de atención y comportamiento de apego [31].

El exceso de estrés puede ser detonante de trastornos psicológicos como la ansiedad social o problemas fisiológicos como la debilitación del sistema inmune [22]. Luego, hoy más que nunca, son necesarias políticas innovadoras de salud mental infantil y juvenil que complementen y/o proporcionen la atención profesional de psiquiatras, psicólogos, pediatras, etc.

Como manera de hacer frente a la situación actual, se ha popularizado en los últimos años el permitir pausas activas durante la jornada escolar y laboral que sirven para recuperar energía, mejorar el desempeño, prevenir la fatiga laboral y el estrés [9, 25]. Otros estudios sugieren que los videojuegos ofrecen diversas oportunidades para afectar la regulación emocional de los jugadores [5, 35].

1.1. Problema abordado

Los cambios en las señales biológicas, como por ejemplo, la respiración o el pulso cardiaco, pueden evaluarse como diferencias en el estado anímico del usuario, tanto en la intensidad de las emociones como en su valencia (valoración de la positividad o negatividad de una emoción) [3]. En este ámbito, se ha estudiado frecuentemente el pulso cardiaco (*Heart Rate*) y su variabilidad (*Heart Rate Variability*), la respiración (*RSP biofeedback*) y los cambios en

la actividad de las glándulas sudoríparas de la piel (*Galvanic Skin Response*). En este campo, tal como en los anteriores, se puede encontrar investigación relacionada a la regulación del estrés mediante diferentes métodos [37].

Si bien, el uso de dispositivos para medir la actividad física, como *smartwatches* y *activity trackers*¹ ha aumentado [20], la mayoría de los videojuegos que ocupan *biofeedback* requieren de dispositivos de gama alta o poco accesibles. Ejemplo de esto son los videojuegos *Mightier* [18] y *DEEP VR* [17], que requieren de un monitor de pulso personalizado y de un sistema de realidad virtual respectivamente.

Así pues, se busca evaluar la factibilidad de desarrollar una solución que permita ayudar a la regulación emocional a usuarios de forma cotidiana, haciendo uso de tecnologías de *biofeedback* de una manera lúdica a través de un videojuego accesible. En concreto, se busca desarrollar un videojuego de escritorio capaz de obtener y utilizar el *input* de una pulsera inteligente.

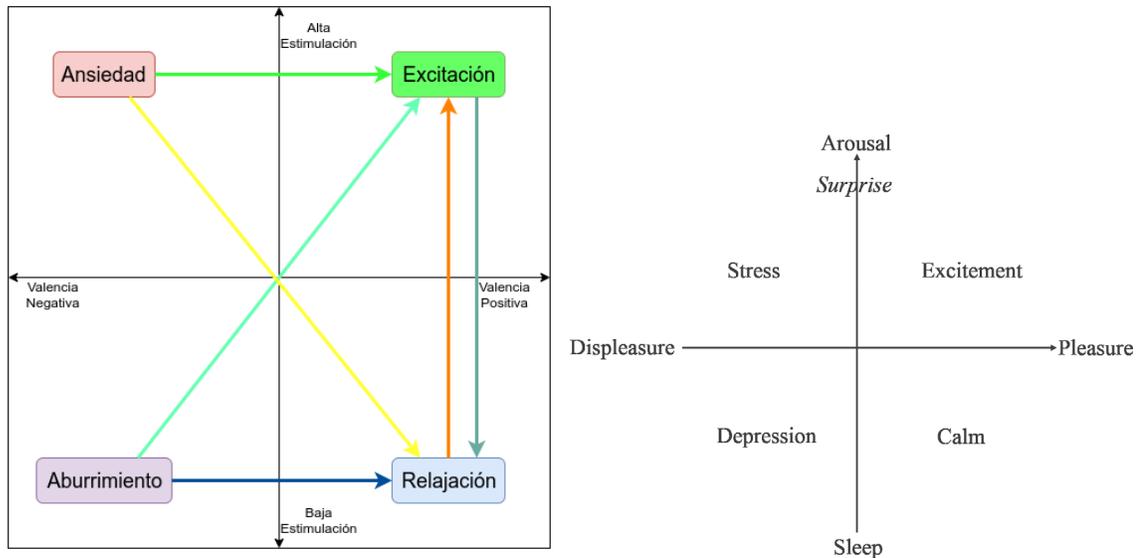
1.2. Solución desarrollada

El presente trabajo de título extiende el trabajo de título de Alexis Espinoza [11]^{2 3}. El trabajo realizado por Espinoza utiliza un monitor de pulso Xiaomi MiBand 3 para la captación de biofeedback sobre la estimulación del usuario, con el fin de ayudar a la regulación emocional del usuario a través de un videojuego. Para conseguirlo, Espinoza realizó una investigación sobre las herramientas existentes sobre la medición emocional, considerando también la disponibilidad y accesibilidad a los implementos necesarios, como también la facilidad de acceso a la información recopilada. De este modo, Espinoza definió el uso del modelo valencia/estimulación (también conocido como modelo *Pleasure / Arousal* o modelo PA. Ver figuras 1.1a y 1.1b) en conjunto con un monitor de pulso altamente accesible (Xiaomi MiBand 3) y la implementación de un *affective slider* que permite al usuario entregar inputs de auto reportes para medir su valencia emocional (ver figura 1.2).

¹Versiones más simples y económicas de los *smartwatches*, generalmente provistos con cuenta pasos, monitorización básica de la frecuencia cardíaca, etc.

²<https://github.com/Aramatis/HRM-Godot>

³<https://github.com/Aramatis/HRM-Game/tree/develop>



(a) Transiciones emocionales a desarrollar propuestas por Espinoza. (b) Diagrama de estimulación contra valencia del modelo *Pleasure / Arousal*.

Figura 1.1



Figura 1.2: *Affective Slider*, mecanismo de medición de valencia emocional.

Luego, Espinoza especificó las transiciones del espectro valencia/estimulación a implementar en forma de mecánicas de juego. Realizó un análisis de los principales motores de videojuegos (Unity, Unreal y Godot) considerando su rendimiento y funcionalidades, resultando en la selección de Godot por ser el más liviano, estar enfocado para videojuegos 2D y por familiaridad con el lenguaje de programación C++. Desarrolló una interfaz independiente para controlar desde Godot la comunicación con la pulsera inteligente. Desarrolló el menú principal, las interfaces gráficas, el sistema de recolección de datos automatizados y una interfaz de nivel base, que maneja de forma predeterminada las entradas de valencia, pulso y controles del juego. Por último, implementó dos diseños de mecánicas de juego, junto con un sistema de selección de nivel a jugar en base al estado emocional base y el deseado por el usuario.

En este trabajo se diseñó e implementó, a manera de prueba de concepto, un videojuego compuesto por dos mini juegos que cumplen con el objetivo de subir y bajar la estimulación respectivamente, los cuales reciben como input el pulso cardiaco base (obtenido previo a comenzar la partida), el pulso cardiaco en tiempo real y las respuestas manuales del *affective slider* para adaptar la dificultad del mini juego y así facilitar el efecto buscado. También se enfatizó el uso de material audiovisual que esté en sintonía con los objetivos de los mini juegos, utilizando una paleta de colores intensos y rojizos, junto con temas musicales *fast tempo* para el mini juego destinado a estimular al jugador, y utilizando una paleta de colores

suaves y azulados, junto con temas musicales *low tempo*⁴ para el otro mini juego.

Adicionalmente, se modificó la lógica tras el menú principal y el sistema de selección de nivel para que se adaptara a las nuevas necesidades del proyecto, como por ejemplo, definir un paso previo a la partida necesario para obtener el pulso cardiaco base.

Por otro lado, la introducción del input afectivo del usuario (*affective slider*) dentro del juego no fue una tarea sencilla. Si bien, el *Affective slider* es poco disruptivo dentro del juego, normalmente en los estudios se suele medir vía software de reconocimiento facial, electromiogramas o reportes del usuario de forma separada al juego [13, 32].

Además, considerando que al estar como una mecánica en el juego, plantea el desafío de incorporarlo de manera que sea jugable, y que al mismo tiempo, no entorpezca o reduzca la calidad del input. Por ejemplo, al ser una mecánica más del juego, podría convertirse en una mecánica explotable con el fin de ganar mayor puntaje a costa del propósito real de la mecánica. Es por esta razón que se decidió separar el input afectivo del usuario de los mini juegos, pasando a estar presente solamente entre los mini juegos, asegurando así también que el usuario pueda entregar su input con calma y sin entorpecer la jugabilidad.

Por último, se realizó un estudio de usuarios con dos grupos de 15 usuarios para cada mini juego, a los cuales se les expuso a una fuente de excitación y relajación respectivamente, para luego obtener su pulso cardiaco base y usarlo como referencia durante la sesión de juego. Adicionalmente, se les pidió a los usuarios responder previamente un formulario inicial de inscripción, una encuesta *Positive and Negative Affect Schedule* (a partir de ahora *PANAS*) y una encuesta *Self-Assessment Manikin* (a partir de ahora *SAM*) previo a la sesión de juego, y finalmente, una encuesta *PANAS*, *SAM* y sobre la experiencia con el videojuego tras finalizar la sesión de juego.

1.3. Objetivos

A continuación se presenta el objetivo general y los objetivos específicos a cumplir en el presente trabajo de título.

Objetivo General

Rediseñar, desarrollar y validar, a manera de prueba de concepto, nuevas mecánicas de juego y funcionalidades a un videojuego que incorpora captación de biofeedback sobre la estimulación del usuario e input en forma de auto evaluación de su valencia emocional.

Objetivos Específicos

Para lograr el objetivo general expuesto en este trabajo de título, se definieron los siguientes objetivos específicos:

1. Implementar un estado previo al inicio de la partida para recopilar el pulso cardiaco y obtener así el pulso cardiaco base.

⁴El tempo se refiere a la velocidad a la que se reproduce una pieza musical.

2. Rediseñar la jugabilidad e integración del *affective slider* en el videojuego. Esto incluye tomar decisiones sobre el mapeado de botones, desarrollo de nuevas escenas, duración de cada mini juego y rediseño del flujo de los estados del videojuego.
3. Rediseñar y ajustar la mecánica de juego con el propósito de estimular al usuario a los nuevos estándares. Esto incluye adaptar el mapeo de botones, pulir las mecánicas y/o físicas del mini juego, incorporar material audiovisual acorde al objetivo de estimular al usuario, actualizar el *HUD (Head-Up Display)*⁵, actualizar el uso del pulso cardiaco como una variable que afecta al mini juego, entre otros.
4. Diseñar y desarrollar la mecánica de juego con el propósito de relajar al usuario. Esto incluye prácticamente lo mismo que el ítem anterior.
5. Actualizar el sistema de registro de datos utilizando el sistema de *Logs* integrado en Godot para registrar los datos de interés de una sesión de juego, tales como el pulso cardiaco base, los pulsos cardiacos a través del tiempo, las respuestas del *affective slider*, etc.

1.4. Plan de trabajo

El videojuego desarrollado fue implementado en C++ utilizando el motor de videojuegos Godot. Adicionalmente, cabe señalar que se utilizaron los diseños de los mini juegos preliminares como un punto de partida para el desarrollo de la nueva mecánica de juego.

A continuación se listan los pasos seguidos durante el desarrollo del videojuego, para así cumplir con los objetivos propuestos en el presente trabajo de título:

1. Se replanteó la manera en que el *affective slider* estaba integrado al videojuego y se diseñó un nuevo flujo de estados que permita incorporar el *affective slider* sin mezclarse con las mecánicas de juego, estableciéndolos como un estado más entre cada mini juego.
2. Se desarrolló la nueva implementación del *affective slider* como una escena más. Esta nueva escena es llamada al completar los objetivos del mini juego correspondiente. Una vez completado el *affective slider* se vuelve al mini juego en cuestión.
3. Se modificó la forma de utilizar los datos de pulso cardiaco para que los mini juegos utilicen también el pulso cardiaco base como punto de referencia. Esto se debe a que el pulso cardiaco normal de cada usuario puede ser distinto. Para esto se implementó la toma del pulso cardiaco a partir del momento en que la pulsera inteligente establece la conexión. También se rediseñaron los menús del videojuego.
4. Se evaluó y simplificó la forma de abordar el modelo PA (*Pleasure / Arousal*). Se cambió el enfoque de desarrollar mini juegos por cada una de las seis transiciones a desarrollar mini juegos para cada uno de los estados de interés: Excitación y Relajación (ver figuras 1.1a y 1.1b).
5. Se definieron las dos mecánicas de juego ya implementadas como mini juegos que estimulan al jugador debido a la complejidad en sus mecánicas, velocidad y tiempos de reacción.

⁵El *HUD (Heads-Up Display)* o barra de estado es el método por el que se transmite visualmente la información al jugador como parte de la interfaz de usuario de un juego

6. Se evaluó y definió una de las mecánicas de juego ya implementadas para ser actualizada a los nuevos estándares, lo que consistió en lo siguiente: se redujo los botones de cuatro a uno, se incorporó el uso del pulso cardiaco base como referencia y para ajustar la dificultad, se eliminó el sistema de puntajes y bonificaciones, se eliminó el uso del *affective slider* como una mecánica del mini juego, se definió un objetivo a cumplir para que no sea un mini juego infinito, se añadieron nuevos elementos visuales al *HUD*, se modificaron las físicas y se añadió contenido audiovisual acorde al propósito de estimular al jugador.
7. Se evaluó y desarrolló una de las mecánicas de juego previamente diseñadas para cumplir con el propósito de relajar al usuario. Este mini juego se desarrolló teniendo en consideración los nuevos estándares ya descritos en el ítem anterior.
8. Se actualizó el sistema de registro de datos durante la sesión de juego para que registre los datos de interés para un posterior análisis.
9. Se estudió maneras de evaluar a los usuarios para corroborar la eficacia del videojuego desarrollado. Se determinó contrastar los resultados entre un cuestionario previo y posterior a la sesión de juego. Para ello se utilizó la encuesta *PANAS* y *SAM*, y en particular, para el cuestionario final, se consultó también un formulario sobre la experiencia con el videojuego. También se definió separar al grupo en dos subgrupos de 15 integrantes, donde cada grupo sería expuesto previamente a una fuente de relajación o excitación contraria al mini juego que jugarán durante la sesión, con la finalidad de realzar el efecto producido por la sesión de juego. De este modo, el subgrupo que juegue al mini juego de relajación deberá completar un test de *Stroop* [21]⁶, mientras que el otro subgrupo deberá ver un vídeo *mindfulness*⁷ de tres minutos de duración.
10. Se realizó una prueba con usuarios de forma presencial, contando con los elementos de sanidad pertinentes. La prueba con usuarios se realizó en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, con usuarios estudiantes entre los 18 y 30 años de edad y buscando la balance de género.
11. Por último, se analizaron los datos recopilados anonimizados de la prueba de usuarios.

1.5. Estructura del documento

El resto de este documento se estructura de la siguiente manera. En el capítulo 2 se presenta y discute la literatura relacionada que sustenta el trabajo ejecutado en esta memoria de título. El Capítulo 3 presenta el análisis y decisiones de diseño e ingeniería tomadas respecto a: (1) Los requerimientos que debe cumplir el juego; (2) Los principales componentes del juego; (3) el diseño de las interacciones; y (4) El diseño de las mecánicas de juego, los elementos visuales y la estética. A continuación, el Capítulo 4 presenta el desarrollo de un prototipo y la implementación de los distintos elementos que componen el juego. En el Capítulo 5 se presentan los resultados de una prueba con usuarios para verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos al inicio de este trabajo. Finalmente, en el Capítulo 6 se presentan las conclusiones y se ofrecen perspectivas sobre el trabajo futuro.

⁶El test de Stroop (<https://www.psicoactiva.com/stroop.htm>) consiste en responder el color de una serie de palabras distintas a contra reloj.

⁷<https://www.youtube.com/watch?v=ABK0SYFxyEY>

Capítulo 2

Estado del Arte

Hoy en día existe una amplia variedad de dispositivos para medir la actividad física, tales como parches dermales, ropa inteligente, aplicaciones móviles para el monitoreo de actividad física, relojes inteligentes y pulseras inteligentes [24]. También existen tecnologías de inmersión virtual, tales como la realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR).

Un ejemplo de lo anterior es el videojuego *Nevermind* [33]. *Nevermind* es un juego de terror basado en el concepto de explorar el subconsciente de personas con recuerdos reprimidos, en el que dejarse llevar por el miedo dificulta de manera significativa el avance del jugador. Para conseguirlo se utiliza un algoritmo de *biofeedback* interno en base a diferentes tecnologías que van desde cámaras especializadas para detectar el pulso del usuario (como las que incluyen la tecnología *Intel® Realsense™*¹), sensores de eye-tracking (como *Tobii Eye Tracker*²) hasta smartwatches (como *Apple Watch*³).

Otro ejemplo es el videojuego *DEEP VR* [17]. *DEEP VR* es un juego que permite a sus jugadores navegar a través de un mundo submarino sereno en que el movimiento es controlado por una respiración lenta y profunda para aliviar la ansiedad del jugador. Utiliza mecánicas de biofeedback para enseñar a las personas técnicas de regulación emocional en un entorno seguro. Consigue lo anterior mediante el uso de realidad virtual en conjunto con un controlador personalizado que mide la expansión del diafragma para detectar la respiración profunda y transmite esta información al jugador en una variedad de señales visuales, vinculando su conciencia con su respiración.

El uso de estas tecnologías no solo se limita a actividades físicas y videojuegos. Otras áreas, como la salud, están innovando con proyectos multidisciplinarios que requieren del uso de estas tecnologías. Por ejemplo, el desarrollo de un videojuego para móviles para fomentar la respiración diafragmática en los usuarios, utilizando biofeedback respiratorio basado en la realidad virtual [26]. El resultado fue una mejoría en la respiración diafragmática y en la conciencia de la respiración, y además, influyó positivamente en la relajación, el estrés percibido y los síntomas de agotamiento y aumentó la auto eficacia relacionada con la relajación de los

¹<https://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/realsense-overview.html>

²<https://gaming.tobii.com/product/tobii-eye-tracker-4c/>

³<https://www.apple.com/apple-watch-series-5/>

participantes. Así, esta solución proporciona una forma económica, fácil de usar y eficaz de entrenar la respiración diafragmática al corto plazo [26].

Otro ejemplo es la implementación de una terapia basada en el biofeedback, complementaria a la terapia convencional para la rehabilitación de la deglución de adultos mayores [27]. Consistió en el apoyo del biofeedback a tratamientos de acelerometría, balón de presión y electromiografía de superficie. El resultado fue un efecto positivo en la terapia, proporcionando alternativas innovadoras de apoyo a tratamientos convencionales [27].

Otra implementación de biofeedback en videojuegos aplicado a la salud emocional relevante es *Mightier*[18], que se enfoca en niños con edades entre 6 a 14 años. Esta aplicación les provee de una plataforma con diferentes videojuegos basados en biofeedback, utilizando una pulsera de medición de pulso personalizada (*Mighty Band*) que permite mostrar la frecuencia cardíaca del niño en pantalla, cambiando visiblemente cómo funcionan los juegos. Por ejemplo, a medida que aumenta el ritmo cardíaco, los juegos se vuelven más difíciles de jugar, permitiendo al niño establecer conexiones entre su estado anímico y sus repercusiones en el juego. Finalmente, durante los momentos de frustración por la alta dificultad, se invita al niño a respirar profundamente con el objetivo de aprender que para tener éxito necesitan estar tranquilos. Así, se estipula que con suficiente práctica en sus juegos, las ganancias se acumulan y los niños comienzan a aplicar estas habilidades en la vida diaria.

Cabe señalar que el videojuego anterior cuenta con implementaciones e ideas que son aplicables al presente trabajo. Por ejemplo, la forma en que el estado anímico (representado por la frecuencia cardíaca) afecta a la dificultad del juego, incentiva al jugador a tomar conciencia y controlar su estado anímico, por ejemplo, a través de la respiración.

También existen otras maneras de mejorar la salud emocional de las personas, como por ejemplo, utilizando técnicas de meditación *mindfulness*. Estas consisten en observar la realidad en el momento presente, sin intenciones de juzgar y con plena apertura y aceptación. Asimismo, existen terapias que usan *mindfulness* dentro de su estructura y sus programas, como la terapia de reducción del estrés basada en *mindfulness* [34]. Un ejemplo más práctico es la aplicación *Calm* [7], que consiste en una aplicación móvil que busca reducir el estrés o la ansiedad, mejorar la concentración y mejorar la calidad de sueño a través de sesiones de meditación en conjunto con audios de relajación, meditación y para dormir. La aplicación cuenta con una versión gratuita y con una versión para empresas, y para el 2019 su valoración total corresponde a la de una *startup* unicornio, o sea, supera los 1.000 millones de dólares [10].

Relacionado con lo anterior, la música, el sonido y el ritmo pueden tener un efecto profundo en el cuerpo de las personas. La música puede motivarnos a movernos y bailar, lo que afecta directamente en la frecuencia cardíaca. Sin embargo, la música también puede tener un impacto significativo en la frecuencia cardíaca de personas que se encuentran en reposo [30]. Esto toma especial relevancia en el mundo de los videojuegos, donde se espera llevar al jugador a distintos estados anímicos a través de su historia y elementos audiovisuales. Cuando se expone al jugador a música de ritmo lento se estimula el sistema nervioso parasimpático disminuyendo la frecuencia cardíaca, mientras que si se le expone a música de ritmo rápido se estimula el sistema nervioso parasimpático aumentando la frecuencia cardíaca [28].

La música en los videojuegos también puede causar liberaciones de estrés debido a la secreción de las hormonas cortisol [14]. Por ejemplo, al jugar un juego de disparos o uno violento, los participantes que escucharon la música del juego tenían niveles de cortisol mucho más altos después del videojuego que los participantes que no escucharon música.

Por otro lado, es importante explicitar el marco teórico utilizado para las mediciones de las emociones humanas. Las mediciones realizadas en este trabajo se basan en el modelo *Pleasure / Arousal* de representación de emociones expuesto por Graziotin et al. [12]. Este modelo consiste en evaluar el estado emocional en términos de valencia (*Pleasure*) y estimulación (*Arousal*), donde la valencia caracteriza la positividad o negatividad de la emoción y la estimulación caracteriza la intensidad de ésta. Algunos ejemplos de este modelo son caracterizar la emoción de excitación con un alto nivel de valencia y un alto nivel de estimulación y caracterizar la emoción de relajación como la combinación de un alto nivel de valencia con un bajo nivel de estimulación.

Respecto a los cuestionarios para las pruebas con usuarios, Bradley y Lang [6] describieron el *SAM*, que consiste en una técnica de evaluación no verbal para medir directamente la reacción afectiva de un usuario a un estímulo. También, Watson et al. [36] describieron la encuesta *PANAS*, que consiste en la evaluación de como se relaciona el estado emocional actual del usuario, medido en niveles del 1 al 5, con diferentes sentimientos y emociones.

Betella y Verschure [4] describieron el *Affective slider* (ver figura 1.2), como una alternativa al *SAM* y comprobaron su efectividad de manera empírica a través de la comparación del *Affective slider* y el *SAM* en una tarea que involucra la evaluación emocional de una serie de imágenes tomadas del Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS), una base de datos compuesta por imágenes que representan una amplia gama de categorías semánticas que a menudo se utilizan como punto de referencia en estudios psicológicos. Además, el *Affective slider* destaca por no requerir de instrucciones escritas y su capacidad de reproducción de manera fácil en dispositivos digitales.

Por último, es importante señalar que, si bien hoy en día existen grandes empresas como Samsung y Apple que cuentan con *smartwatches* capaces de tomar el pulso cardíaco y de correr mini juegos, hasta la fecha no existen videojuegos comerciales o populares que utilicen el pulso cardíaco. Por ende, se atisba una oportunidad de contribuir con el uso de monitores de pulso cardíaco al área de la salud mental y a la industria de los videojuegos.

Capítulo 3

Análisis y Diseño

Este capítulo contiene los detalles del proceso de diseño. Comienza exponiendo los requisitos, herramientas utilizadas y los principales componentes, y finaliza con una descripción de la aplicación.

3.1. Requerimientos

En base a lo indicado en el objetivo, se creó una lista completa de requisitos a partir de los principales objetivos, lo que dio como resultado lo siguiente:

3.1.1. Requerimientos funcionales

1. El videojuego debe conectarse a una pulsera inteligente Xiaomi MiBand 3 y recibir el pulso cardiaco del jugador en tiempo real.
2. El videojuego debe jugarse en un ordenador con sistema operativo Windows 10 (o cualquier otra versión de Windows que no presente problemas con el *driver* de *bluetooth*)¹.
3. El videojuego debe contar con una mecánica de juego para lograr la relajación y otra para lograr la excitación, para así completar los estados de interés del modelo PA.
4. Los mini juegos deben contar con música y efectos de sonidos acordes al estado anímico que se quiere lograr. Con esto se busca reforzar la inmersión y el cambio en el estado anímico correspondiente [8].
5. Las mecánicas de juego deben tender a lo sencillo, pues se tratan de mini juegos, pero deben estar pensados para provocar el estado anímico correspondiente. Con esto el videojuego será más accesible.
6. El software debe proporcionar información que refleje el pulso cardiaco actual del jugador. De este modo, el jugador puede ser consciente de si su pulso cardiaco es alto o bajo, y así, regular su respiración.

¹Esto se debe a que el monitor de pulso cardiaco presentó problemas de conexión con el sistema operativo Windows 11, presuntamente por un problema de incompatibilidad del *driver* de *bluetooth*.

7. El software debe proporcionar información que refleje el aumento o disminución del pulso cardiaco actual respecto al pulso cardiaco base del jugador. De este modo, el jugador puede ser consciente de si su pulso cardiaco está aumentando o disminuyendo, y así, regular su respiración.
8. El software debe registrar los datos de interés de las sesiones de juego para su posterior análisis.

3.1.2. Requerimientos no funcionales

1. La interfaz de usuario debe ser clara y sencilla. Criterio de éxito: Cada acción no debe requerir más de dos *clicks*.
2. El videojuego debe apuntar a lograr cierto nivel de inmersión para lograr llevar el estado anímico del jugador al estado anímico deseado. Criterio de éxito: los mini juegos deben tener un *tempo* y paleta de colores *adhoc* al estado anímico correspondiente.
3. El software no debe mostrar ningún problema de rendimiento evidente ni caerse. Criterio de éxito: el videojuego no presenta *input lag* y no *crashea* tras llegar al *Affective slider* al menos una vez, y habiendo durado al menos 10 minutos la sesión de juego.
4. El software debe ser legal, y todos los activos que se utilicen en él deben tener los permisos y licencias adecuadas. Criterio de éxito: el videojuego solo utiliza recursos con licencias que permitan el uso con fines de investigación y educativos, y sin fines de lucro.

3.2. Herramientas utilizadas

Se utilizaron algunas herramientas externas para ayudar al desarrollo. En primer lugar, para crear algunos recursos gráficos y *assets* personalizados del videojuego se requirió un software de dibujo digital que permita la edición de gráficos rasterizados y sea amigable con técnicas de *pixel art*. Se eligió Aseprite (Aseprite 1.2.35) como solución de edición y creación de *sprites*, ya que cuenta con varias funcionalidades enfocadas en el *pixel art*, además de ser económico y encontrarse en la misma plataforma digital que Godot (Steam).

Por otro lado, para complementar el proceso de diseño y documentación, se utilizaron las aplicaciones de escritorio Notion (Notion Desktop 2.0.23) y Miro (Miro 0.7.16). La primera aplicación es un software de gestión de proyectos y para tomar notas, y se utilizó para registrar y documentar los avances semanales realizados y para almacenar las fuentes de los recursos de terceros utilizados. La segunda aplicación es un software para desarrollar flujos de trabajo a través de una pizarra virtual, y se utilizó para crear los diseños preliminares de las mecánicas de juego y para crear diagramas de estados, flujos, etc.

En cuanto al motor de videojuego, se utilizó Godot en su versión 3.4.4.stable y adicionalmente se utilizaron los siguientes *addons*:

1. *Godot-Trail-System* ²: *Plugin* avanzado de cintas / estelas similar al ofrecido por el motor de videojuegos Unity. Cuenta con licencia MIT. Se utilizó para mejorar el apartado

²<https://github.com/OBKF/Godot-Trail-System>

visual del mini juego de Excitación y también para ayudar visualmente al jugador a identificar la dirección del movimiento del personaje.

2. *Lospec-Palette-List*³: Navegador integrado de las paletas de colores ofrecidas por la plataforma web Lospec. Cuenta con licencia MIT. Se utilizó para facilitar la búsqueda e integración de paleta de colores en el proyecto.

Por último, para la medición del pulso cardiaco se utilizó la pulsera inteligente Xiaomi MiBand3, avaluada por debajo de los \$50.000 CLP en *retailers* chilenos al 08/02/2020.

Tanto las herramientas anteriormente descritas, como los *Assets6* utilizados son completamente legales, por lo que se cumple el cuarto requerimiento no funcional.

3.3. Componentes principales

El videojuego se compone de seis elementos fundamentales: la interfaz de conexión de pulsera, el menú principal, las transiciones, ambos mini juegos y el *Affective slider* (ver figura 3.1). Cada uno de estos componentes corresponden a escenas de Godot distintas.

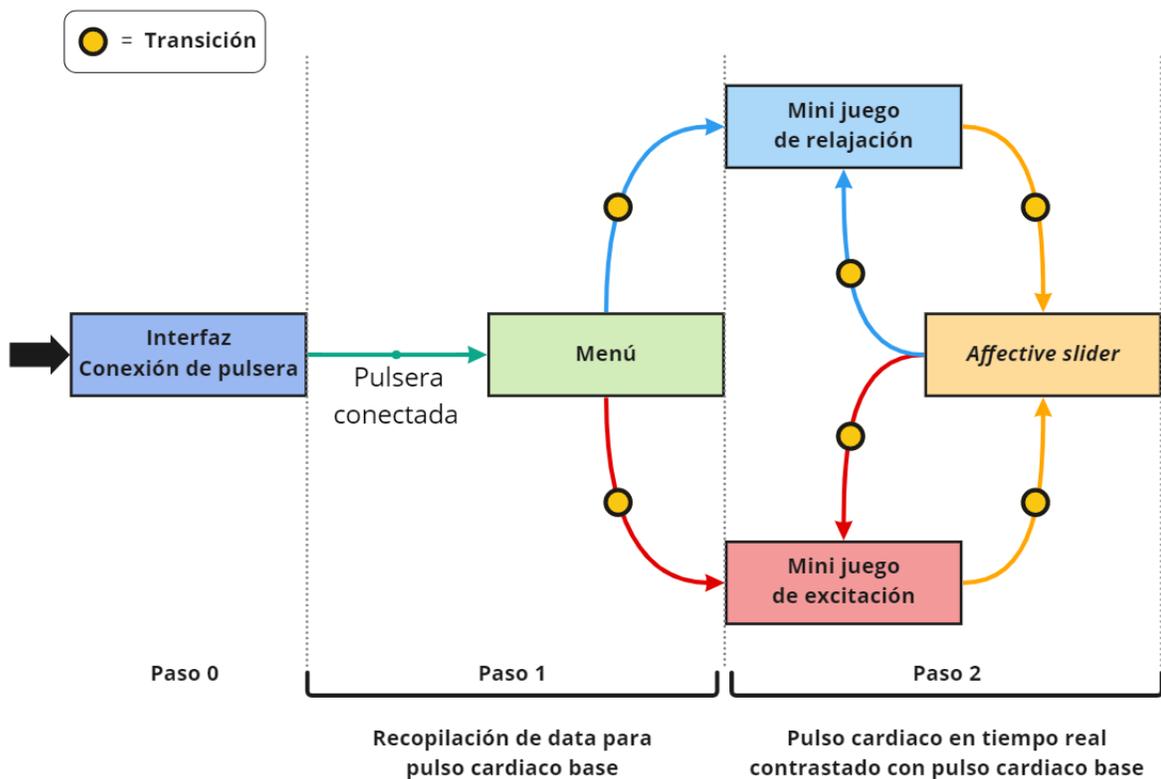


Figura 3.1: Esquema con los principales componentes del videojuego.

³<https://github.com/hiulit/Lospec-Palette-List>

3.3.1. Componentes heredados

Como fue mencionado anteriormente, el presente trabajo es una extensión del trabajo de título realizado por Espinoza. Es por esta razón que parte de su trabajo se heredó y se mantuvo, como también, otras fueron modificadas o eliminadas.

Mecánica de juego *Inward Outward*

Inward Outward es un mini juego en que el jugador controla la dirección de movimiento de orbes que se mueven por rieles curvos, alternando entre aproximarse o alejarse del centro de la pantalla para evadir enemigos que cruzan horizontalmente la pantalla (ver figura 3.2). La dificultad radica en modificar la velocidad de giro de los rieles y el tiempo entre la aparición de enemigos, que desactivan momentáneamente los orbes al tocarlos quitando multiplicadores de puntaje. El pulso cardiaco controla la velocidad radial de los orbes, facilitando evadir a los enemigos a medida que éste no se aumente.

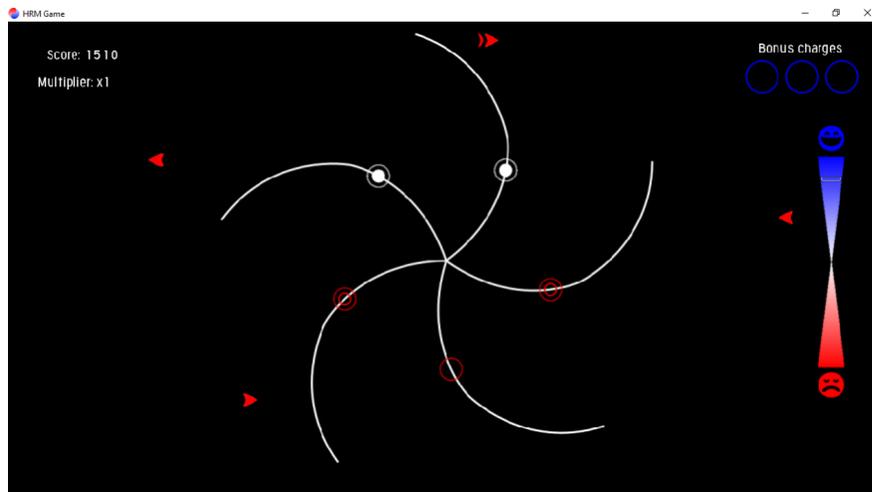


Figura 3.2: Mecánica de juego *Inward Outward*.

Mecánica de juego *Color Runner*

Color Runner es un mini juego del estilo *endless runner*, en que el jugador controla a un personaje que avanza infinitamente sobre plataformas que se mueven horizontalmente (ver figura 3.3). El objetivo es pasar la mayor cantidad de tiempo sin colisionar con obstáculos o caer de la pantalla para mantener un multiplicador de puntaje que actúa sobre la distancia recorrida. La dificultad controla la probabilidad de aparición de los obstáculos y el ancho de las plataformas, por lo que a mayor dificultad se requiere mayor precisión en los saltos. El pulso cardiaco controla el aumento de velocidad de *scroll* horizontal de la pantalla, para recorrer más distancia mientras se mantenga un alto pulso.

Ambos mini juegos requieren que el jugador esté constantemente atento y presto a reaccionar, lo cual, sumado a que tienen el *Affective slider* incorporado como una mecánica más con la que interactuar, vuelven bastante compleja la jugabilidad. Es por esto que se determinó que ambos mini juegos deberían llevar al jugador al estado de excitación y no al de relajación. Tras analizar ambas mecánicas de juego se decidió rediseñar el mini juego *Color*

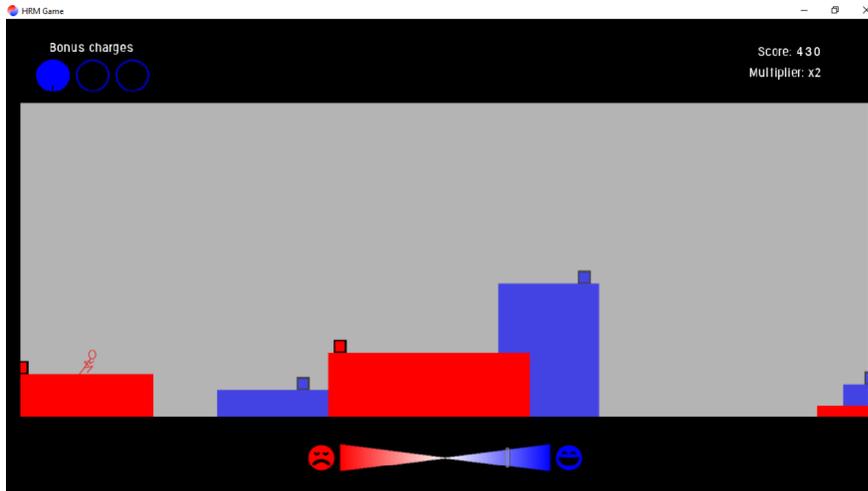


Figura 3.3: Mecánica de juego *Color Runner*.

Runner debido a que es bastante sencillo aprender a jugarlo, mientras que el mini juego *Inward Outward* es más complejo de entender y de modificar.

Manejo del Monitor de pulso cardiaco

El trabajo realizado por Espinoza incluye una implementación en C++ de la arquitectura servidor-cliente para comunicar los datos a otros servicios vía conexiones TCP. Además, para transferir los datos desde el monitor de pulso cardiaco al computador se utiliza una conexión vía *Bluetooth Low Energy*, a la que Windows restringe el manejo mediante una API disponible solo en Visual C++.

Menú principal y *Affective slider*

Por último, Espinoza también desarrolló las escenas de Godot para el menú principal y para el *Affective slider*, las cuales cuentan con la temática rojo-azul como una forma de representar la valencia negativa y positiva respectivamente (ver figuras 3.4).

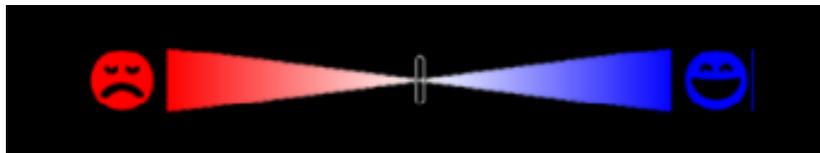


Figura 3.4: *Affective slider* integrado como una mecánica más en las mecánicas de juego heredadas.

3.4. Diseño de la interacción

En esta sección se describen las principales decisiones de diseño tomadas con respecto al manejo de interacciones usuario-sistema, así como componentes que inciden en una mejor experiencia interactiva.

3.4.1. Monitor de pulso cardiaco

Para lograr un correcto funcionamiento de la pulsera inteligente (ver figura 3.5) es muy importante que el sensor, ubicado en la parte inferior de la pulsera, esté cercano a la piel. Esto se debe a que la luz emitida por el sensor debe ser capaz de llegar a las venas, para luego, medir el nivel de sangre según el reflejo de luz detectado. Una vez colocada correctamente la pulsera a la muñeca, el jugador deberá conectarla en el menú del videojuego. Luego, la pulsera enviará los datos del pulso cardiaco de forma automática hasta que se cierre el videojuego.



Figura 3.5: Monitor de pulso cardiaco *Xiaomi MiBand 3*.

3.4.2. Controles

Al tratarse de un videojuego de computadora, los controles soportados son el teclado y el ratón o *touch pad*. Con la finalidad de ofrecer una experiencia más sencilla y accesible para usuarios con poca o nula experiencia en videojuegos, se decidió simplificar los controles, pasando de utilizar cuatro botones a solo uno: click izquierdo o barra espaciadora. Esto conllevó adaptar las mecánicas de juego, quitar *features* como los *power-ups* / bonificaciones y reestructurar la implementación del *Affective slider*.

3.5. Diseño del videojuego

En esta sección se describen las principales decisiones de diseño tomadas con respecto a los componentes principales del videojuego.

3.5.1. Diseños preliminares

Se plantearon dos diseños preliminares con el propósito de llevar al usuario al estado de relajación. Para evitar presionar al jugador y provocar un aumento en su pulso, los objetivos a cumplir no deben ser alcanzados a contrarreloj ni tampoco bajo la premisa de conseguir todo lo posible en un tiempo limitado. Por este motivo, se diseñaron ideas que requieran que el jugador controle su respiración y que lo inviten a prestar atención de las tareas que tiene enfrente, con la finalidad de llevarlo a un estado de calma y concentración que le permita relajarse sin aburrirse.

Como en un mini juego de estas características se corre el riesgo de caer en la monotonía, se decidió incluir coleccionables aleatorios como incentivos al momento de completar una tarea [19]. Cabe señalar que estos diseños preliminares contemplaban dos botones como controles en vez de uno solo.

Diseño 1: Mini juego de pesca

El jugador debe pescar una cantidad especificada de peces para completar el nivel. Como se puede apreciar en la figura 3.6, la interfaz estaría compuesta por la **barra de pesca exitosa** junto con la **barra de pesca** en la parte superior, el pescador y el pez en la parte inferior para dar *feedback* visual y consejos, así como la cantidad objetivo a pescar en la esquina superior derecha.

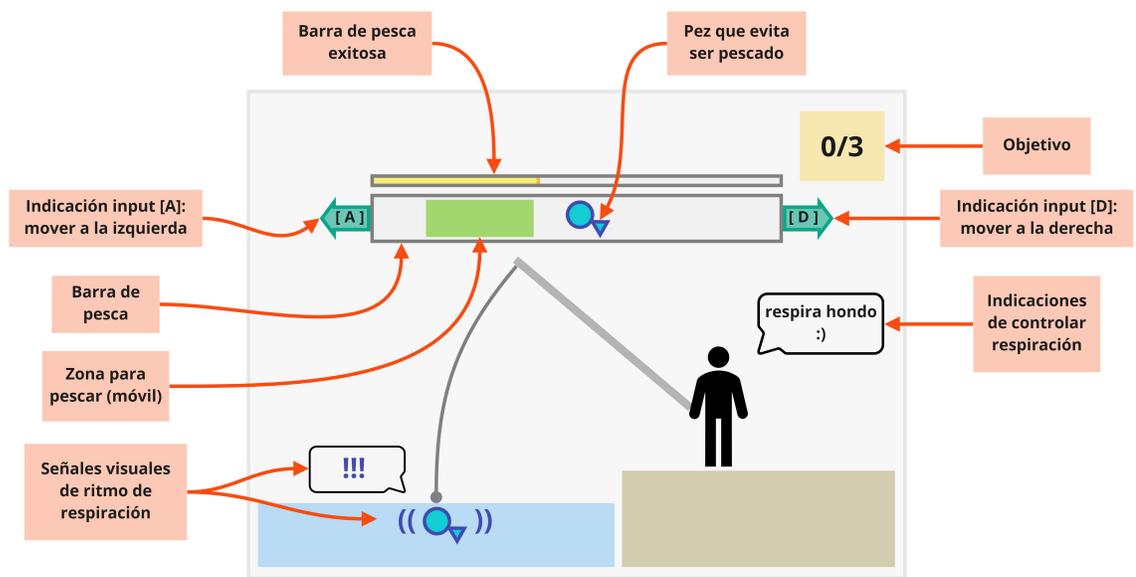


Figura 3.6: Interfaz principal del mini juego de pesca.

Para capturar al pez, el jugador deberá controlar la **barra de pesca** con las teclas **[A]** y **[D]** para moverla a la izquierda o derecha, respectivamente ⁴. Como se explica en la figura 3.7, mientras el pez se encuentre dentro de la **barra de pesca**, aumentará la **barra de pesca exitosa**; y mientras el pez esté fuera, disminuirá la **barra de pesca exitosa**. Como se puede apreciar en la figura 3.8, una vez completa la **barra de pesca exitosa** el jugador habrá pescado al pez. Si no ha completado la cantidad objetivo, continuará con el siguiente pez.

⁴Las teclas W, A, S y D son comúnmente usadas como las cuatro direcciones del movimiento en videojuegos. Siendo la A la izquierda, D la derecha, W arriba y S abajo.

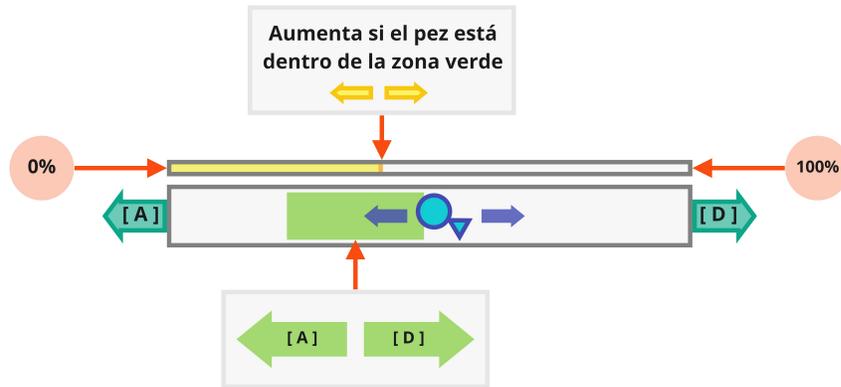


Figura 3.7: Barra de pesca exitosa en amarillo y barra de pesca en verde.

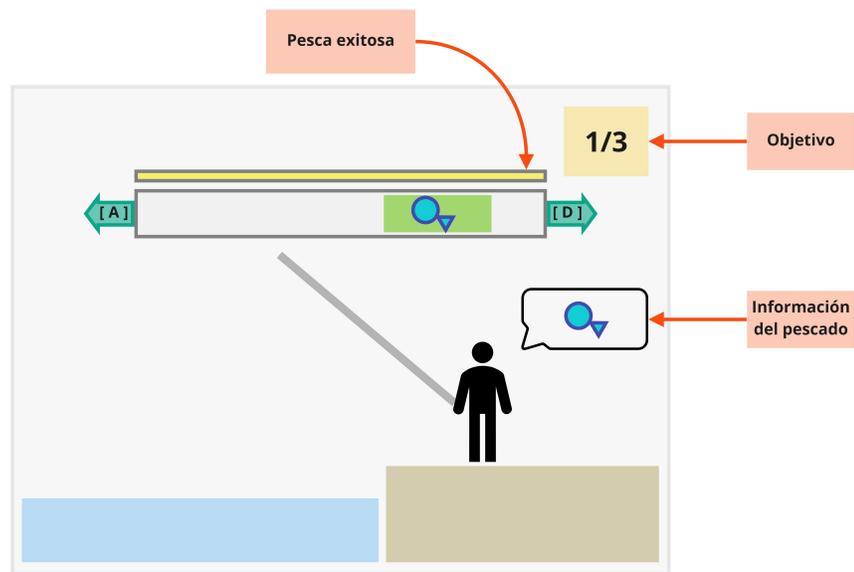


Figura 3.8: Barra de pesca exitosa completada.

El pez naturalmente intentará estar fuera de la **barra de pesca** moviéndose horizontalmente. Sin embargo, la dificultad con que el pez evita ser capturado depende solamente del pulso del jugador: mientras más acelerado tenga el pulso, más difícil será capturar al pez. De este modo, se busca que el jugador tenga que controlar su respiración para poder cumplir el objetivo.

Para facilitar el que el jugador sea consciente de su nivel de pulso actual, la interfaz contará con *feedback* visual: si el pulso está muy alto el pez salpicará mucho, el pescador realizará mucha fuerza y, además, mostrará mensajes que recuerden al jugador a controlar su

respiración. Adicionalmente, se utilizará sonido ambiental de lluvia o de agua fluyendo para amenizar la experiencia.

Finalmente, a modo de resumen, los estados del mini juego a programar se pueden ver en la figura 3.9.

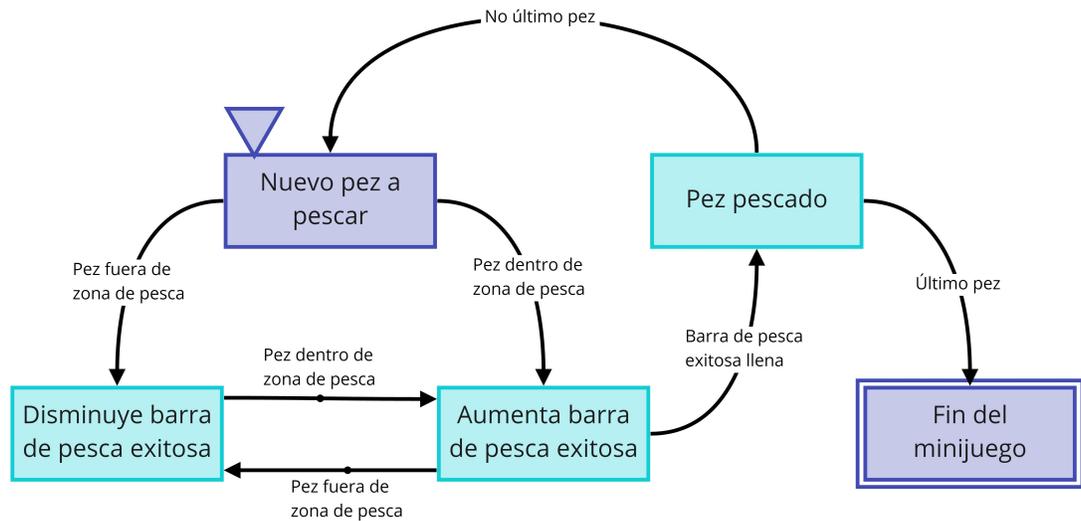


Figura 3.9: Diagrama de estados del mini juego de pesca.

Diseño 2: Mini juego de geodas

El jugador debe extraer una cantidad especificada de minerales para completar el nivel. Tal como se puede apreciar en la figura 3.10, la interfaz está compuesta por la geoda al centro, los botones de **brocha** y **martillo** a los bordes, el geólogo arriba a la izquierda para dar *feedback* visual y consejos, y la cantidad objetivo a extraer en la esquina superior derecha.

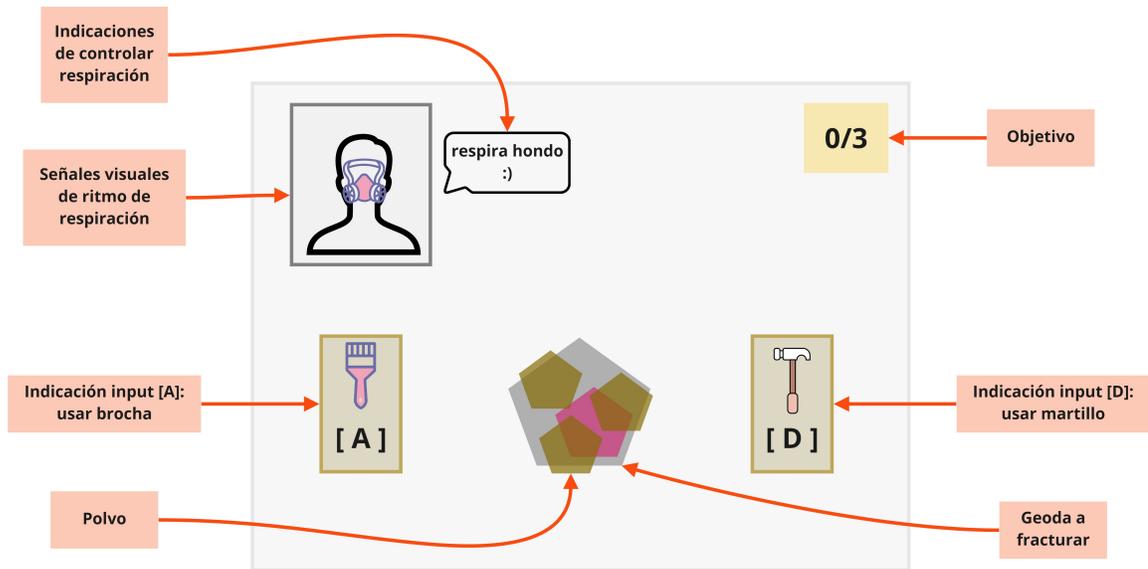


Figura 3.10: Interfaz principal del mini juego de geodas.

Para extraer el mineral en buenas condiciones de la geoda, el jugador debe decidir cuál de las dos herramientas utilizar en el momento indicado. Por un lado, como se puede ver en la figura 3.11, la **brocha** permite limpiar el polvo de la geoda permitiendo asestar un golpe limpio y preciso con el **martillo**, pero también levanta polvo por unos segundos, produciendo el efecto contrario. Adicionalmente, el pulso del jugador se ve reflejado en cuán “nervioso” esté el geólogo, por lo que usar la brocha de forma apresurada o con el pulso alto levantará más polvo, significando que tendrá que esperar unos segundos adicionales.

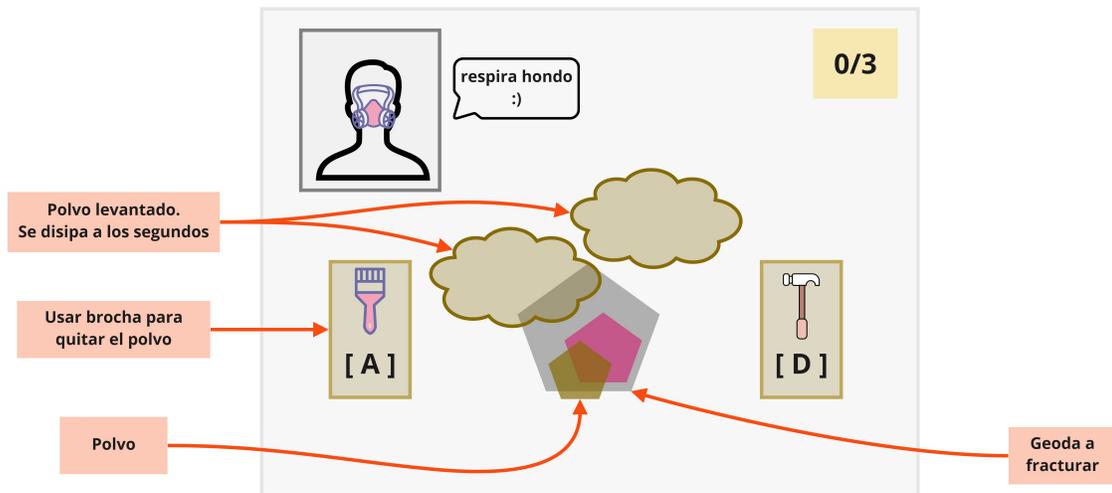


Figura 3.11: La **brocha** es una herramienta fundamental, pero requiere un poco de paciencia. Se acciona con la tecla **[A]**.

Por otro lado, tal como se puede ver en la figura 3.12, el **martillo** permite fracturar la geoda sin romper el mineral y, si no ha completado la cantidad objetivo, continuará con la siguiente geoda. Sin embargo, como se puede apreciar en la figura 3.13, si se utiliza el **martillo** estando la geoda con polvo, o habiendo polvo en el aire o estando con el pulso alto, el geólogo no podrá asestar un golpe preciso y terminará rompiendo la geoda junto al mineral. En tal caso, el geólogo seguirá su labor con la siguiente geoda.

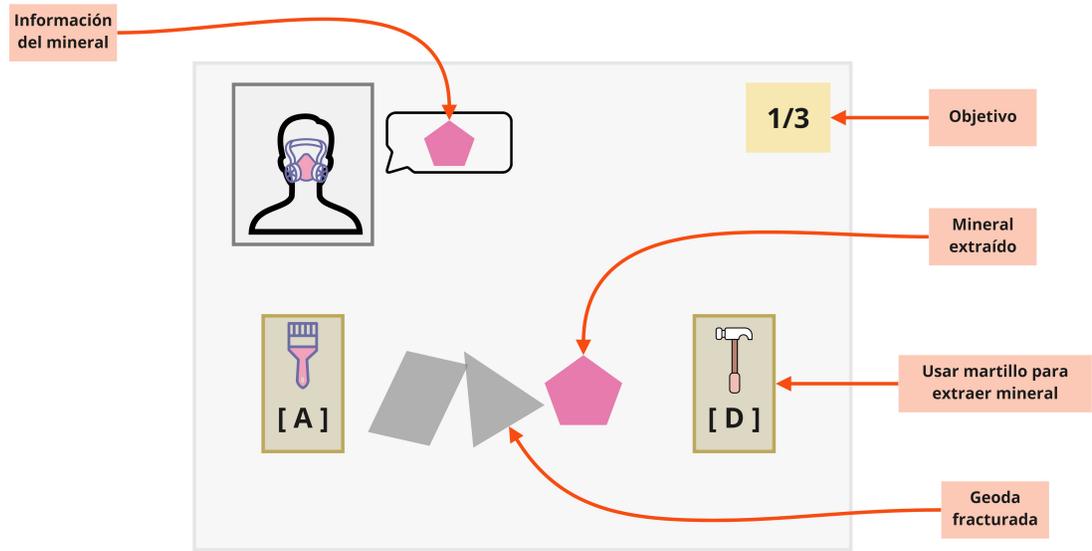


Figura 3.12: Mineral extraído. Adicionalmente, como forma de incentivar al jugador, se muestran los datos del mineral, por ejemplo, su peso, nombre y una valoración artificial.

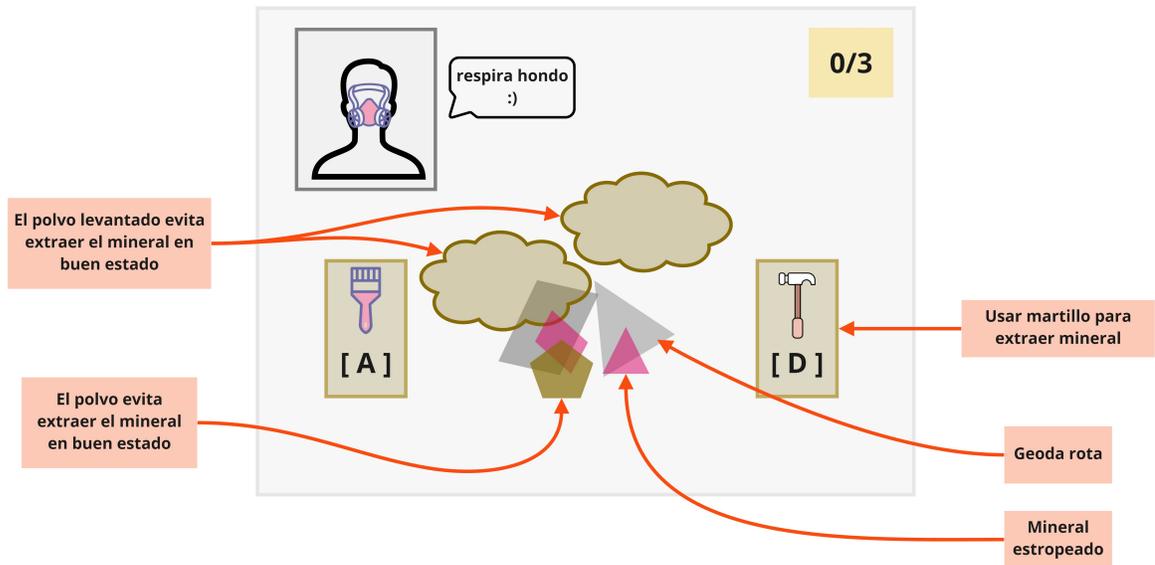


Figura 3.13: El **martillo** permite extraer los minerales en buenas condiciones solo si lo utilizas en buenas condiciones. Se acciona con la tecla **[D]**.

De este modo, se busca que el jugador deba extraer los minerales metódicamente y con paciencia: primero limpiando y luego fracturando la geoda. Para facilitar el que el jugador sea

consciente de su nivel de pulso actual, la interfaz cuenta con *feedback* visual: si el pulso está muy alto el retrato del geólogo se verá tiritón y, además, mostrará mensajes que recuerden al jugador a controlar su respiración.

Finalmente, a modo de resumen, los estados del mini juego a programar se pueden ver en la figura 3.14.

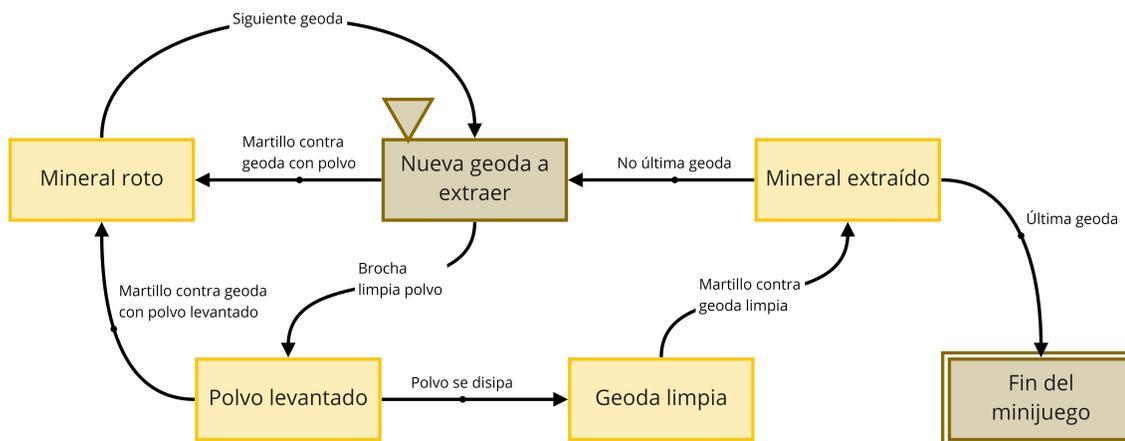


Figura 3.14: Estados a programar para el mini juego de geodas.

3.5.2. Diseño de las mecánicas de juego

A continuación se presentan los diseños de los mini juegos desarrollados.

Mini juego *Color Runner*

El rediseño mantuvo el estilo de juego como un *scroll* horizontal infinito. Sin embargo, en esta ocasión se puso mucho más énfasis en el apartado visual y sonoro, para lograr así una mayor inmersión y excitación del jugador (ver figura 3.15). Los principales cambios realizados fueron los siguientes:

1. Se utilizaron cinco *tracks* loopeables bajo el tag *fast tempo*. Los *tracks* se reproducen de manera aleatoria para evitar la monotonía.
2. Se añadieron efectos sonoros para lograr una ambientación acorde al estado de excitación. Por ejemplo, sonidos de explosiones e infraestructuras desmoronándose.
3. Se seleccionó una paleta de colores desde la plataforma web Lospec, que tenga los tags *red* y *yellow*, y que tenga colores vívidos.
4. Se añadieron efectos de explosiones y temblores para ofrecer una experiencia más intensa.
5. Se utilizaron los *sprites* de la luna y sol para representar si el pulso cardiaco del jugador está por debajo o por sobre el pulso cardiaco base respectivamente⁵.

⁵El uso de estos *sprites* fue experimental. Fueron utilizados principalmente para mejorar el *HUD*.

Input: Click izquierdo, *touch pad* y barra espaciadora activan el salto del personaje. El personaje está constantemente bajo los efectos de la gravedad.

Objetivo: Esquivar los pilares consiguiendo puntos por pasar entre ellos.

Pulso cardiaco: Si el jugador está sobre el pulso cardiaco base, se facilita la obtención de puntos.

Condición de victoria: Conseguir 70 puntos. Una vez logrados se presentará el *Affective slider*.

Condición de pérdida: El personaje es arrastrado al extremo izquierdo de la pantalla, siendo destruido por las explosiones. El personaje será automáticamente teletransportado a la ubicación de partida junto con una penalización de 20 puntos.

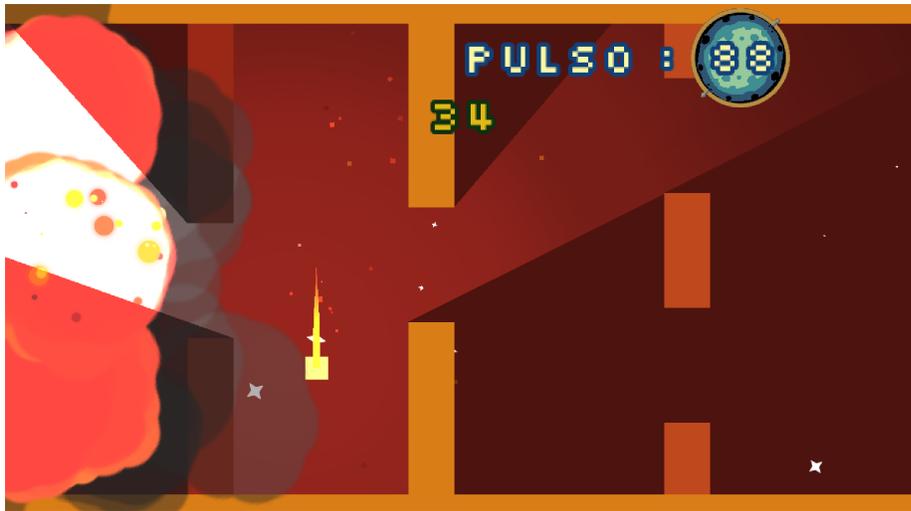


Figura 3.15: Mini juego *Color Runner* actualizado a los nuevos estándares. El personaje es el cuadrado amarillo a la izquierda.

Mini juego de pesca

El diseño de este mini juego se basó en el diseño preliminar del juego de pesca previamente descrito. Se priorizó ese diseño preliminar por sobre el mini juego de geodas debido a la complejidad de este al momento de mostrar / aprender las reglas de juego. Además, porque este contemplaba el uso de dos botones como *input* y no solo uno.

El mini juego fue desarrollado considerando los nuevos estándares propuestos, poniendo especial énfasis en el apartado visual y sonoro, para así lograr una mayor inmersión y relajación del jugador (ver figura 3.16). Las principales características son las siguientes:

1. Se utilizó sonido ambiental de una playa con oleaje suave como *track* principal. El *track* se reproduce continuamente.
2. Se añadieron sonidos ambientales adicionales para ofrecer mayor inmersión y tranquilidad al jugador. Por ejemplo, se añadieron sonidos de brisas suaves y sonidos de criaturas inofensivas a la lejanía, como pajaritos y cigarras.

3. Se añadió un efecto sonoro en respuesta al *input* para mejorar el *feedback* de respuesta al jugador. El efecto sonoro añadido es el sonido de la carrete de la caña de pescar al jalarse, y cuenta con *Pitch Randomization* para que en cada reproducción el sonido suene ligeramente distinto, evitando así que suene muy monótono cada vez que se active.
4. Se añadieron efectos sonoros positivos y negativos para cuando el jugador consiga o pierda la captura respectivamente.
5. Se seleccionó una paleta de colores desde la plataforma web Lospec ⁶, con los tags *warm*, *relax*, y que tenga colores azulados.
6. Se añadieron distintos efectos para ofrecer una experiencia más relajante. Por ejemplo, se añadió un efecto de brisa sobre algunos elementos de la pantalla, como las palmeras y las plantas humedales Poales. Se añadió un efecto de marea sobre el mar y se añadió un efecto de ruido visual sobre la ubicación del cebo.
7. Se utilizaron los *sprites* de la luna y sol para representar si el pulso cardiaco del jugador está por debajo o por sobre el pulso cardiaco base respectivamente⁷.

Input: Click izquierdo, *touch pad* y barra espaciadora activa que el personaje jale la caña de pescar, elevando así la zona de pesca. La zona de pesca está constantemente bajo los efectos de la gravedad y tiene físicas elásticas para que esta rebote al topar con el fondo.

Objetivo: Desplazar la zona de pesca a donde se sitúe el pez, para así llenar la barra de pesca y capturarlo. El jugador será recompensado con un ser vivo marino aleatorio de entre 10 variedades distintas.

Pulso cardiaco: Si el pulso cardiaco del jugador está sobre el pulso cardiaco base, dificulta la captura del pez mediante la manipulación de las físicas de la zona de captura. En concreto, la zona de captura aumenta su sensibilidad al *input* y rebota con más fuerza al topar con el fondo.

Condición de victoria: Pescar 10 peces. Una vez logrados se presentará el *Affective slider*.

Condición de pérdida: Si el pez se encuentra fuera de la zona de captura, la barra de pesca comenzará a vaciarse. El jugador perderá si la barra de pesca se vacía antes de que logre pescar el pez. Esto implica que el pez logró huir y el jugador solo habrá conseguido atrapar un alga. después de 5 segundo aparecerá otro pez.

⁶<https://lospec.com>

⁷El uso de estos *sprites* fue experimental. Fueron utilizados principalmente para mejorar el *HUD*.



Figura 3.16: Mini juego de pesca.

Con lo descrito anteriormente, se cumplió con el requerimiento funcional cuarto.

3.5.3. Rediseño del *Affective slider*

La exclusión del *Affective slider* de los mini juegos como una mecánica de juego más, implicó la necesidad de rediseñar esta escena de Godot de manera que no desentone con el estado anímico objetivo del respectivo mini juego. Sería contraproducente que, por ejemplo, al jugar el mini juego *Color Runner*, que tiene como objetivo excitar al jugador, al momento de responder el *Affective slider* este le produzca un efecto contrario. Es por esto que la escena de Godot del *Affective slider* fue rediseñada para que adapte la paleta de colores utilizada en función del mini juego jugado (ver figuras 3.17 y 3.18).

Adicionalmente, se cambió el uso de los colores rojo y azul como forma de representar la valencia negativa y positiva respectivamente, y en cambio, se utilizaron los *sprites* de la luna y sol en su lugar.



Figura 3.17: *Affective slider* con paleta de colores rojizos para cuando se juega *Color Runner*.



Figura 3.18: *Affective slider* con paleta de colores azulados para cuando se juega el mini juego de pesca.

3.5.4. Rediseño del Menú

Frente a la necesidad de tener una instancia previa al comienzo de la partida para recopilar los pulsos cardiacos y obtener el pulso cardiaco base del jugador, fue necesario separar el menú propuesto por Espinoza en dos: primero en la interfaz de conexión de la pulsera inteligente, y luego en el menú principal para comenzar la partida.

Para la interfaz de conexión de la pulsera inteligente solo se realizaron cambios menores a la estética y se omitieron las demás opciones que ya no cumplían un propósito (ver figura 3.19).

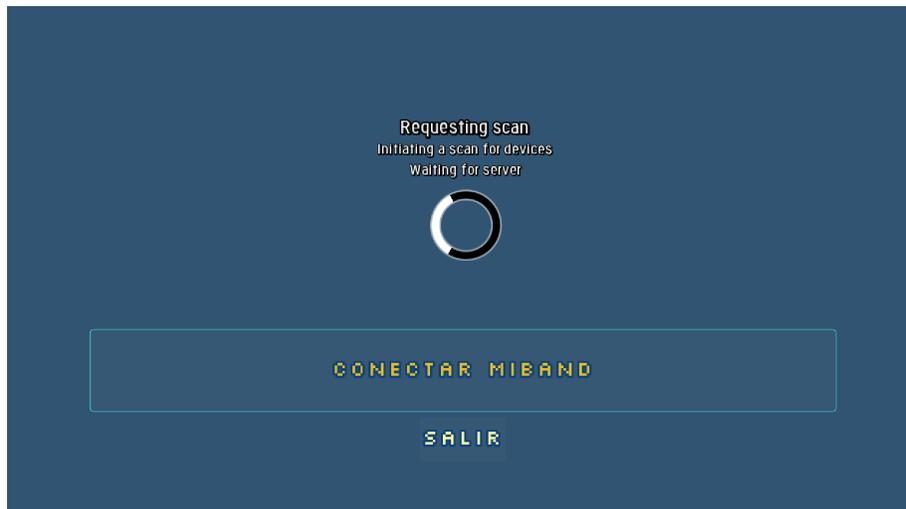


Figura 3.19: Rediseño de la interfaz de conexión de la pulsera inteligente.

Para el nuevo menú principal, se creó una nueva escena de Godot que cuente con lo que anteriormente era el selector de mini juegos. Con el objetivo de ofrecer mayor *feedback* y asegurar al jugador que la pulsera inteligente está realmente conectada y leyendo el pulso cardiaco correctamente, se muestra en pantalla el pulso cardiaco actual del jugador. Respecto al apartado visual, se utilizó una fuente de texto *retro* para aumentar la sensación lúdica, y se utilizaron colores que no tiendan a lo rojizo (para evitar excitar al jugador) ni que tiendan a lo azulado (para evitar relajar al jugador).

Adicionalmente, el fondo utilizado es animado, mostrando un efecto de ondas que se propagan a través de un patrón de baldosas, lo que en cierta medida, pretende referenciar el uso del pulso cardiaco como una mecánica principal de juego (ver figura 3.20). Por último, la música de fondo que se utilizó pretende atraer la atención del jugador y mantenerlo despierto.



Figura 3.20: Nuevo menú principal del videojuego.

3.5.5. Estética

Para conseguir que el jugador logre cambiar su estado anímico al deseado, se puso mucho énfasis en el apartado visual y sonoro, como también se buscó lo más posible polarizar todas las instancias correspondientes con una sola paleta de colores. De este modo, en todo lo que esté relacionado con la intención de lograr el estado de excitación en el jugador se utilizó una paleta de colores rojizos [2] (ver figura 3.21a). En cambio, en todo lo que esté relacionado con la intención de lograr el estado de relajación al jugador se utilizó una paleta de colores azulados [2] (ver figura 3.21b).



(a) Paleta de colores rojizos.

(b) Paleta de colores azulados.

Figura 3.21: Paleta de colores del mini juego *Color Runner* actualizado y del mini juego de la pesca respectivamente.

En el mini juego de la pesca se diseñó una ambientación de playa tropical utilizando los *assets packs*⁸ creados por shubibubi, y editándolos con la herramienta Aseprite.

⁸Los *assets packs* mencionados y otros recursos son descritos en la sección 6

Capítulo 4

Implementación del videojuego

En este capítulo se detallan las principales decisiones técnicas tomadas con respecto al desarrollo del videojuego. En particular, se aborda la definición de elementos gráficos (*assets*), del motor de videojuegos y los componentes de las mecánicas de juego.

El código implementado puede encontrarse en el repositorio GitLab del autor¹.

4.1. Entorno de desarrollo

Si bien el trabajo realizado por Espinoza fue desarrollado con Godot, se realizó un breve análisis para verificar si Godot es el motor de videojuegos más conveniente. Hoy en día existen varias alternativas de motores de videojuegos, cada una con sus ventajas, desventajas y especialidades. Algunos ejemplos son: Godot ², Unity ³, Unreal Engine ⁴, Game Maker Studio 2 ⁵, Cry Engine ⁶, entre otros.

El motor de videojuegos en cuestión debe cumplir, dentro de lo posible, con las siguientes características: gratuito, enfocado al desarrollo en 2D, liviano, con buena documentación e, idealmente, con una gran comunidad. También se valoró la familiaridad y el conocimiento previo del motor. A continuación se presentan el resultado del análisis:

4.1.1. Unity

Creado en el 2005. Es uno de los motores de videojuegos más importantes en la industria en la actualidad. Destaca por poseer una curva de aprendizaje fácil y por poseer una tienda de recursos de tamaño importante, que facilita el desarrollo de diversos elementos. Su lenguaje de programación es C#, que de por sí tiene amplia documentación, pero además cuenta con

¹<https://gitlab.com/JLarrain/trabajo-titulo-herramienta-ayuda-emocional-miband3>

²<https://godotengine.org>

³<https://unity.com>

⁴<https://www.unrealengine.com/en-US>

⁵<https://gamemaker.io/es/gamemaker>

⁶<https://www.cryengine.com>

un sistema de *visual scripting* ⁷ que permite a los creadores desarrollar mecánicas o lógicas de interacción del videojuego mediante un sistema visual, basado en gráficos, en lugar de escribir líneas de código tradicionales. Si bien Unity permite el desarrollo de videojuegos tanto 2D como 3D, se destaca principalmente por el desarrollo en 3D. Un aspecto negativo a considerar es que sus videojuegos tienden a exigir demasiada RAM en comparación a otros motores.

4.1.2. Unreal Engine

Creado por la compañía de videojuegos Epic Games en 1998. Es un motor altamente conocido por ser la base de videojuegos con alta calidad gráfica e importantes equipos de desarrollo, y como tal, está principalmente pensado para desarrollar videojuegos de grandes dimensiones ⁸ manteniendo un buen rendimiento. Su lenguaje de programación es C++, que de por sí tiene amplia documentación. Si bien Unreal Engine permite el desarrollo de videojuegos en 2D mediante un complemento llamado *Paper2D*, su especialidad es el desarrollo en 3D. Debido a lo potente que es este motor, sus videojuegos tienden a pesar demasiado en comparación a otros motores.

4.1.3. Godot

Creado en el 2007 como *software* libre. Es un motor que ha ganado bastante popularidad en la actualidad como alternativa *open source* a los motores anteriormente descritos. A diferencia de la mayoría de motores de videojuegos, posee un *renderer* separado para videojuegos desarrollados en 2D y en 3D. De este modo, Godot permite el desarrollo en 2D sin requerir de todos los componentes que solo tienen utilidad en proyectos 3D, lo que mejora el rendimiento y peso de sus videojuegos significativamente. Su lenguaje de programación es C++, que de por sí tiene amplia documentación, pero además cuenta con un lenguaje de programación interno llamado GDScript ⁹. GDScript es un lenguaje de programación de alto nivel con tipado dinámico utilizado para crear contenido. Utiliza una sintaxis similar a Python (los bloques están basados en la indentación y muchas palabras clave son similares). Un aspecto negativo a considerar es que no cuenta con la mejor documentación y su *software* tampoco cuenta con el mismo nivel de madurez que sus competidores.

A pesar de los defectos anteriormente descritos, Godot resalta como un muy buen candidato, principalmente por lo liviano que es y por su curva de aprendizaje fácil, comparable a la de Unity. También es importante señalar que ya se tenía familiaridad con Godot. Por otro lado, el motor Game Maker Studio 2 fue descartado por no tener versión gratuita en aquel entonces ¹⁰, y el motor Cry Engine también por ser bastante similar a Unreal Engine en su enfoque al desarrollo en 3D y proyectos grandes.

Como resultado se verificó que Godot es una excelente herramienta que cumple con los requerimientos para el presente trabajo. Por lo tanto, se decidió ocupar Godot como motor

⁷<https://unity.com/es/features/unity-visual-scripting>

⁸También se les suele conocer como juegos AAA.

⁹https://docs.godotengine.org/es/stable/tutorials/scripting/gdscript/gdscript_basics.html

¹⁰Ahora que Opera (propietaria de uno de los navegadores web más importantes del mundo) ha anunciado que ha comprado YoYo Games (Desarrolladora de Game Maker Studio 2), el motor cuenta con una versión gratuita (pero que no incluye la publicación del videojuego).

de videojuegos.

4.2. Estructura del motor de desarrollo

Cada motor de videojuego es diferente y se adapta a diferentes necesidades. Los motores no sólo ofrecen una serie de características, sino que el diseño de cada motor es único. Esto da lugar a diferentes flujos de trabajo y a diferentes maneras de formar las estructuras de los videojuegos. Todo ello deriva de las respectivas filosofías de diseño de cada motor.

Godot intenta alejarse de los patrones de programación estrictos para ofrecer una forma intuitiva de estructurar un videojuego. Por ejemplo, Godot adopta el diseño orientado a objetos en su núcleo, pero también cuenta con un flexible sistema de escenas y jerarquía de nodos. Esto le permite componer o agregar escenas de forma similar a los prefabricados anidados de Unity y heredar de cualquier escena.

En principio, una escena de Godot puede representar cualquier cosa del videojuego. Funciona como una clase de un lenguaje de programación, excepto que permite total libertad de diseñarla usando el editor, usando sólo el código, o ambas.

Por otro lado, Godot ofrece muchos tipos diferentes de objetos llamados nodos, cada uno con un propósito específico. Los nodos son parte de un árbol y siempre heredan de sus padres hasta la clase *Node*. Por ejemplo, como se aprecia en la figura 4.1, el nodo *Sprite* es un *Node2D*, un *CanvasItem* y un *Node*. Por ende, tiene todas las propiedades y características de sus tres clases padre, como las transformaciones o la capacidad de dibujar formas personalizadas y renderizar con un *shader* personalizado. Cabe mencionar que la mayoría de los nodos trabajan de forma independiente unos de otros, por lo que no funcionan como los componentes de otros motores de videojuegos.

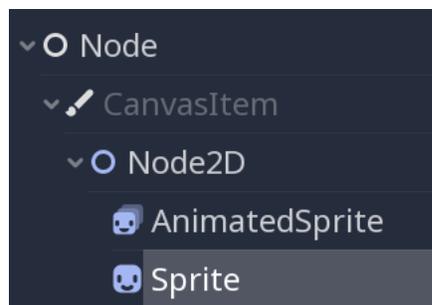


Figura 4.1: Ejemplo de la jerarquía de nodos, extraído de la interfaz de Godot.

Una clase de particular importancia es *SceneTree*, que hereda de la clase *MainLoop*, y se encarga de manejar el bucle del juego a través de una jerarquía de nodos. El *SceneTree* gestiona la jerarquía de nodos en una escena, así como las propias escenas. Todo el árbol de escenas (y por lo tanto la escena actual) puede ser pausado. Los nodos pueden ser añadidos, extraídos y eliminados, y las escenas pueden cargarse, cambiarse y recargarse.

4.3. Prototipo de funcionalidad

Con el objetivo de familiarizarse con el motor de videojuegos Godot, como también, con el manejo del monitor de pulso cardiaco, se creó un prototipo de mini juego sencillo para verificar el correcto funcionamiento e integración de la pulsera inteligente *Xiaomi MiBand 3*.

El prototipo permitía conectar la pulsera inteligente e indicar el pulso actual del jugador a través de una escala del 1 al 6. Para esto fue necesario realizar un *refactoring* del código fuente que implicó quitar todas las funcionalidades, excepto las esenciales: el menú, la conexión con la pulsera y la opción de comenzar el mini juego (ver figuras 4.2).



Figura 4.2: Reutilización de la interfaz desarrollada por Espinoza para conectar la pulsera inteligente *Xiaomi MiBand 3*.

Adicionalmente, se desarrolló un mini juego sencillo que tiene como único propósito visualizar de manera simple el nivel del pulso cardiaco en tiempo real del jugador. El mini juego consiste en representar el pulso cardiaco mediante una burbuja que se encoge si el pulso es bajo, o se expande si el pulso es alto (ver figuras 4.3 y 4.4). Para efectos prácticos, se separaron los niveles del pulso cardiaco en intervalos de 15 *bpm*:

- Nivel 1: pulso ≤ 60 *bpm*
- Nivel 2: 60 *bpm* < pulso ≤ 75 *bpm*
- Nivel 3: 75 *bpm* < pulso ≤ 90 *bpm*
- Nivel 4: 90 *bpm* < pulso ≤ 105 *bpm*
- Nivel 5: 105 *bpm* < pulso ≤ 120 *bpm*
- Nivel 6: 120 *bpm* < pulso

Cabe señalar que se diseñó y creó todos los recursos visuales presentes en la demo (exceptuando los ya creados, como la barra de progreso al conectar la pulsera en la figura 4.2).

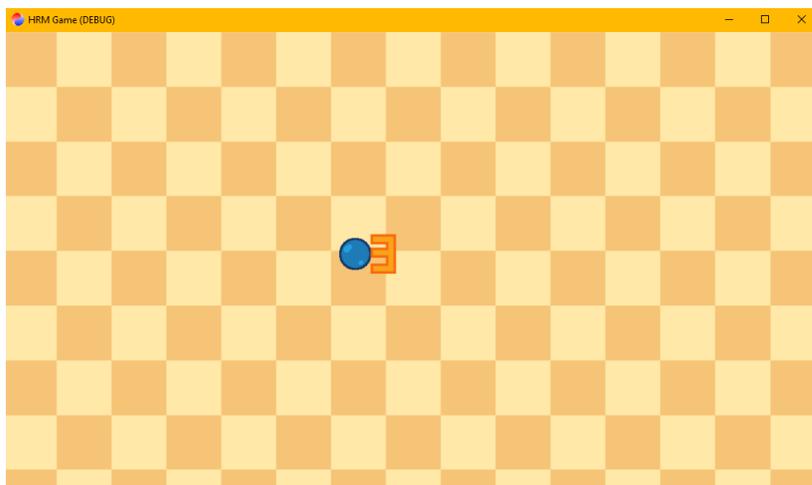


Figura 4.3: Interfaz del mini juego indicando al jugador que su pulso cardiaco se encuentra en el nivel 3 (pulso cardiaco entre los 75 *bpm* y los 90 *bpm*).



Figura 4.4: Niveles de pulso cardiaco que varían desde el nivel 1 (pulso cardiaco menor a 60 *bpm*) hasta el nivel 6 (pulso cardiaco mayor o igual a 120 *bpm*).

La conexión de la pulsera inteligente con el videojuego se realizó vía conexión TCP, y la transferencia de datos se realizó vía *Bluetooth Low Energy* (a partir de ahora *BLE*). *BLE* es una tecnología *wireless* basada en el estándar *Bluetooth 4.0* que se caracteriza por su bajo consumo energético (ideal para *wearables* y para *Internet of Things*) y por mejorar el radio y velocidad de transferencia (pudiendo alcanzar conexiones de hasta 100 metros, con velocidades de transferencia de 1Mbps).

El módulo encargado del manejo de la conexión con la pulsera es la escena de Godot *HRM Control*, que implementa la arquitectura servidor-cliente. Como se puede apreciar en las figuras 4.5 y 4.6, el *HrmManager* cuenta con un *HrmClient* y un *HrmServer*, y utiliza los puertos 1242 y 1243 como *in* y *out* respectivamente.



Figura 4.5: *SceneTree* de la escena del *HRM Control* y sus nodos.

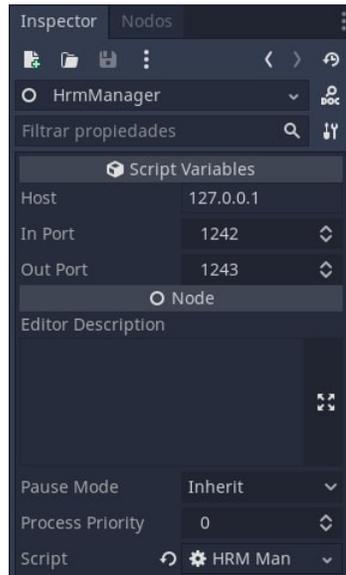


Figura 4.6: Inspector de la escena del *HRM Control*.

Sin embargo, la obtención de la data se logra con el *script heart_connector.gd*, que contiene todas las acciones de mayor relevancia para el desarrollo del videojuego. Como se puede apreciar en la figura 4.7, es este nodo el que se encarga de suministrar el pulso cardiaco (*_hrm_tick()*), de dar la orden de escanear en busca de dispositivos (*request_scan()*), de la selección del dispositivo a conectar (*select_device()*) y de emitir todo tipo de notificaciones, incluyendo la vibración de la pulsera una vez conectada (*_vibration_sent()*).



Figura 4.7: Métodos del nodo *heart_connector.gd*.

Con lo descrito anteriormente, se cumplió con el requerimiento funcional primero.

4.4. Estructura Principal

En principio, el proyecto se compone por dos tipos de nodos: los nodos auto cargados y los normales. Los nodos auto cargados, a diferencia de los normales, ocupan un espacio especial dentro del sistema de nodos de Godot. Para Godot, un nodo auto cargado está por encima de la escena principal, y de hecho, funcionan como variables globales.

Como se puede ver en la figura 4.8, el presenta trabajo cuenta con cinco nodos auto cargados, de los cuales, el más relevante es el *heart_connector.gd*. Este nodo es el encargado de instanciar el nodo *HRM Control*, que se encarga de establecer la conexión con la pulsera.

Los otros nodos auto cargados se encargan de definir parámetros globales de los mini juegos, como el pulso cardiaco base o los puntajes a lograr (*Global.gd*), obtener los parámetros de un archivo *settings.cfg* (*settings.gd*), manejar un sistema de registro de *logs* (*logger.gd*) y encargarse del cambio de escenas (*scene_switcher.gd*). Este último no se utilizó debido a la complejidad de realizar un *refactor* para que sea compatible con las escenas de transiciones.

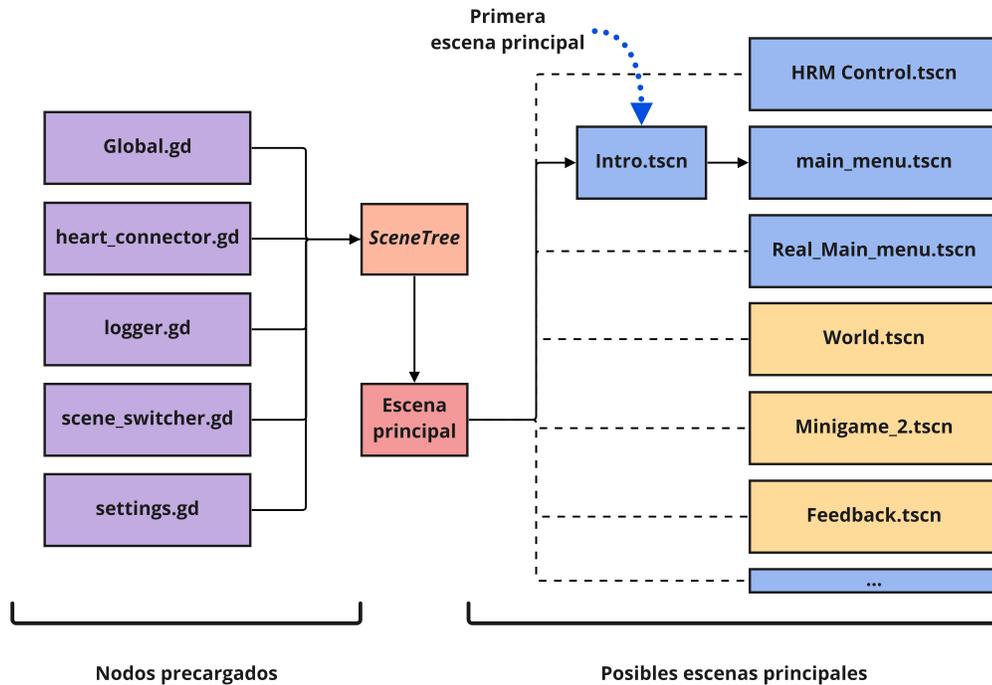


Figura 4.8: Estructura principal del videojuego.

En cuanto a los demás nodos, a continuación se presentan los nodos *Real_Main_menu.tscn* (menú principal), *World.tscn* (mini juego *Color Runner*), *Minigame_2.tscn* (mini juego de la pesca) y *feedback.tscn* (*Affective slider*).

4.5. Estructura del menú principal

En la figura 4.9 se muestra un *SceneTree* con los nodos utilizados en el menú principal. Para los elementos que pertenecen a la interfaz gráfica se utilizaron los nodos de la familia *Control* (característicos por su color verde). Para ello se creó el nodo “Menu” de tipo *Control* como raíz de la escena, que contiene 3 nodos *VBoxContainer*: “Center”, “Credits” y “Main”. Cada uno de estos nodos contiene los botones, y en particular el primero, contiene el nodo “HR_value”, de tipo *RichTextLabel*, con la visualización del pulso cardiaco (recibido a través de señales) y el nodo “OptionButton”, de tipo *OptionButton*, para escoger el mini juego.

Por último, el nodo “Menu” también contiene los nodos que se encargan del fondo animado y las transiciones correspondientes.

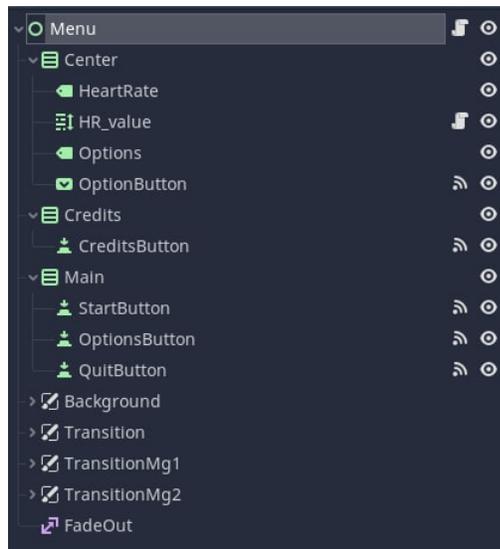


Figura 4.9: *SceneTree* de la escena del menú principal y sus nodos.

Con lo descrito anteriormente, se cumplió con el objetivo específico primero.

4.6. Estructura del mini juego *Color Runner*

En la figura 4.10 se muestra un *SceneTree* con los nodos utilizados en el mini juego *Color Runner*. Como raíz de la escena se utilizó un nodo de tipo *Node2D* llamado “World”. Los nodos más relevantes que contiene son: “Player” de tipo *KinematicBody2D*, “Camera2D” de tipo *Camera2D*, “Wallnodes” y “Tunnel” de tipo *Node2D*.

El nodo “Player” contiene los *hitboxes*¹¹ para la detección de impactos con el extremo izquierdo de la pantalla (que supone la destrucción del personaje), las colisiones con los nodos de tipo *CollisionShape2D* (como las murallas) y las zonas que dan puntos (como los huecos de las columnas por donde el jugador debe pasar). También contiene los nodos encargados del *sprite* y efectos visuales del personaje, como la luz emitida por el nodo “Light2D” de tipo *Light2D*, o el la estela formada por el nodo “Trail2D” de tipo *Trail2D*.

El nodo “Camera2D” corresponde a la cámara del personaje, la cual está estática al centro del escenario y su única función adicional es producir un efecto de sacudida cada vez que el personaje se encuentre cercano a las explosiones.

Los nodos “Wallnodes” y “Tunnel” corresponden a todos los elementos colisionables, tales como columnas, suelo y techo. Debido a que la cámara está estática, en realidad son las columnas las que se trasladan hacia la izquierda, dando la sensación de movimiento a la derecha al jugador.

Por último, el nodo “World” también contiene los nodos encargados de los demás efectos visuales, como las explosiones (“Explosion”) y las estrellas (“Stars”), el fondo (“Background”),

¹¹Un *hitbox* es el área de un cuerpo para la detección de colisiones en tiempo real. Es un término comúnmente utilizado en los videojuegos.

los temas musicales que se reproducirán (“Tracks”), las transiciones (“Transition”) y el *HUD* (“CanvasLayer”).

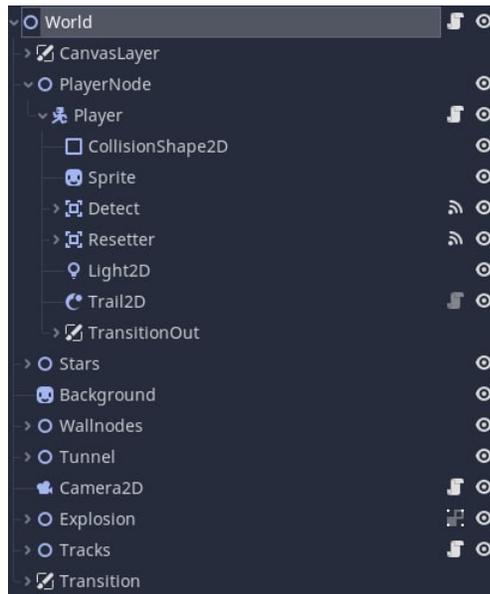


Figura 4.10: *SceneTree* de la escena del mini juego *Color Runner* y sus nodos.

Con lo descrito anteriormente, se cumplió con el objetivo específico tercero.

4.7. Estructura del mini juego de pesca

En la figura 4.11 se muestra un *SceneTree* con los nodos utilizados en el mini juego de pesca. Como raíz de la escena se utilizó un nodo tipo *Node2D* llamado “Minigame_2”. Los nodos más relevantes que contiene son: “FishingColumn” de tipo *Sprite*, “Hook” de tipo *Node2D*, “Progress” de tipo *TextureProgress*, “Premio” de tipo *Node2D*, “NextFish” de tipo *Timer* y “Camera2D” de tipo *Camera2D*.

El nodo “FishingColumn” es el *sprite* donde el jugador moverá la zona de pesca. El nodo “Hook” corresponde a la zona de pesca y cuenta con el *hitbox* para detectar la colisión con los extremos superior e inferior, y para detectar la presencia del pez dentro de la zona. El nodo “Progress” representa la barra de pesca. A medida que el jugador desplace la zona de pesca sobre el pez, este nodo alargará la textura asociada (o sea, rellenará la barra de pesca), y en caso contrario la achicará (o sea, vaciará la barra de pesca).

Una vez llena o vacía la barra de pesca, aparece el nodo “Premio” mostrando un *sprite* del pez capturado o de un alga respectivamente. Inmediatamente se gatilla el nodo “NextFish”, que es un *timer* de 5 segundos, que una vez transcurrido el tiempo, oculta el nodo “Premio” y se genera otro pez.

El nodo “Camera2D” corresponde a la cámara del personaje, la cual está estática al centro del escenario.

Por último, el nodo “Minigame_2” también contiene los nodos encargados del fondo (“Backgrounds”), los sonidos (“Tracks”), las transiciones (“Transition”) y el *HUD* (“Pulso”, “SunMoon” y “HR_Value”).



Figura 4.11: *SceneTree* de la escena del mini juego de pesca y sus nodos.

Con lo descrito anteriormente, se cumplió con el requerimiento funcional tercero. De igual manera, se cumplió con el objetivo específico cuarto.

4.8. Estructura del *Affective slider*

En la figura 4.12 se muestra un *SceneTree* con los nodos utilizados en el *Affective slider*. Como raíz de la escena se utilizó un nodo tipo *Control* llamado “Control”. Los nodos más relevantes que contiene son: “Feelings” de tipo *Node2D*, “HSlider” de tipo *HSlider*, “HR_Value” de tipo *Label* y “Continuar” de tipo *Button*.

El nodo “Feelings” contiene los *sprites* que representan la valencia positiva (“SunHappy”) y negativa (“MoonSleep”), y los valores de valencia que el jugador puede seleccionar (“Tokens”). El nodo “HSlider” corresponde a la funcionalidad del *Affective slider*.

Por otro lado, el nodo “HR_Value” muestra el pulso cardiaco y el nodo “Continuar” corresponde al botón que activará la transición a la siguiente escena.

Por último, el nodo “Control” también contiene los nodos encargados de mostrar el fondo correspondiente (“Background1” y “Background2”) y las transiciones (“Transition”).

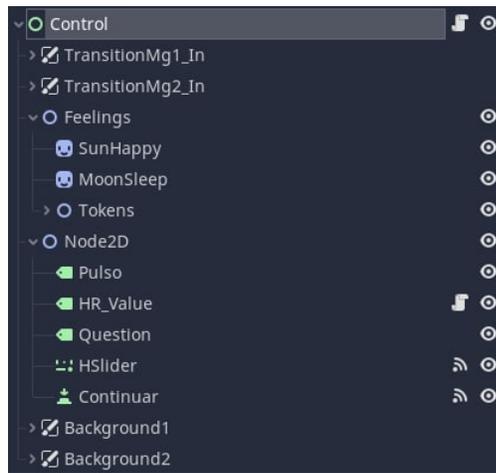


Figura 4.12: *SceneTree* de la escena del *Affective slider* y sus nodos.

Con lo descrito anteriormente, se cumplió con el objetivo específico segundo.

4.9. Estructura del módulo de Recolección de datos

En la figura 4.5 se muestra un *SceneTree* con los nodos utilizados para lograr la conexión con la pulsera inteligente. Como raíz se utilizó un nodo que alberga la arquitectura servidor-cliente.

De este modo, una vez conectada la pulsera, el nodo *HrmClient* se encarga de recibir la data del pulso cardiaco, para luego emitirla a través de una señal que es captada por el nodo padre *HrmManager*. Este a su vez envía los datos a través de otra señal, que es captada por el nodo auto cargado *heart_connector.gd*. Luego, la data del pulso cardiaco es distribuida al resto de escenas que lo utilizan (ver figura 4.13).

manera, se cumplió con el objetivo específico quinto.

4.10. Interfaces de usuario

Pasando a los elementos de la interfaz del videojuego se pueden mencionar dos tipos: las conformadas por las distintas pantallas mostradas a través del videojuego, como los menús, los mini juegos y el *Affective slider*, y las conformadas por los elementos gráficos que tienen el propósito de mostrar información al jugador, o también conocidos como *HUD*.

Los *HUD* más relevantes se encuentran en los mini juegos y en el *Affective slider*, y cumplen principalmente con las siguientes funciones:

1. Indicar el pulso cardiaco actual del jugador.
2. Indicar si el pulso cardiaco actual está por sobre o por debajo el pulso cardiaco base, a través del *sprite* de un sol o luna respectivamente.
3. Indicar el progreso del jugador en los mini juegos.

En el mini juego *Color Runner* el *HUD* se puede ver en la parte superior, que consta de un contador de puntos actuales, y a su derecha y por encima, el pulso cardiaco en tiempo real junto con el *sprite* del sol o luna (ver figura 4.15). Se decidió ubicar estos elementos gráficos en una ubicación que no estorbe a la vista, pero que tampoco queden escondidos. De este modo, el jugador puede corroborar cuántos puntos lleva sin tener que alejar mucho la vista.



Figura 4.15: *HUD* del mini juego *Color Runner* ubicado en la parte superior de la pantalla.

En el mini juego de pesca el *HUD* se puede ver en tres lugares: en la esquina superior izquierda se encuentra el pulso cardiaco en tiempo real junto con el *sprite* del sol o luna (ver figura 4.16a). En la esquina inferior derecha se encuentra el contador de criaturas marinas pescadas (ver figura 4.16b). Se decidió ubicar estos elementos gráficos lejos del centro de atención (centro de la pantalla), debido a la naturaleza lenta del mini juego, pues el jugador dispone de tiempo para ver la información sin prisa.

Por último, el tercer *HUD* aparece al capturar o perder un pez. Como se puede ver en la figura 4.17, para mostrar al jugador lo que pescó, se visualiza un cuadro con el *sprite* del pez capturado al centro de la pantalla. Debajo de este se señala el nombre de la criatura. Se decidió ubicar este último *HUD* al centro de la pantalla para llamar la atención del jugador y para incentivarlo.



(a) Visualizador de pulso cardiaco.

(b) Visualizador de puntaje.

Figura 4.16: *HUD* del mini juego de pesca.



Figura 4.17: *HUD* de la captura realizada.

Con lo descrito anteriormente, se cumplió con el requerimiento funcional sexto y séptimo.

4.11. Empaquetamiento y Exportación de la aplicación

Finalmente, una vez que se terminó el desarrollo del videojuego se empaquetó y exportó como un ejecutable de Windows 10 (ver figura 4.18), cumpliendo así, el requerimiento funcional segundo. De este modo, se permitió operar con el videojuego terminado sin correr riesgos de modificar o estropear su funcionamiento. Además, se logró así la distribución del videojuego de manera sencilla sin la necesidad de clonar el repositorio. El ícono utilizado por el ejecutable se puede ver en la figura 4.19.

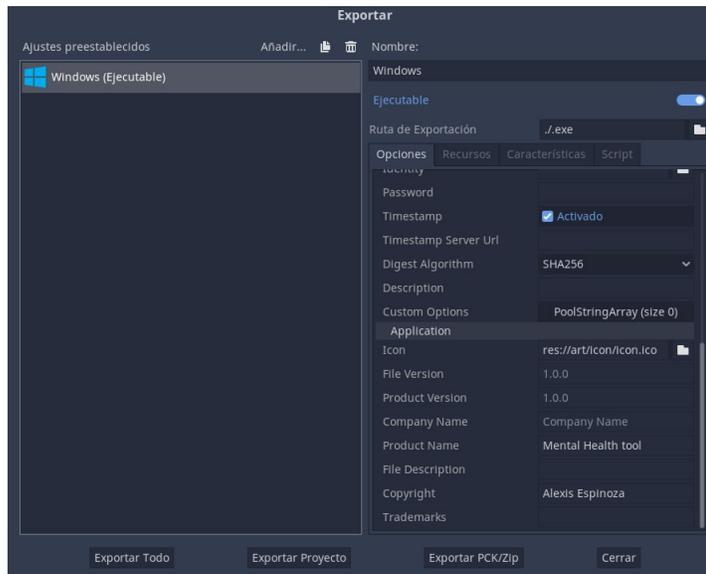


Figura 4.18: Ventana de configuraciones de Godot para la exportación del proyecto a Windows 10.



Figura 4.19: Ícono de la aplicación.

Por último, cabe señalar que, si bien el videojuego funcionó al ejecutarlo en otros computadores, en aquellos con Windows 11 la conexión a la pulsera inteligente no fue posible. Esto se debe, presuntamente, a una incompatibilidad del driver de *Bluetooth*.

Capítulo 5

Prueba de concepto

Con el objetivo de comprobar tanto la jugabilidad como la correcta transición al estado anímico buscado, se reunió a un grupo de usuarios con los cuales se ejecutó una prueba de concepto sobre los prototipos de videojuegos desarrollados.

5.1. Participantes

Se seleccionó un grupo de 30 personas, compuesto por estudiantes de edades entre 18 y 27 años, dado que se encuentran dentro del rango del público objetivo del videojuego desarrollado. Para ello se realizó un llamado abierto a estudiantes del curso CC1000¹, pues cumplen con el rango etario buscado.

5.2. Locación y fecha

La prueba con usuario se realizó en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, y se realizó en dos instancias.

5.3. Equipo utilizado

Las pruebas fueron realizadas con un único monitor de pulso cardíaco Xiaomi MiBand 3 conectado a un *notebook* con sistema operativo Windows 10. También se utilizaron unos auriculares de diadema y un *mouse* inalámbrico. Las características del *notebook* son las siguientes:

1. Modelo: MSI GS65 Stealth Thin 8RF
2. Procesador: Intel(R) Core(TM) i7-875H CPU @ 2.20GHz
3. Tarjeta gráfica: NVIDIA GeForce GTX 1070 with Max-Q Design
4. RAM: 16 GB

¹CC1000 corresponde al curso Herramientas Computacionales para Ingeniería y Ciencias cursado en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

5. SSD: 256 GB

Es importante señalar que, debido a los requerimientos técnicos para que la pulsera Xiaomi MiBand 3 opere correctamente, el equipo utilizado debe tener sistema operativo Windows 10.

5.4. Cuestionarios utilizados

En total se utilizaron tres cuestionarios: *Self-Assessment Manikin (SAM)* y *Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)* para las mediciones de las emociones humanas, y *The Game Experience Questionnaire (GEQ)* para medir las experiencias de juego de los jugadores.

SAM consiste en una técnica de evaluación no verbal para medir directamente la reacción afectiva de un usuario a un estímulo. El cuestionario consiste en tres preguntas representadas por muñecos que representan *pleasure*, *arousal* y *dominance* en una escala del uno al nueve (menor a mayor intensidad. Ver sección 6). Este cuestionario se utilizó para compararlo con los resultados obtenidos empíricamente a través del monitor de pulso cardíaco y a través del *Affective slider*.

PANAS consiste en la evaluación de como se relaciona el estado emocional actual del usuario, mediante 20 preguntas medidas en niveles del uno al cinco (muy poco a mucho respectivamente), con diferentes sentimientos y emociones (ver sección 6). Este cuestionario se utilizó para comparar los cambios en el estado anímico entre ambos mini juegos.

GEQ es un cuestionario ampliamente utilizado para medir experiencias de juego en investigación académica e industria de Computación Centrada en las Personas. El cuestionario consiste en 17 preguntas con escala de uno a cinco (muy poco a mucho respectivamente) sobre como se sintió el jugador inmediatamente después de jugar (ver sección 6). Este cuestionario se utilizó para medir diversos aspectos de los mini juegos, como por ejemplo, medir la sensación de inmersión.

5.5. Procedimiento

La evaluación se realizó de manera empírica, siguiendo modelos de diseño experimental en HCI (*Human-Computer Interaction*) [1]. En particular, los pasos seguidos para la realización de la prueba consistieron en primero explicar el contexto de la prueba con usuarios a través de un formulario de inscripción que se utilizó para recopilar datos como: género, edad, frecuencia con la que juega videojuegos, principales plataformas y mandos para jugar, y la experiencia utilizando pulseras inteligentes. Una vez instalado el *setup*, se separó a los usuarios en dos grupos, buscando el balance de género: el grupo A y el grupo B. La actividad se realizó de a uno a la vez.

A los usuarios del grupo A se les pide escuchar con los auriculares un vídeo de *mindfulness* [34] con duración de tres minutos ². En cambio, a los usuarios del grupo B se les pide

²<https://www.youtube.com/watch?v=ABK0SYFxyEY>

completar un test de Stroop [21]³ a contra reloj. Esto con la finalidad de aumentar el contraste con el propósito de los mini juegos. La asignación de usuarios se realizó *in situ* buscando homogeneidad de género.

Una vez terminado, se les pide a los usuarios ponerse la pulsera correctamente y se les pide completar un cuestionario (descrito a continuación). Mientras tanto, se conectó la pulsera al videojuego para aprovechar ese tiempo para calibrar el instrumento y para que el videojuego reciba los suficientes datos para tener un pulso cardiaco base confiable.

El cuestionario anteriormente mencionado, consiste en la encuesta *SAM* [6] y la encuesta *PANAS* [36]. Luego, se les explica a los usuarios las reglas del mini juego correspondiente y sus controles brevemente. A los usuarios del grupo A se les explica cómo jugar al mini juego *Color Runner*, y a los usuarios del grupo B se les explica cómo jugar al mini juego de la pesca. A ambos grupos se les explica que pueden usar el *touch pad*, el *click* izquierdo del *mouse* o la barra espaciadora.

Una vez los usuarios entienden las reglas, se les pide que se coloquen los auriculares y comienza la partida. Para simular el uso del videojuego en un espacio de tiempo equivalente al de un descanso activo, después de cinco minutos, se cierra el videojuego mediante la interfaz (terminando así la conexión con la pulsera) independiente de si el jugador logró cumplir el objetivo del mini juego. Se les solicita quitarse la pulsera y se les pide completar un último cuestionario.

El último cuestionario consiste nuevamente en una encuesta *SAM* y una encuesta *PANAS*. Pero además, incluye una traducción del módulo post juego de *The Game Experience Questionnaire* [15] (a partir de ahora *GEQ*), un cuestionario ampliamente utilizado para medir experiencias de juego en investigación académica e industria de Computación Centrada en las Personas. Por último, se renombró manualmente el respectivo archivo *.log* (para evitar confundir los datos entre los distintos usuarios), generado por el videojuego con los datos de pulso cardiaco base, pulso cardiaco a través del tiempo y el mini juego jugado, y se llamó al siguiente usuario.

5.6. Recopilación y Análisis de datos

De la prueba con usuarios se recolectó datos de dos fuentes. La primera corresponde a los datos registrados por la aplicación a través del sistema de *logs* que tiene Godot. Y la segunda, los cuestionarios realizados previa y posteriormente a la sesión de juego.

Los datos recopilados a través de los cuestionarios fueron principalmente procesados y limpiados en hojas de Excel. Mientras que los datos recopilados en archivos *logs* fueron tabulados, procesados y limpiados mediante *scripts* de Python, que generaban archivos en formato CSV, para luego ser nuevamente procesados en *R Studio*.

Dados los datos recolectados, se analizaron los cambios entre las respuestas de las encuestas *SAM* y *PANAS*, antes y después de jugar. Esto se llevó a cabo utilizando hojas de Excel. También se analizaron cualitativamente las respuestas proporcionadas por ellos en la encuesta

³<https://www.psicoactiva.com/stroop.htm>

GEQ posterior a la sesión de juego, poniendo énfasis principalmente en la cantidad de cada respuesta distinta.

5.7. Resultados y Análisis

Para la prueba de concepto se reclutaron $N = 30$ participantes, sin embargo, cada mini juego contó con solo 15 participantes, para así comparar, lo más posible, en igualdad de condiciones ambos mini juegos. Para conseguirlo, se seleccionó personas que fueran estudiantes y se separaron manualmente los grupos, teniendo en consideración la homogeneidad de género. Dado que el número de usuarios de prueba no es lo suficientemente alto, los resultados no son generalizables, y por lo tanto, no es posible realizar un estudio significativo de los valores obtenidos en promedio para el grupo de prueba. En principio, se contempló realizar la prueba de concepto con más usuarios, pero por razones de disponibilidad no se logró concretar más iteraciones del estudio. Dado esto, se realizó un análisis cualitativo de los datos recolectados. A continuación se presentan los principales resultados obtenidos durante la prueba con usuarios.

5.7.1. Caracterización de usuarios

Es importante recalcar que, como indica la figura 5.1, la gran mayoría de los usuarios ha tenido poca o nula experiencia con pulsera inteligentes. Esto es relevante debido a que corresponde a la herramienta principal del estudio, y además, porque podría afectar los resultados al suponer una probable sensación de novedad, aumentando las expectativas de los usuarios, y así, elevando el estímulo de estos al momento de ser evaluados [29].

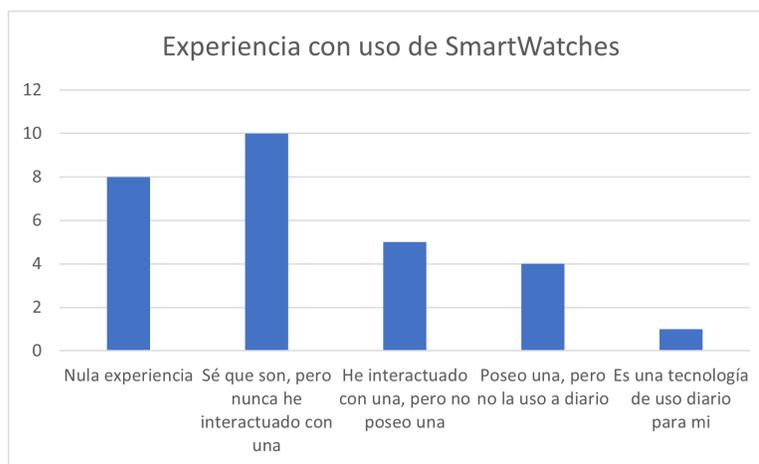


Figura 5.1: Experiencia con tecnologías de *SmartWatch*.

5.7.2. Resultados de las encuestas *SAM*

A continuación se presentan los principales resultados de los cuestionarios *SAM* realizados antes y después de la sesión de juego.

Mini juego *Color Runner*

Respecto a la dimensión *pleasure* (valencia emocional), se registró una mediana de seis (de una escala de uno a nueve) previo a la sesión, y una mediana de siete al terminar la sesión. En general se observó un aumento en la valencia emocional en los jugadores de dos unidades.

Respecto a la dimensión *arousal* (estimulación), se registró una mediana de cuatro (de una escala de uno a nueve) previo a la sesión, y una mediana de seis al terminar la sesión. En general se observó un aumento en la estimulación en los jugadores de tres unidades.

Respecto a la dimensión *dominance* (dominancia), se registró una mediana de cuatro (de una escala de uno a nueve) previo a la sesión, y una mediana de seis al terminar la sesión. En general se observó un aumento en la dominancia en los jugadores de dos unidades.

En general, el cuestionario *SAM* da cuenta de un aumento en todas las dimensiones del espectro posterior al mini juego *Color Runner*.

Mini juego de pesca

Respecto a la dimensión *pleasure* (valencia emocional), se registró una mediana de seis (de una escala de uno a nueve) previo a la sesión, y una mediana de siete al terminar la sesión. En general se observó un aumento en la valencia emocional en los jugadores de una unidad.

Respecto a la dimensión *arousal* (estimulación), se registró una mediana de seis (de una escala de uno a nueve) previo a la sesión, y una mediana de cuatro al terminar la sesión. En general se observó una disminución en la estimulación en los jugadores de dos unidades.

Respecto a la dimensión *dominance* (dominancia), se registró una mediana de cinco (de una escala de uno a nueve) previo a la sesión, y una mediana de cinco al terminar la sesión. En general se observó que no varió la dominancia en los jugadores.

En general, el cuestionario *SAM* da cuenta de un ligero aumento en la valencia emocional, pero una disminución de la estimulación posterior al mini juego de pesca.

Comparativa entre mini juegos

Se da cuenta de la diferencia inicial de la dimensión *arousal* entre ambos mini juegos, siendo la primera mayor. Esto se puede explicar debido a la exposición a una fuente de excitación o relajación previa a los cuestionarios. Lo que supone que la exposición a dichas fuentes cumplieron con su finalidad de contrastar ambos casos.

De igual manera, se da cuenta de la diferencia entre las tendencias de la dimensión *arousal* entre ambos mini juegos, tendiendo el primero a subirla, mientras que el segundo tendió a disminuir. Cumpliendo así, en principio, con el objetivo buscado.

5.7.3. Contraste con los datos registrados por el videojuego

A pesar de lo constatado por el cuestionario *SAM*, los datos obtenidos por el monitor de pulso cardiaco y por la herramienta *Affective slider* dan cuenta de otra realidad, pues carecen

de un patrón definido, ya sea a favor o en contra del estado anímico objetivo.

Mini juego *Color Runner*

Como se puede ver en la figura 6.4, los usuarios no cumplen con una notoria y homogénea subida del pulso cardiaco a través del tiempo. Esto podría deberse a la precisión del monitor usado, al no ser un monitor de gama media o alta. Si bien, hay casos como el sujeto 20 (S 20) que muestran un claro aumento del pulso cardiaco, también hay casos como el sujeto 8 (S 8) que muestran lo contrario.

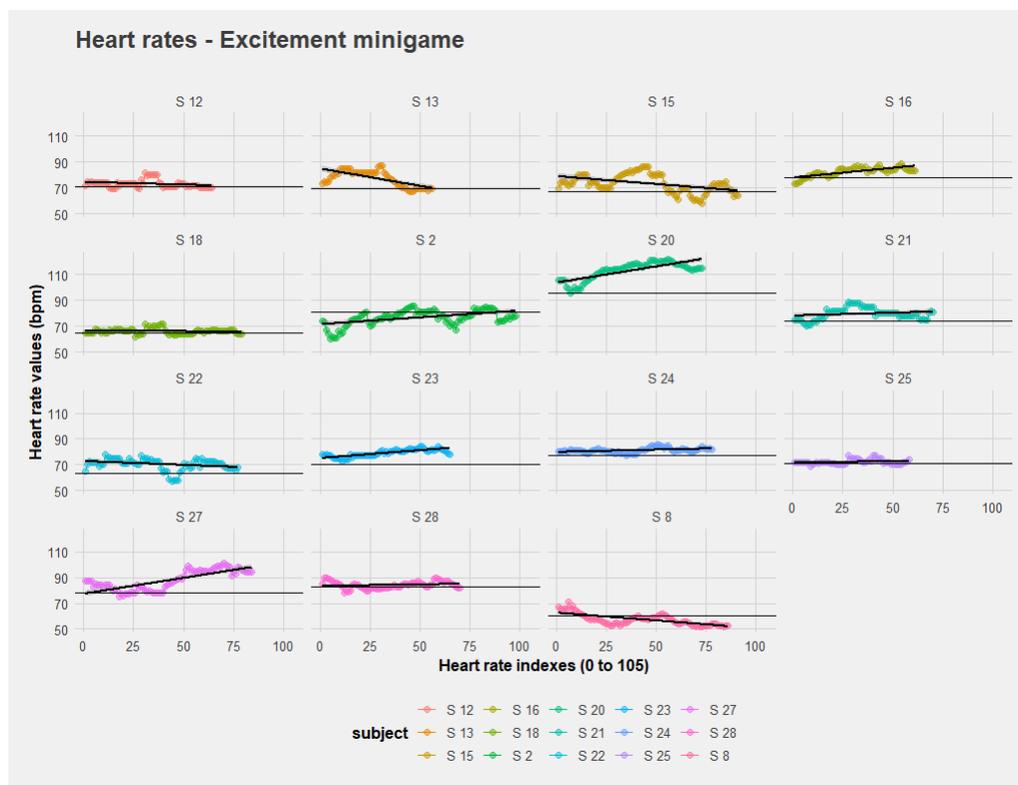


Figura 5.2: Pulso cardiaco a través del tiempo del mini juego *Color Runner*.

Mini juego de pesca

Como se puede ver en la figura 6.6, los usuarios no cumplen con una notoria y homogénea bajada del pulso cardiaco a través del tiempo. Si bien, hay casos como el sujeto 14 (S 14) que muestran una clara disminución del pulso cardiaco, también hay casos como el sujeto 5 (S 5) que muestran lo contrario.

De manera similar, los datos obtenidos por el *Affective slider* muestran que en general la valencia emocional se mantuvo o disminuyó, mientras que los resultados obtenidos con el cuestionario *SAM* muestran un aumento general. Nuevamente, esto podría deberse a la precisión del monitor usado.

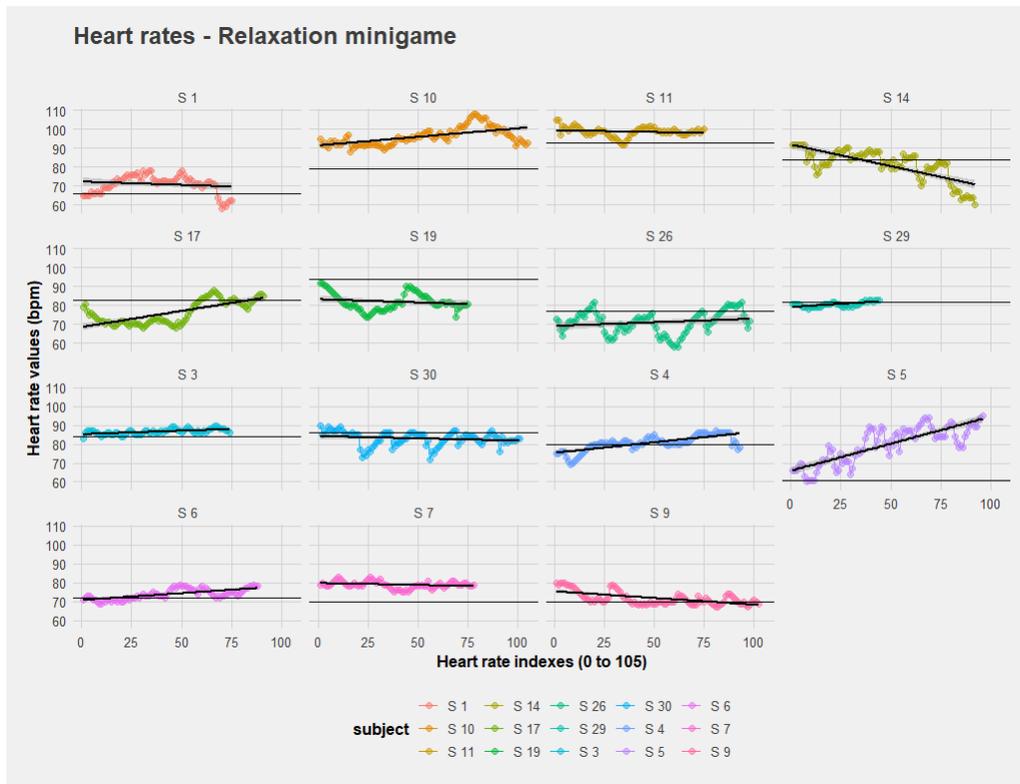


Figura 5.3: Pulso cardiaco a través del tiempo del mini juego de pesca.

5.7.4. Resultados de las encuestas *PANAS*

Para efectos prácticos, se separaron las respuestas en grupos de cuatro ítems a evaluar, y en particular, se analizarán primero los ocho ítems que describen un estado de tendencia positiva (Activo/a, Atento/a, Determinado/a, Entusiasmado/a, Fuerte, Inspirado/a, Interesado/a y Orgulloso/a), y luego los doce ítems que describen un estado de tendencia negativa (Alerta, Angustiado/a, Asustado/a, Avergonzado/a, Culpable, Exaltado/a, Hostil, Inquieto/a, Irritable, Molesto/a, Nervioso/a y Temeroso/a).

Mini juego *Color Runner*

Respecto a los ítems de tendencia positiva, se observó que hubo un aumento ligero en todos excepto con Atento/a e Interesado/a. En particular, Activo/a se redujo ligeramente.

Respecto a los ítems de tendencia negativa, se observó un aumento ligero con Angustiado/a, Hostil, Irritable y Nervioso/a.

Mini juego de pesca

Respecto a los ítems de tendencia positiva, se observó que no hubo cambios notorios, excepto por un ligero aumento de Determinado/a.

Respecto a los ítems de tendencia negativa, se observó un aumento ligero en varios ítems: Alerta, Angustiado/a, Avergonzado/a, Molesto/a y Temeroso/a. En particular, Inquieto/a,

Irritable y Nervioso/a mostraron un aumento mayor.

Comparativa entre mini juegos

Se observó en general una notoria tendencia al aumento de ítems negativos por sobre los positivos. En parte, se contempló un posible aumento en ítems como Irritable y Nervioso/a en el mini juego *Color Runner*, debido a los estímulos que presenta. Sin embargo, no se contempló lo mismo con el mini juego de pesca.

También se observó que el mini juego de pesca aumentó más los ítems de tendencia negativa que su contra parte, y también aumentó menos los ítems de tendencia positiva.

5.7.5. Resultados del cuestionario *GEQ*

Por último, se analizó los resultados del cuestionario *GEQ* aplicado justo después de finalizar la sesión de juego.

Mini juego *Color Runner*

Como se puede ver en la figura 5.4, en general los ítems negativos resultaron ser principalmente evaluados como “muy poco”. Los ítems más evaluados como “mucho” son: “Me sentí lleno/a de energía” y “Me sentí satisfecho/a”. Ítems como “Me sentí revitalizado/a” y “Se sintió como una victoria” también tuvieron puntuaciones altas. Por lo tanto, se evidencia el impacto positivo del mini juego en los jugadores y su potencial como herramienta de ayuda emocional.

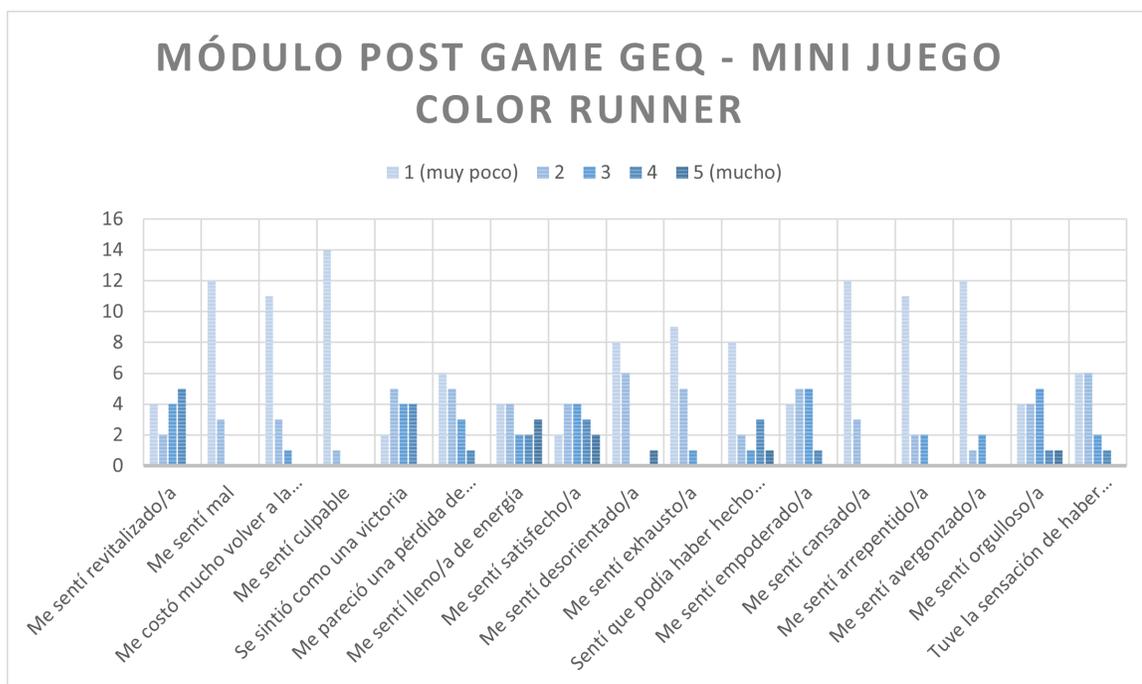


Figura 5.4: Resultados del mini juego *Color Runner* después de la sesión de juego.

Mini juego de pesca

Como se puede ver en la figura 5.5, en general los ítems negativos resultaron ser principalmente evaluados como “muy poco”. Los ítems más evaluados como “mucho” son: “Me sentí satisfecho/a” (por lejos) y “Tuve la sensación de haber regresado de un viaje”. Ítems como “Se sintió como una victoria” y “Me sentí lleno/a de energía” también tuvieron puntuaciones altas. Por lo que, en principio, cumple con el propósito de lograr una sensación de inmersión. Además, se evidencia el impacto positivo del mini juego en los jugadores y su potencial como herramienta de ayuda emocional.

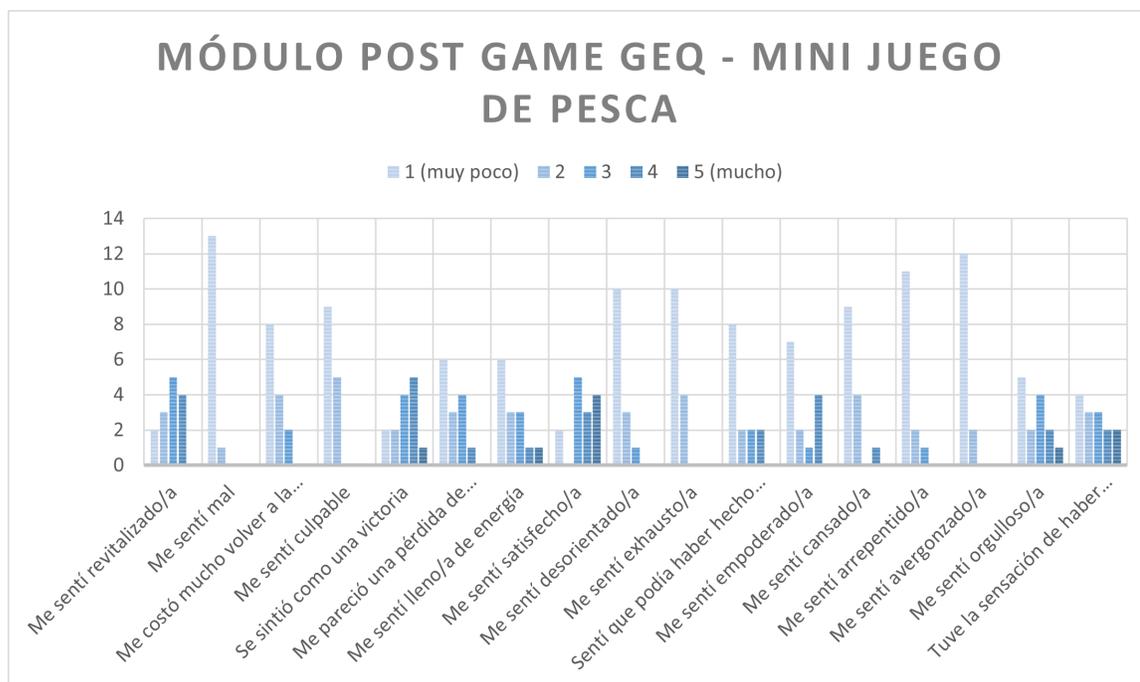


Figura 5.5: Resultados del mini juego de pesca después de la sesión de juego.

Comparativa entre mini juegos

En general, ambos mini juegos resultaron con perfiles similares en los resultados *GEQ*. Principalmente destacan ítems positivos relacionados con vitalidad y energía. Mientras que los ítems negativos están mayoritariamente con evaluación “muy poco”.

Por lo tanto, se evidencia que los usuarios quedaron mayormente realizados con el software desarrollado.

5.8. Discusión

A pesar de que los resultados no son estadísticamente significativos, y que el tamaño de la muestra fue de la mitad del total de participantes por cada mini juego, esto no impidió que se lograra observar la usabilidad y el acercamiento y distanciamiento entre los objetivos a cumplir y los resultados.

Tanto los resultados obtenidos por los cuestionarios, como los obtenidos por la aplicación misma, dan cuenta de la presencia de variables que no fueron contempladas en la prueba de concepto que afectan directamente la efectividad de la solución propuesta.

Un ejemplo de lo anterior es la presencia del *Expectancy-Value Theory* debido a la falta de experiencias con pulseras inteligentes 5.1. Esto implica que los usuarios estaban predispuestos a tener mayores expectativas, y con ello, un aumento en la estimulación al momento de ser evaluados [29]. En parte esto se puede aminorar con la realización de seguimientos a través del tiempo a los usuarios.

Por otro lado, la diferencia entre los resultados obtenidos a través de los cuestionarios de los obtenidos a través del videojuego mismo podría deberse a la falta de aislamiento del usuario al momento de ser evaluado. Es posible que la presencia de terceros haya influido en la forma de interactuar del usuario con la aplicación. Una forma de mitigar este problema podría ser aislando al usuario de los demás usuarios que ya han realizado las pruebas o que están esperando.

Por otro lado, llama la atención que el mini juego de pesca haya generado un aumento en estados anímicos de tendencia negativa, por sobre su contra parte. En principio, este efecto debería ser al revés, pues se diseñó con el propósito de relajar y calmar al usuario.

Una posible razón de este fenómeno, puede ser que ese mini juego requería de un buen *timing* con el control, y para algunos se observó que les costó bastante tiempo en acostumbrarse. Esto se puede ver reflejado en la cantidad de *feedback* afectivo que dejaron, pues las respuestas del *Affective slider* del mini juego de pesca fueron significativamente menores a las de su contra parte. En particular, dos usuarios no lograron terminar el mini juego ni una sola vez, ocho lograron terminarlo solo una vez, y el resto solo 2 veces.

Esto supone que el mini juego de pesca debe ser replanteado a nivel mecánico para que no estimule a los usuarios a través de su complejidad y dificultad. En concreto, se deberían evitar mecánicas que requieran de mucha precisión por parte del jugador y que exijan un ritmo de intervención (*input*) alto.

Los resultados del cuestionario *GEQ* muestran que hubo cierto grado de inmersión logrado en mini juegos como el de pesca, sin embargo, no se logró constatar este efecto en los datos de pulso cardiaco. Si bien, esto podría indicar que no es posible asegurar que se logró el requerimiento no funcional segundo, también podría ser el caso de que sí se logró un grado de inmersión pero llevando el estado anímico del jugador a uno distinto del deseado. Por lo tanto, resulta incierto el cumplimiento del requerimiento no funcional segundo.

El cuestionario *GEQ* también mostró que los usuarios quedaron mayormente realizados con el software desarrollado, al ser los *ítems* positivos los mayormente respondidos con “mucho”, y al revés, los *ítems* negativos los mayormente respondidos con “muy poco”.

También es relevante señalar que se observó que los usuarios se adaptaron rápidamente a las instrucciones de los mini juegos y no presentaron confusiones sobre el objetivo o de perder elementos visuales del videojuego. Cumpliendo así el requerimiento no funcional primero y el requerimiento funcional quinto. De igual manera, no se observaron señales de mal rendimiento

o *input lag*, por lo que se cumplió el requerimiento no funcional tercero.

De este modo, se logró cumplir mayormente con el objetivo general del presente trabajo. Esto es, dado que se logró el diseño y desarrollo de un videojuego como una forma de ayudar a la regulación emocional, incorporando tecnologías de *biofeedback*.

5.9. Limitaciones de la evaluación

Debido a que el experimento fue realizado con un número pequeño de usuarios por mini juego ($N = 15$), y a que no se realizó un seguimiento a través del tiempo a los usuarios, los resultados obtenidos no pueden ser generalizables a la población de estudio.

En sintonía con lo anterior, la falta de otros mini juegos que sirvan como alternativas a los ya implementados, limita la posibilidad de analizar con mayor certeza el impacto de la herramienta en sí al depender directamente de la eficacia de los mini juegos desarrollados. De este modo, si la herramienta de ayuda emocional contara con múltiples mini juegos para cada estado anímico que se quiera lograr, se podrían comparar entre los del mismo objetivo, para asegurar así, una mejor eficacia de los mini juegos.

También es importante señalar los impedimentos técnicos propios de la gama del dispositivo utilizado para obtener el pulso cardiaco. Al ser el modelo utilizado un dispositivo de gama baja, los resultados obtenidos están limitados a la precisión de este.

Capítulo 6

Conclusiones y Trabajo futuro

A continuación se concluye sobre el trabajo realizado, además haciendo una retrospectiva sobre qué podría haberse hecho mejor, y qué otras facultades podrían agregarse al videojuego a futuro.

El presente trabajo busca evaluar la factibilidad de desarrollar una solución que permita ayudar a la regulación emocional a usuarios de forma cotidiana, haciendo uso de tecnologías de *biofeedback* de una manera lúdica a través de un videojuego accesible. En concreto, se busca desarrollar un videojuego de escritorio capaz de obtener y utilizar el input de una pulsera inteligente.

En este trabajo se diseñó e implementó, a manera de prueba de concepto, un videojuego compuesto por dos mini juegos que cumplen con el objetivo de subir y bajar la estimulación respectivamente, los cuales reciben como input el pulso cardiaco base (obtenido previo a comenzar la partida), el pulso cardiaco en tiempo real y las respuestas manuales del *affective slider* para adaptar la dificultad del mini juego y así facilitar el efecto buscado.

A lo largo del desarrollo del trabajo realizado, se evidenció que implementar un videojuego con el propósito de ayudar a la regulación emocional del usuario a través del uso de tecnologías de *biofeedback*, no corresponde a un proceso que pueda ser desarrollado de manera inmediata. El carácter multidisciplinario de la solución propuesta conlleva inevitablemente al estudio y análisis de distintas áreas, como el área de HCI, psicología y la industria de los videojuegos, como también, al desarrollo en múltiples fases, que incluyen desde el diseño y desarrollo de prototipos, hasta la realización de pruebas con usuarios. También, es relevante el estudio y conocimiento de las herramientas utilizadas, como lo fue el uso de monitores de pulso cardiaco, pues se requiere lograr la correcta conectividad y compatibilidad con el motor de videojuegos utilizado.

De esta manera, fue necesario definir el estudio de las pulseras inteligentes como un punto de partida. Para ello, se realizó un prototipo que permitió experimentar con monitores Xiaomi MiBand 3, obteniendo el pulso cardiaco como *input*. Al tratarse de una extensión del trabajo de título realizado por Espinoza [11], fue fundamental estudiar y analizar el proyecto heredado. La realización del prototipo también sirvió con este propósito, y sentó las bases de

lo que es el presente trabajo.

Como objetivos específicos se definió la necesidad de reestructurar el proyecto, alterando el flujo y utilización del pulso cardiaco como *input*, como así también, el rediseño de las mecánicas de juego, las interfaces y los elementos audiovisuales del videojuego en su completitud. Ya con la planificación del *refactor* terminada, se debió actualizar una mecánica de juego a los nuevos estándares, se desarrolló otra mecánica de juego para completar las transiciones del modelo *Pleasure / Arousal* de interés, y se desarrolló un nuevo sistema de menús que permitieron la utilización del pulso cardiaco base como un punto de referencia.

Con la finalidad de evaluar el trabajo realizado, se realizó una prueba de concepto con una muestra de usuarios reales de manera presencial. Los resultados obtenidos permitieron que el esfuerzo requerido fuera recompensado. Si bien, dado el tamaño de la muestra, los resultados no son generalizables, sí fueron altamente valóricos para identificar qué decisiones fueron influyentes, y cuales fueron contra producentes.

En particular, se logró evidenciar, a través de los cuestionarios *SAM*, que los usuarios que jugaron el mini juego de excitación tendieron a subir su estimulación, mientras que los usuarios que jugaron el mini juego de relajación tendieron a bajar su estimulación. De la misma fuente, se puede dar cuenta del ligero aumento en valencia emocional que tuvieron los jugadores tras terminar la sesión de juego. Por otro lado, los resultados obtenidos por el pulso cardiaco indican que, en general, no hay ninguna tendencia marcada. Pues en ambos mini juegos se pueden encontrar casos de usuarios que lograron subir mucho su pulso cardiaco, como usuarios que lograron bajar mucho su pulso cardiaco. De igual manera ocurre con las respuestas de la herramienta *Affective slider*. Los resultados obtenidos no coinciden con la dimensión de valencia emocional de los resultados de los cuestionarios *SAM*.

Estas discordancias entre los resultados de distintas fuentes podría deberse a distintas razones. Por ejemplo, es posible que la falta de experiencia de los usuarios con pulseras inteligentes les haya generado mayores expectativas, elevando la estimulación [29]. Otro explicación, podría ser de carácter técnico, como que el modelo de monitor de pulso utilizado no sea lo suficientemente preciso.

Surgen así, distintas ideas y formas de mejorar la efectividad del proyecto como trabajo futuro. Por ejemplo, se podría expandir el número de participantes y realizar un seguimiento de los usuarios a través del tiempo, para así también reducir el impacto de la novedad. También se podría reformular el mini juego de relajación, de modo que evite tener mecánicas complejas y difíciles que provoquen el efecto opuesto al deseado. Otra posibilidad, es expandir el repertorio de mini juegos, explorando nuevas premisas y dando la posibilidad a que el usuario escoja qué mini juego se adapta más a sus necesidades. Otra opción, sería replantear el uso del videojuego de escritorio a un uso móvil, o inclusive, al uso directamente de un *smartwatch* de gama media o alta, como los *smartwach* de Samsung o Apple.

Finalmente, con los objetivos mayormente cumplidos, se da por alcanzado el objetivo general del presente trabajo de título. Esto es, dado que se logró el diseño y desarrollo de un videojuego como una forma de ayudar a la regulación emocional, incorporando tecnologías de *biofeedback*.

Bibliografía

- [1] *Front-matter*. En MacKenzie, I. Scott (editor): *Human-computer Interaction*, páginas i–iii. Morgan Kaufmann, Boston, 2013, ISBN 978-0-12-405865-1. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124058651000091>.
- [2] AL-Ayash, Aseel, Robert Kane, Dianne Smith y Paul Green-Armytage: *The influence of color on student emotion, heart rate, and performance in learning environments*. *Color Research Application*, 41, Febrero 2015.
- [3] Azarbarzin, Ali, Michele Ostrowski, Patrick Hanly y Magdy Younes: *Relationship between Arousal Intensity and Heart Rate Response to Arousal*. *Sleep*, 37(4):645–653, Abril 2014, ISSN 0161-8105. <https://doi.org/10.5665/sleep.3560>.
- [4] Betella, Alberto y Paul F. M. J. Verschure: *The Affective Slider: A Digital Self-Assessment Scale for the Measurement of Human Emotions*. *PLOS ONE*, 11(2):1–11, Febrero 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148037>.
- [5] Birk, Max V., Greg Wadley, Vero Vanden Abeele, Regan Mandryk y John Torous: *Video Games for Mental Health*. *Interactions*, 26(4):32–36, Junio 2019, ISSN 1072-5520. <http://doi.acm.org/10.1145/3328483>.
- [6] Bradley, Margaret M. y Peter J. Lang: *Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential*. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1):49–59, 1994, ISSN 0005-7916. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0005791694900639>.
- [7] Calm: *Calm*. https://www.calm.com/?goals=reduce_stress. [Online; accessed 16-July-2021].
- [8] Dyck, Edith, Joren Six y Marc Leman: *The relaxing effect of tempo on music-aroused heart rate*. Julio 2016.
- [9] Fritz, Charlotte, Allison M. Ellis, Caitlin A. Demsky, Bing C. Lin y Frankie Guros: *Embracing work breaks: Recovering from work stress*. *Organizational Dynamics*, 42(4):274 – 280, 2013, ISSN 0090-2616. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0090261613000430>.

- [10] GlobeNewswire: *Calm: startup unicorn*. <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/02/06/1711311/0/en/Calm-Raises-88M-Becomes-First-Mental-Health-Unicorn.html>. [Online; accessed 16-July-2021].
- [11] González, Espinoza y Alexis Leonardo: *Regulación emocional mediante videojuegos usando biofeedback e input del usuario*. 2021.
- [12] Graziotin, Daniel, Xiaofeng Wang y Pekka Abrahamsson: *Understanding the Affect of Developers: Theoretical Background and Guidelines for Psychoempirical Software Engineering*. En *Proceedings of the 7th International Workshop on Social Software Engineering, SSE 2015*, páginas 25–32, New York, NY, USA, 2015. ACM, ISBN 978-1-4503-3818-9. <http://doi.acm.org/10.1145/2804381.2804386>.
- [13] Hazlett, Richard L. y Joey Benedek: *Measuring emotional valence to understand the user's experience of software*. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(4):306 – 314, 2007, ISSN 1071-5819. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2006.11.005>, Evaluating affective interactions.
- [14] Hébert, Sylvie, Renée Béland, Odrée Dionne-Fournelle, Martine Crête y Sonia J. Lupien: *Physiological stress response to video-game playing: the contribution of built-in music*. *Life Sciences*, 76(20):2371–2380, 2005, ISSN 0024-3205. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024320505000378>.
- [15] IJsselsteijn, W.A., Y.A.W. de Kort y K. Poels: *The Game Experience Questionnaire*. Technische Universiteit Eindhoven, 2013.
- [16] INJUV. 9º encuesta nacional de juventud, 2018.
- [17] Labs, GEMH: *DEEP*. <http://www.exploredEEP.com/>, In Development. [Online; accessed 3-May-2021].
- [18] Labs, Neuromotion: *Mightier*. <https://mightier.com/how-it-works>. [Online; accessed 3-May-2021].
- [19] Naglé, Tim, Scott Bateman y Max V. Birk: *Pathfinder: The Behavioural and Motivational Effects of Collectibles in Gamified Software Training*. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, 5(CHI PLAY), oct 2021. <https://doi.org/10.1145/3474691>.
- [20] Ometov, Aleksandr, Viktoriia Shubina, Lucie Klus, Justyna Skibińska, Salwa Saafi, Pavel Pascacio, Laura Flueratoru, Darwin Quezada Gaibor, Nadezhda Chukhno, Olga Chukhno, Asad Ali, Asma Channa, Ekaterina Svertoka, Waleed Bin Qaim, Raúl Casanova-Marqués, Sylvia Holcer, Joaquín Torres-Sospedra, Sven Casteleyn, Giuseppe Ruggeri, Giuseppe Araniti, Radim Burget, Jiri Hosek y Elena Simona Lohan: *A Survey on Wearable Technology: History, State-of-the-Art and Current Challenges*. *Computer Networks*, 193:108074, 2021, ISSN 1389-1286. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128621001651>.

- [21] Ortega-Ferreira, Sandra: *Activación emocional en sujetos humanos: procedimientos para la inducción experimental de estrés*. Psicología USP, 30, Enero 2019.
- [22] Ortiz, Manuel S, Joshua F Willey y Jessica J Chiang: *How stress gets under the skin o cómo el estrés psicológico se introduce bajo la piel*. Revista médica de Chile, 142:767 – 774, Junio 2014, ISSN 0034-9887. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872014000600011>.
- [23] Patel, Rashmi, Jessica Irving, Aimee Brinn, Matthew Broadbent, Hitesh Shetty, Megan Pritchard, Johnny Downs, Robert Stewart, Robert Harland y Philip McGuire: *Impact of the COVID-19 pandemic on remote mental healthcare and prescribing in psychiatry: an electronic health record study*. BMJ Open, 11(3), 2021, ISSN 2044-6055. <https://bmjopen.bmj.com/content/11/3/e046365>.
- [24] Peake, Jonathan M., Graham Kerr y John P. Sullivan: *A Critical Review of Consumer Wearables, Mobile Applications, and Equipment for Providing Biofeedback, Monitoring Stress, and Sleep in Physically Active Populations*. Frontiers in Physiology, 9:743, 2018, ISSN 1664-042X. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.00743>.
- [25] Rhee, Hongjai y Sudong Kim: *Effects of breaks on regaining vitality at work: An empirical comparison of ‘conventional’ and ‘smart phone’ breaks*. Computers in Human Behavior, 57:160 – 167, 2016, ISSN 0747-5632. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563215302703>.
- [26] Rockstroh, Christoph, Johannes Blum y Anja S. Göritz: *A mobile VR-based respiratory biofeedback game to foster diaphragmatic breathing*. SpringerLink, 2020, ISSN 1434-9957. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-020-00471-5>.
- [27] RODRIGUES, Everson Hozano da Silva, Maria das Graças Wanderley de Sales CORIOLANO y Carla Cabral dos Santos Accioly LINS: *Use of biofeedback combined with conventional therapy in the swallowing rehabilitation of older adults: an integrative literature review*. Scielo, 2020, ISSN 1982-0216. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462020000500603.
- [28] S., Suguna y Deepika K.: *The effects of music on pulse rate and blood pressure in healthy young adults*. International Journal of Research in Medical Sciences, 5(12):5268–5272, 2017, ISSN 2320-6012.
- [29] Shang, Chaojie, Alexander Clayton Moss y Ang Chen: *The expectancy-value theory: A meta-analysis of its application in physical education*. Journal of Sport and Health Science, 2022, ISSN 2095-2546. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254622000187>.
- [30] Sills, David y Amber Todd: *Does Music Directly Affect a Person’s Heart Rate?* Journal of Emerging Investigators, Febrero 2015.
- [31] Singh, Shweta, Deblina Roy, Krittika Sinha, Sheeba Parveen, Ginni Sharma y Gunjan Joshi: *Impact of COVID-19 and lockdown on mental health of children and adolescents: A narrative review with recommendations*. ncbi, 293, 2020. <https://www.ncbi.nlm>

nih.gov/pmc/articles/PMC7444649/.

- [32] Siqueira, E. S., T. A. A. Santos, C. D. Castanho y R. P. Jacobi: *Estimating Player Experience from Arousal and Valence Using Psychophysiological Signals*. En *2018 17th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*, páginas 107–10709, Oct 2018. <https://doi.org/10.1109/sbgames.2018.00022>.
- [33] Studio, Flying Mollusk: *Nevermind*. <https://nevermindgame.com/about>, Septiembre 2015. [Online; accessed 3-May-2021].
- [34] VÃ¡squez-Dextre, Edgar R: *Mindfulness: Conceptos generales, psicoterapia y aplicaciones clÃ¡nicas*. Revista de Neuro-PsiquiatrÃ¡a, 79:42 – 51, Enero 2016, ISSN 0034-8597. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-85972016000100006&nrm=iso.
- [35] Villani, Daniela, Claudia Carissoli, Stefano Triberti, Antonella Marchetti, Gabriella Gilli y Giuseppe Riva: *Videogames for Emotion Regulation: A Systematic Review*. Games for Health Journal, 7(2):85–99, 2018. <https://doi.org/10.1089/g4h.2017.0108>, PMID: 29424555.
- [36] Watson, David, Lee Anna Clark y Auke Tellegen: *Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales*. Journal of personality and social psychology, 54 6:1063–70, 1988.
- [37] Yu, Bin, Mathias Funk, Jun Hu, Qi Wang y Loe Feijs: *Biofeedback for Everyday Stress Management: A Systematic Review*. Frontiers in ICT, 5:23, 2018, ISSN 2297-198X. <https://doi.org/10.3389/fict.2018.00023>.

Anexos

Anexo A: Atribución de los *Assets* del juego

A continuación se listan los *assets* utilizados y sus *links*:

1. *2D Destructible objects*: Utilizado en el mini juego *Color Runner*. Con licencia *MIT*.
<https://github.com/hiulit/Godot-3-2D-Destructible-Objects>
2. *Godot visual effects*: Utilizado en el mini juego *Color Runner*. Con licencia *Creative Commons by Attribution 4.0*.
<https://github.com/GDQuest/godot-visual-effects>
3. *Ripple shader*: Utilizado para dar efecto de ruido de ondas en el agua en el mini juego de pesca. Con licencia *MIT*.
<https://godotshaders.com/shader/ripple-shader/>
4. *Wind waker water shader*: Utilizado para dar efecto de movimiento al mar en el mini juego de pesca. Con licencia *CC0*.
<https://godotshaders.com/shader/wind-waker-water-no-textures-needed/>
5. *2d Shine highlight*: Utilizado para dar énfasis a elementos importantes de la pantalla. Con licencia *CC0*.
<https://godotshaders.com/shader/2d-shine-highlight/>
6. *Cozy people: Asset pack* utilizado en el mini juego de pesca. Con licencia completa, puede utilizarse en cualquier proyecto comercial o no comercial.
<https://shubibubi.itch.io/cozy-people>
7. *Cozy fishing: Asset pack* utilizado en el mini juego de pesca. Con licencia completa, puede utilizarse en cualquier proyecto comercial o no comercial.
<https://shubibubi.itch.io/cozy-fishing>
8. *Screentone scene transition*: Utilizado para las transiciones entre las escenas de Godot. Con licencia *CC0*.
<https://godotshaders.com/shader/screentone-scene-transition/>
9. *St 8 Phoenix*: Paleta de colores para el mini juego *Color Runner*.
<https://lospec.com/palette-list/st-8-phoenix>
10. *Wheat field*: Paleta de colores para el mini juego de pesca.
<https://lospec.com/palette-list/wheat-field>
11. *Silkscreen font*: Fuente de texto principal utilizada en el videojuego.
<https://www.dafont.com/silkscreen.font>
12. *Track Final sacrifice*: Tema utilizado en el mini juego *Color Runner*. Con licencia

- Creative Commons by Attribution 4.0.*
<https://www.playonloop.com>
13. *Track Parallel fields*: Tema utilizado en el mini juego *Color Runner*. Con licencia *Creative Commons by Attribution 4.0.*
<https://www.playonloop.com>
 14. *Track Future shock*: Tema utilizado en el mini juego *Color Runner*. Con licencia *Creative Commons by Attribution 4.0.*
<https://www.playonloop.com>
 15. *Track Savage match*: Tema utilizado en el mini juego *Color Runner*. Con licencia *Creative Commons by Attribution 4.0.*
<https://www.playonloop.com>
 16. *Track Tunnels*: Tema utilizado en el mini juego *Color Runner*. Con licencia *Creative Commons by Attribution 4.0.*
<https://www.playonloop.com>
 17. *Ambience outdoor sounds*: Tema utilizado en el mini juego de pesca. Con licencia *Creative Commons by Attribution 4.0.*
<https://www.playonloop.com>
 18. *Ambience outdoor natural sounds*: Tema utilizado en el mini juego de pesca. Con licencia *Standard.*
<https://www.zapsplat.com/music/ambience-ambiance-ambient-forest-nature-florida-woods-wild-grass-outdoor-trees-day-dusk-loop-seamless-looping-wind-windy-breeze-debris/>
 19. *The beauty of Maths by Meydän*: Tema del menú principal. Con licencia *Creative Commons by Attribution 4.0.*
<https://www.chosic.com/download-audio/30326/>
 20. *Ui tones*: Tonos utilizado en el menú principal. Con licencia *Standard.*
<https://www.zapsplat.com>

El resto de componentes gráficos del juego fueron diseñados y creados por el autor de este trabajo de título.

Anexo B: Cuestionario SAM

Indica en qué medida te has sentido así durante la semana. *

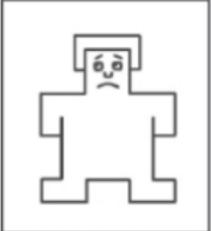
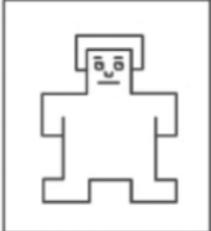
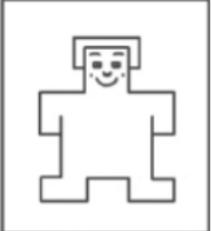
								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 6.1: Evaluación de la dimensión del placer.

Indica en qué medida te has sentido así durante la semana. *

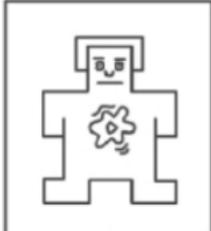
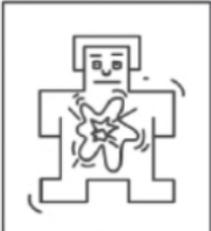
								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 6.2: Evaluación de la dimensión de la excitación.

⋮

Indica en qué medida te has sentido así durante la semana.*

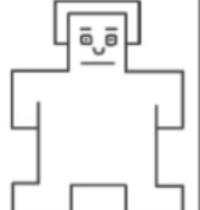
								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 6.3: Evaluación de la dimensión de la dominación.

Anexo C: Cuestionario *PANAS*

Indica en qué medida te has sentido de estos modos durante la semana (Siendo 1 muy poco y 5 mucho).

1. Interesado/a :
2. Angustiado/a :
3. Exaltado/a :
4. Molesto/a :
5. Fuerte :
6. Culpable :
7. Asustado/a :
8. Hostil :
9. Entusiasmado/a :
10. Orgullosa/a :
11. Irritable :
12. Alerta :
13. Avergonzado/a :
14. Inspirado/a :
15. Nervioso/a :
16. Determinado/a :
17. Atento/a :
18. Inquieto/a :
19. Activo/a :
20. Temeroso/a :

Anexo D: Registro del *log* de la prueba con usuarios

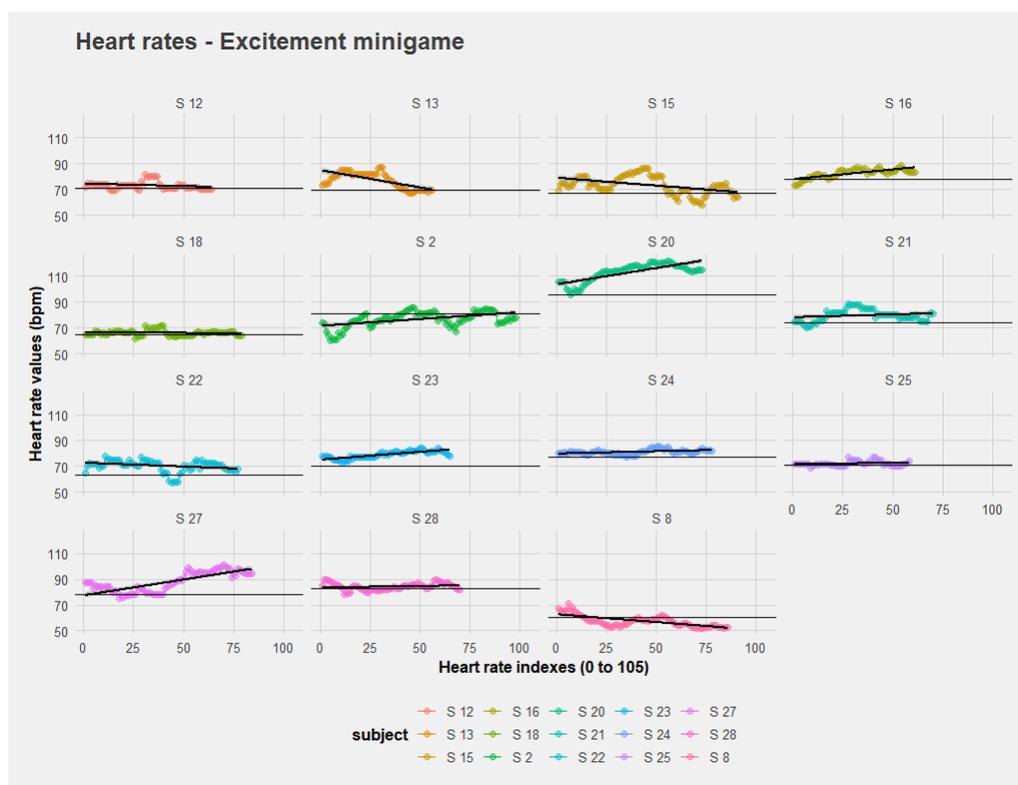


Figura 6.4: Pulso cardiaco a través del tiempo del mini juego *Color Runner*.

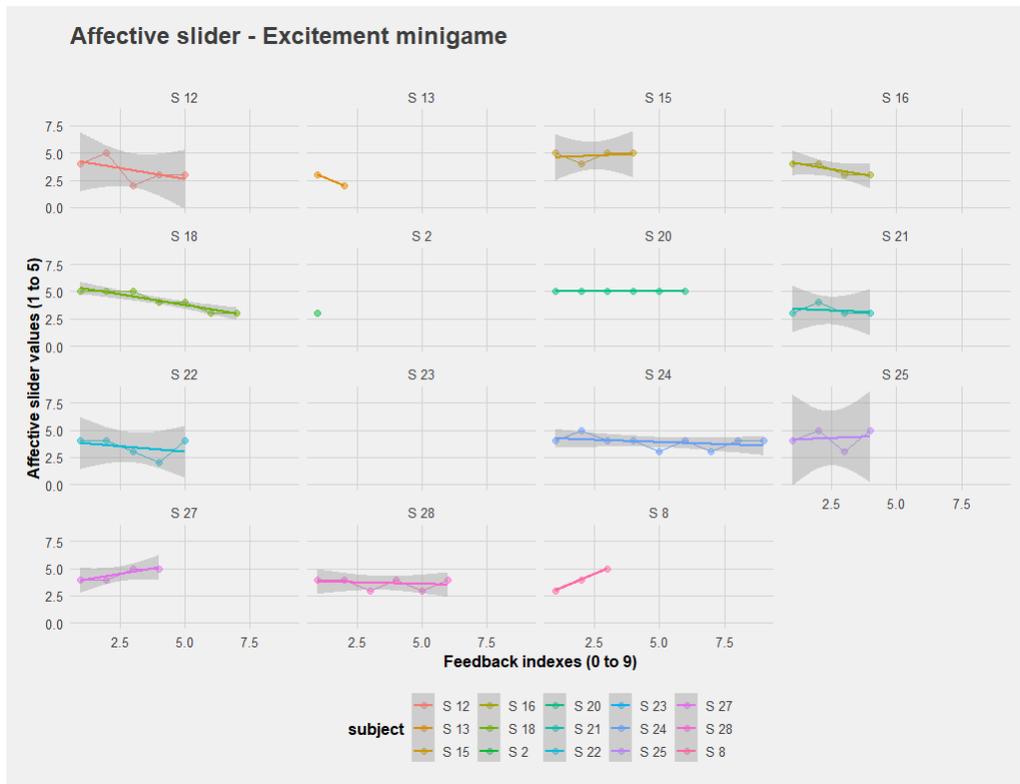


Figura 6.5: Respuestas del *Affective slider* del mini juego *Color Runner*.

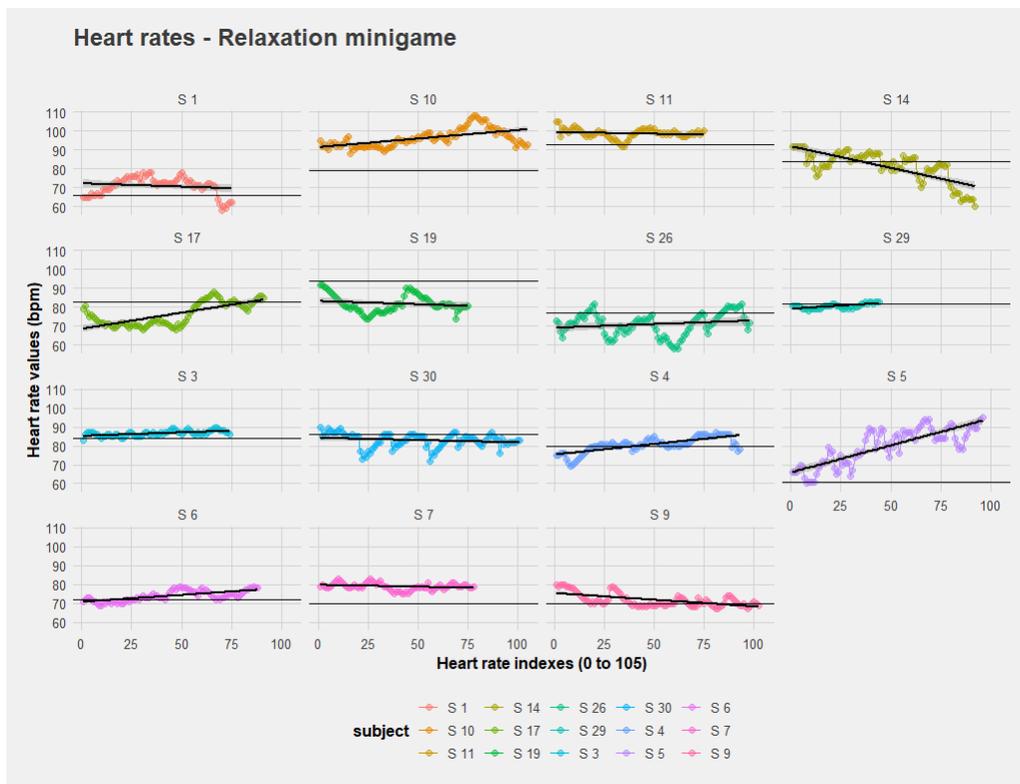


Figura 6.6: Pulso cardiaco a través del tiempo del mini juego de pesca.

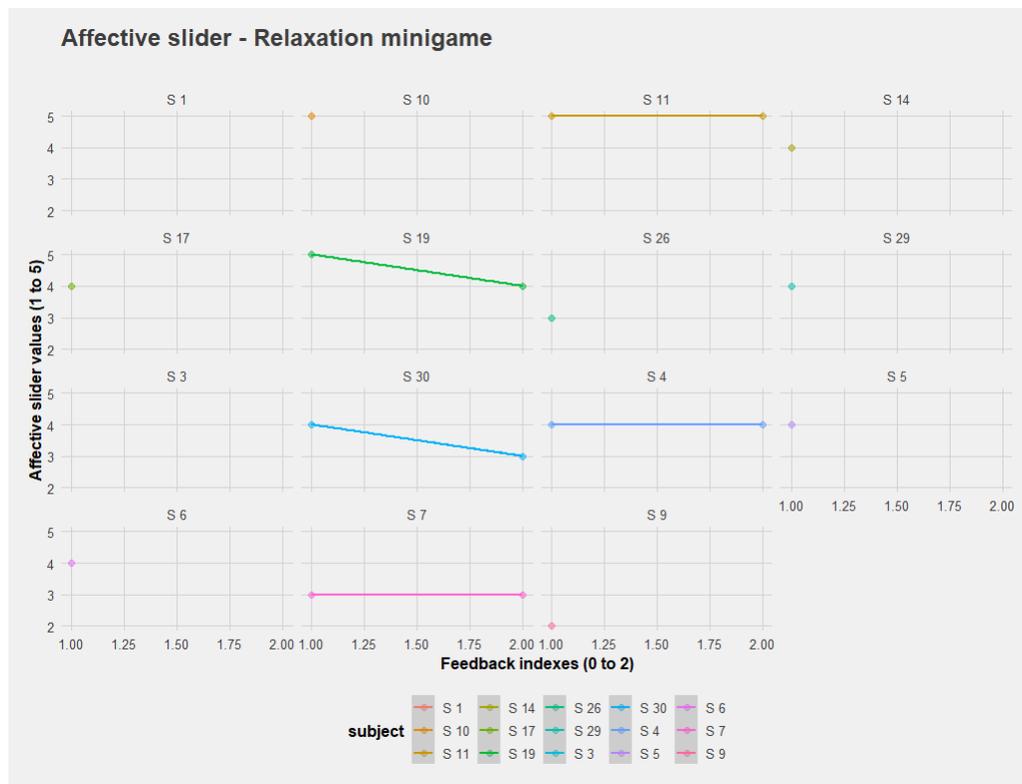


Figura 6.7: Respuestas del *Affective slider* del mini juego de pesca.

Anexo E: Cuestionario *GEQ*

Indica cómo te sentiste después de terminar el juego para cada uno de los ítems (Siendo 1 muy poco y 5 mucho.).

1. Me sentí revitalizado/a :
2. Me sentí mal :
3. Me costó mucho volver a la realidad :
4. Me sentí culpable :
5. Se sintió como una victoria :
6. Me pareció una pérdida de tiempo :
7. Me sentí lleno/a de energía :
8. Me sentí satisfecho/a :
9. Me sentí desorientado/a :
10. Me sentí exhausto/a :
11. Sentí que podía haber hecho cosas más útiles :
12. Me sentí empoderado/a :
13. Me sentí cansado/a :
14. Me sentí arrepentido/a :
15. Me sentí avergonzado/a :

16. Me sentí orgulloso/a :

17. Tuve la sensación de haber regresado de un viaje :

Anexo F: Gráficos de Prueba con usuarios

Resultados SAM del mini juego *Color Runner*

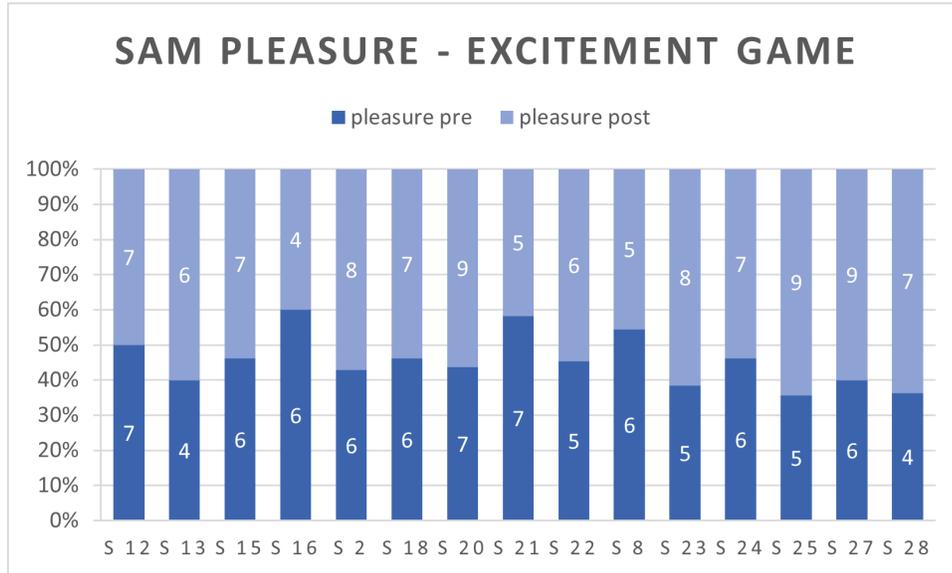


Figura 6.8: Contraste de resultados SAM antes y después del mini juego *Color Runner*.

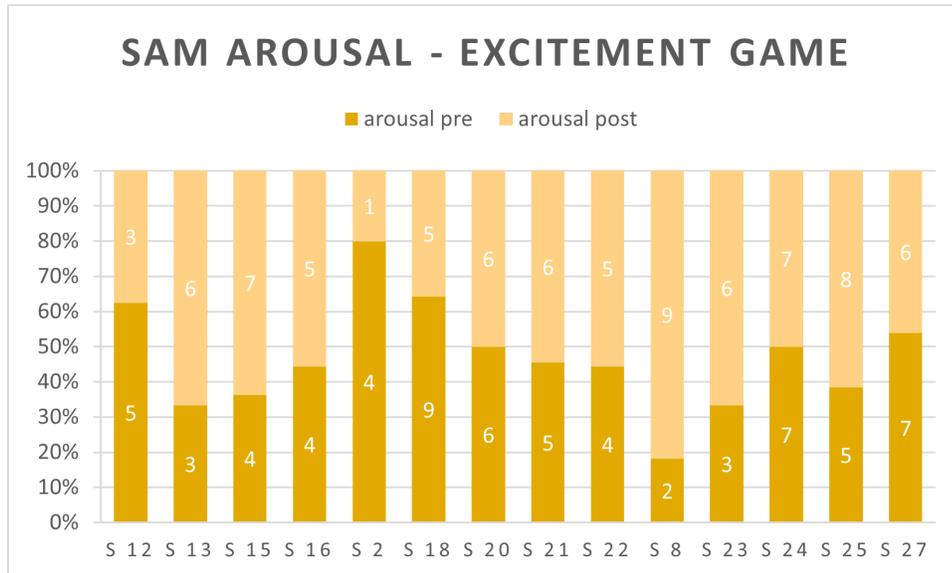


Figura 6.9: Contraste de resultados SAM antes y después del mini juego *Color Runner*.

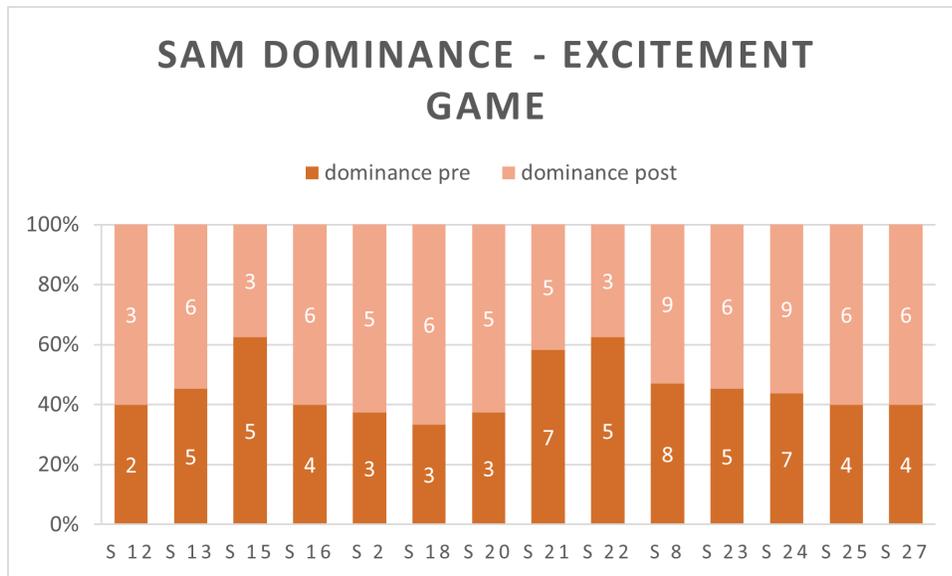


Figura 6.10: Contraste de resultados *SAM* antes y después del mini juego *Color Runner*.

Resultados *SAM* del mini juego de pesca

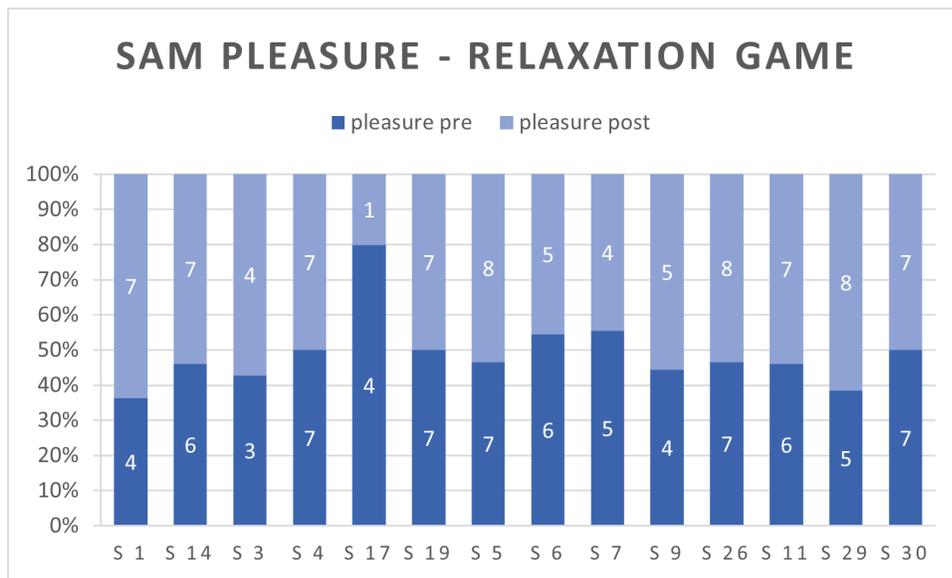


Figura 6.11: Contraste de resultados *SAM* antes y después del mini juego de pesca.

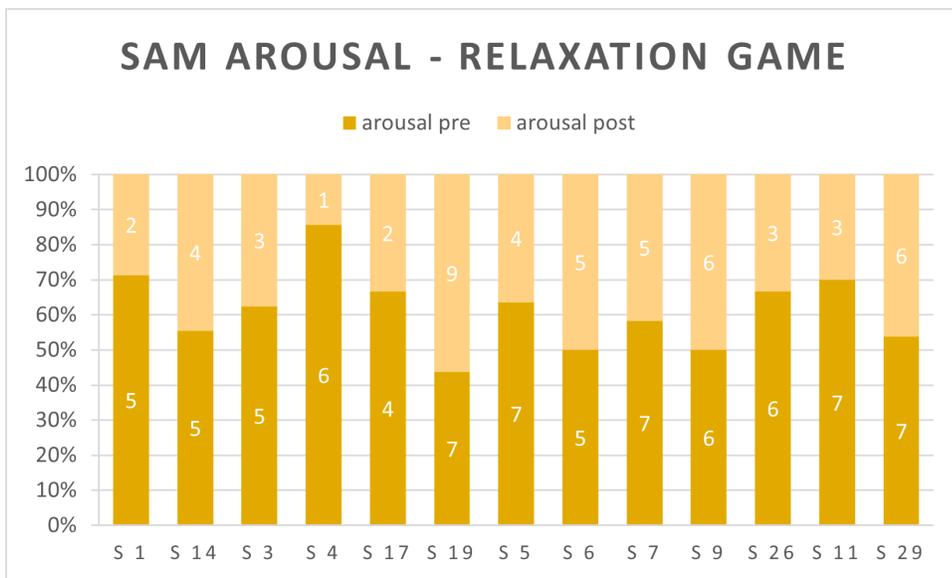


Figura 6.12: Contraste de resultados *SAM* antes y después del mini juego de pesca.

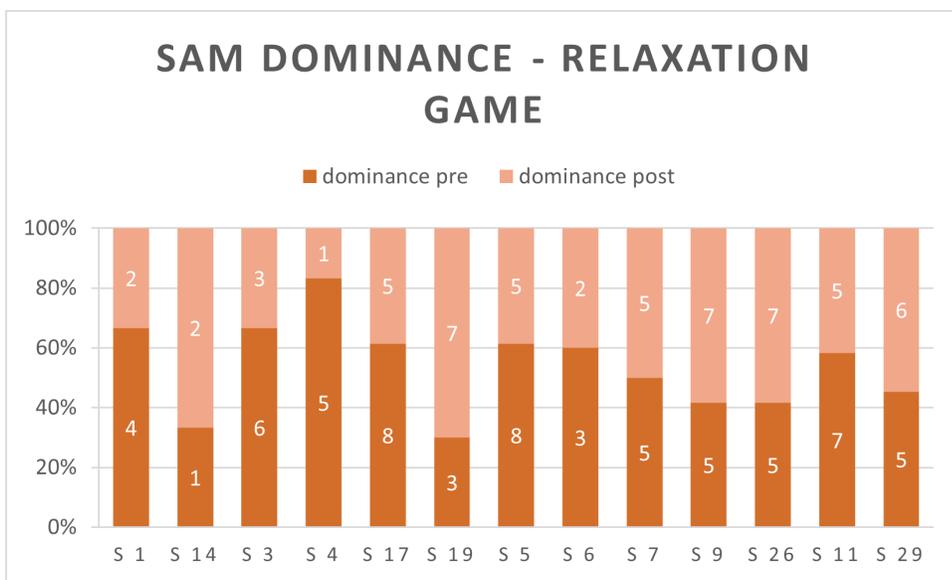


Figura 6.13: Contraste de resultados *SAM* antes y después del mini juego de pesca.

Resultados *PANAS* del mini juego *Color Runner*

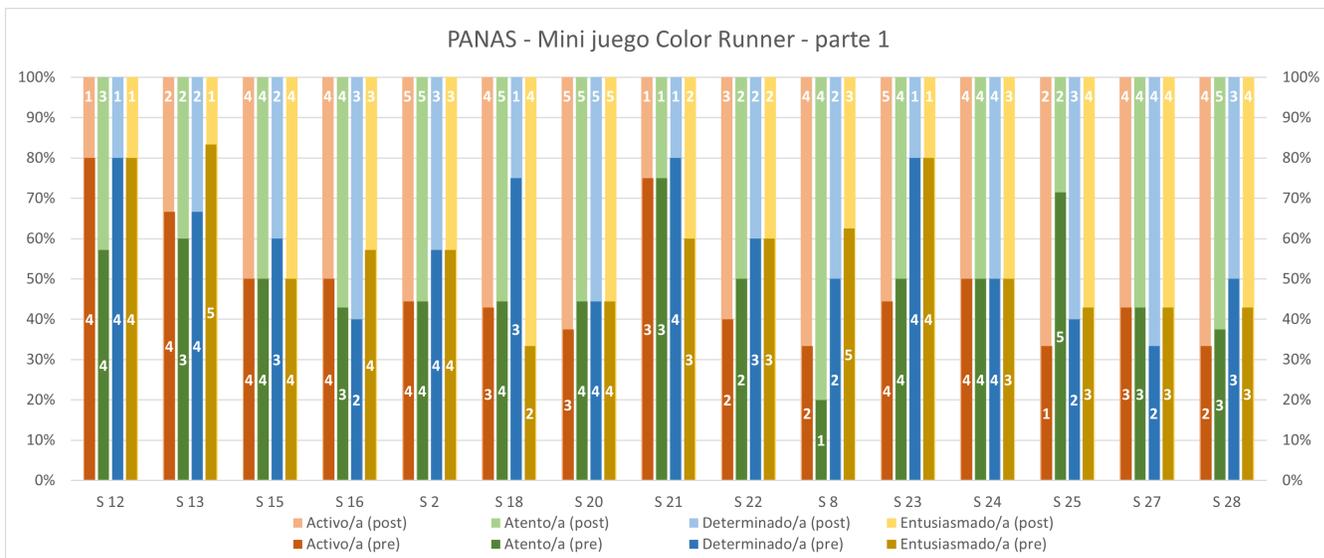


Figura 6.14: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego *Color Runner*.

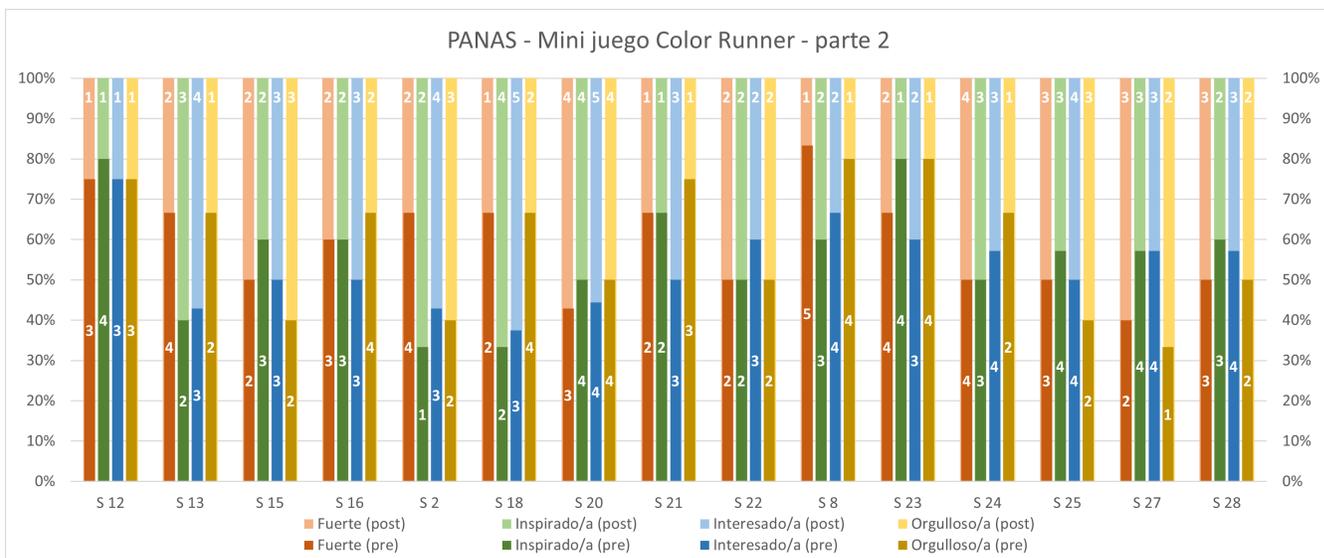


Figura 6.15: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego *Color Runner*.

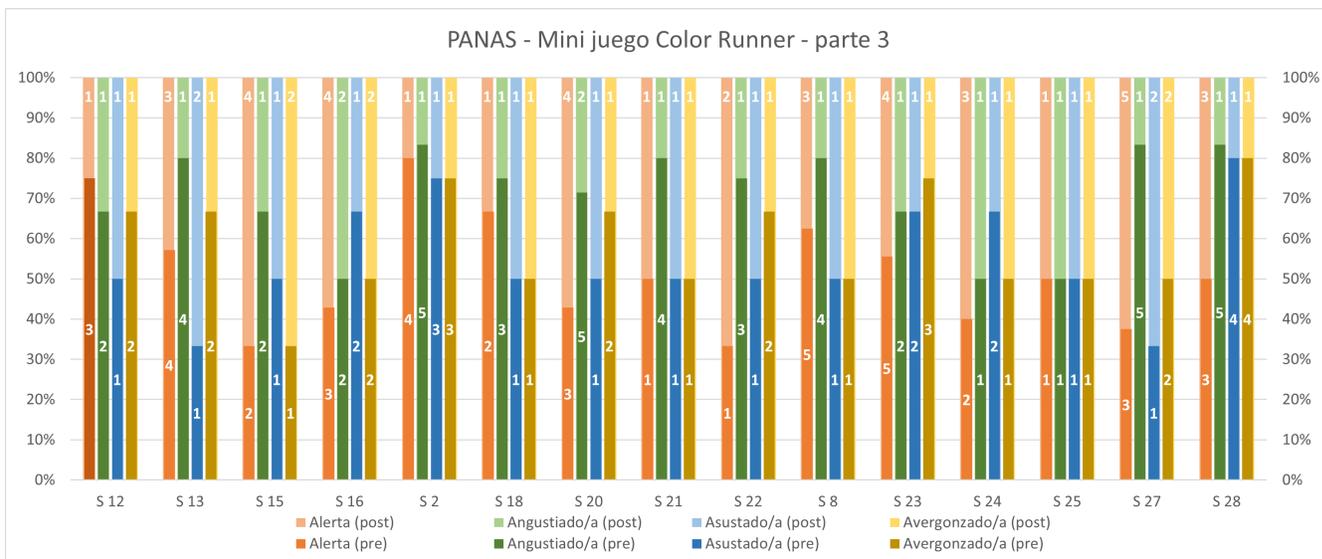


Figura 6.16: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego *Color Runner*.

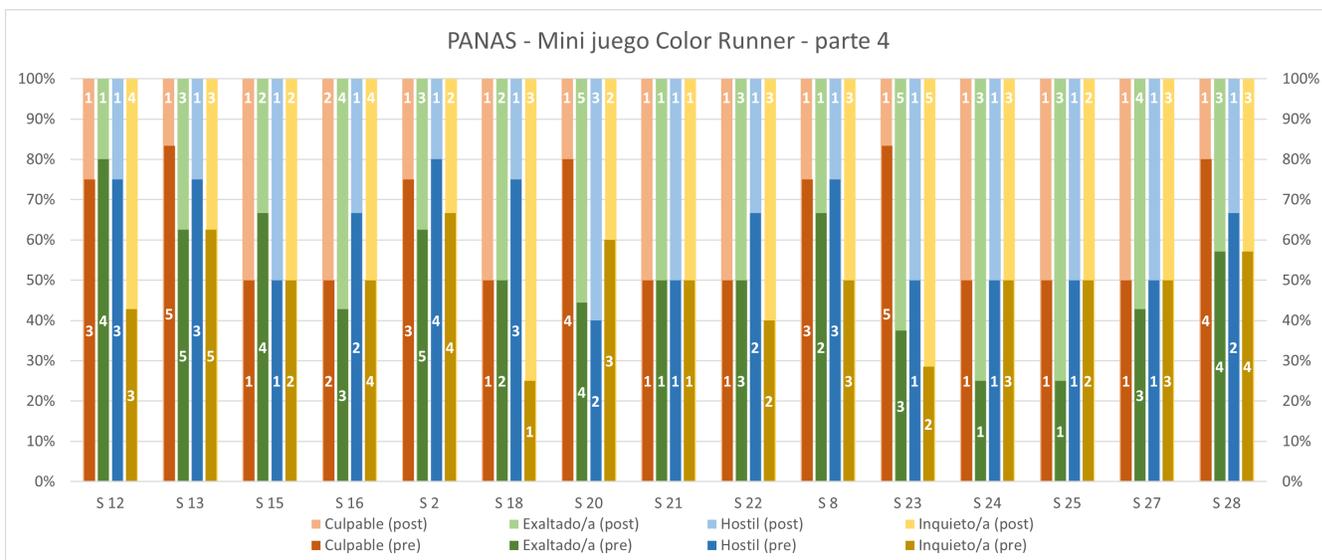


Figura 6.17: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego *Color Runner*.

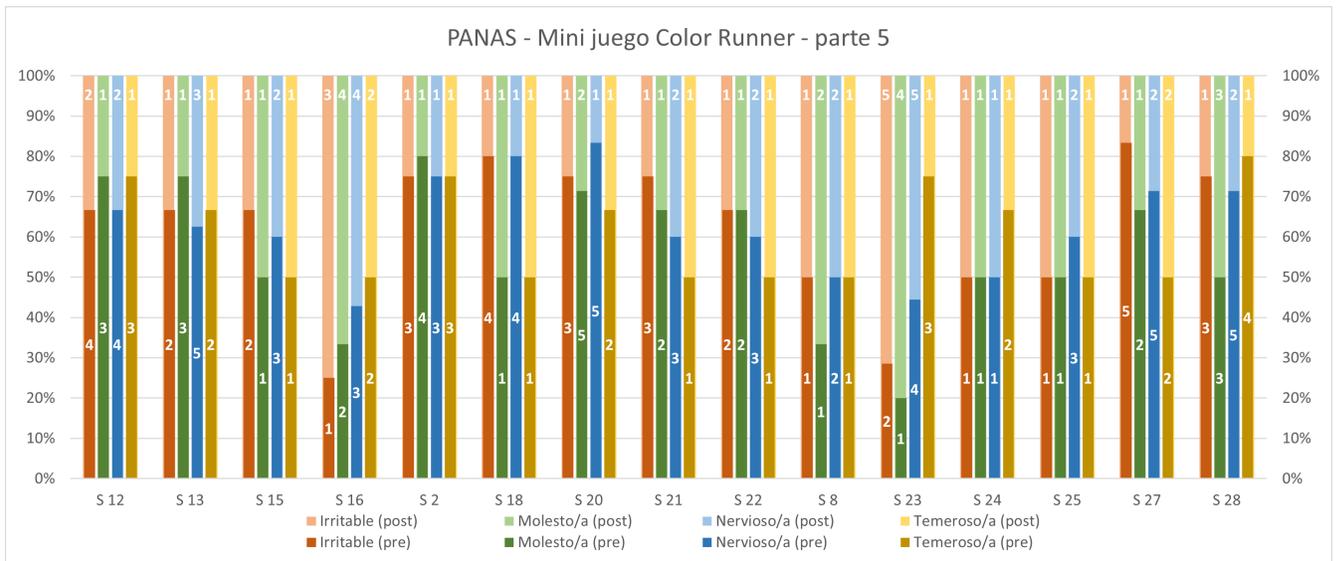


Figura 6.18: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego *Color Runner*.

Resultados *PANAS* del mini juego de pesca

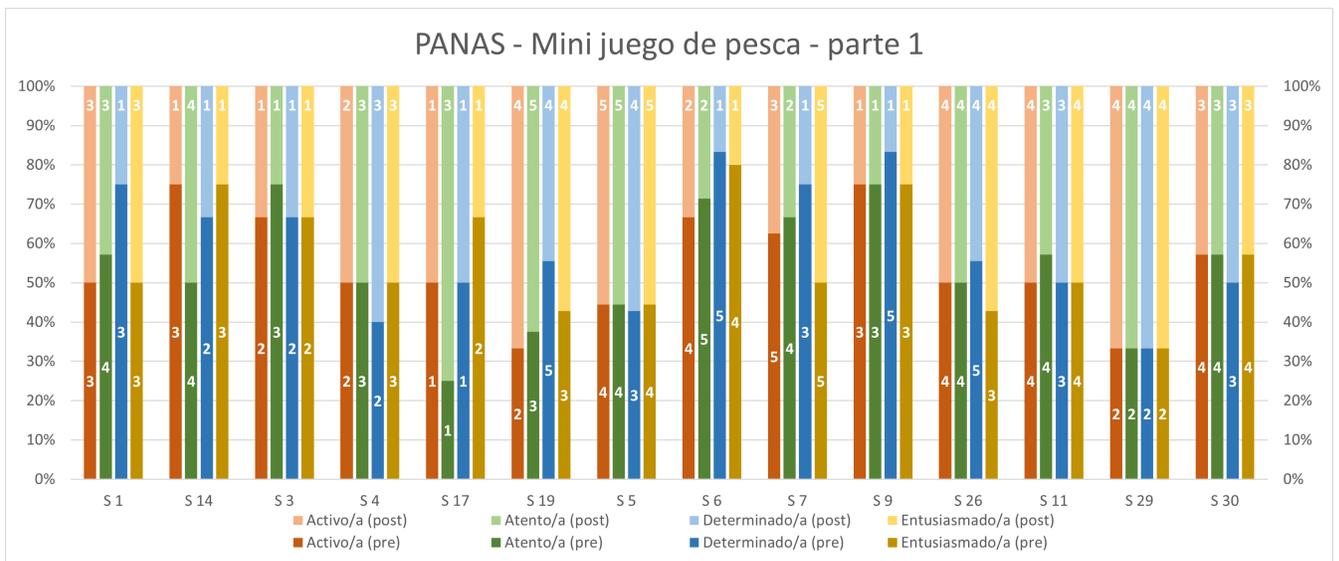


Figura 6.19: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego de pesca.

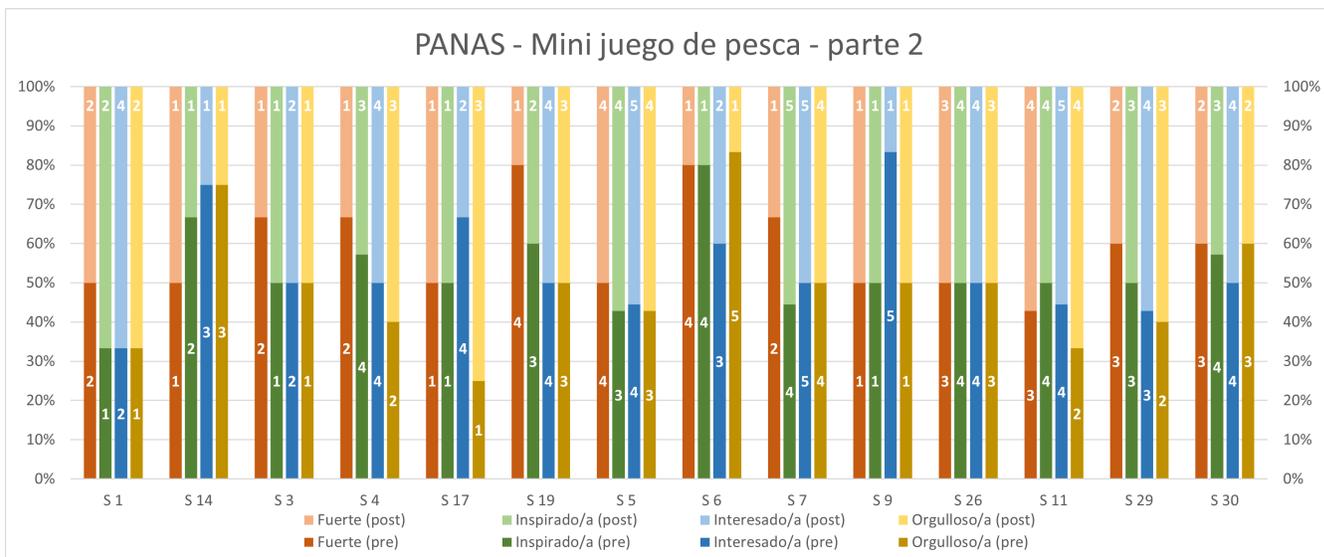


Figura 6.20: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego de pesca.

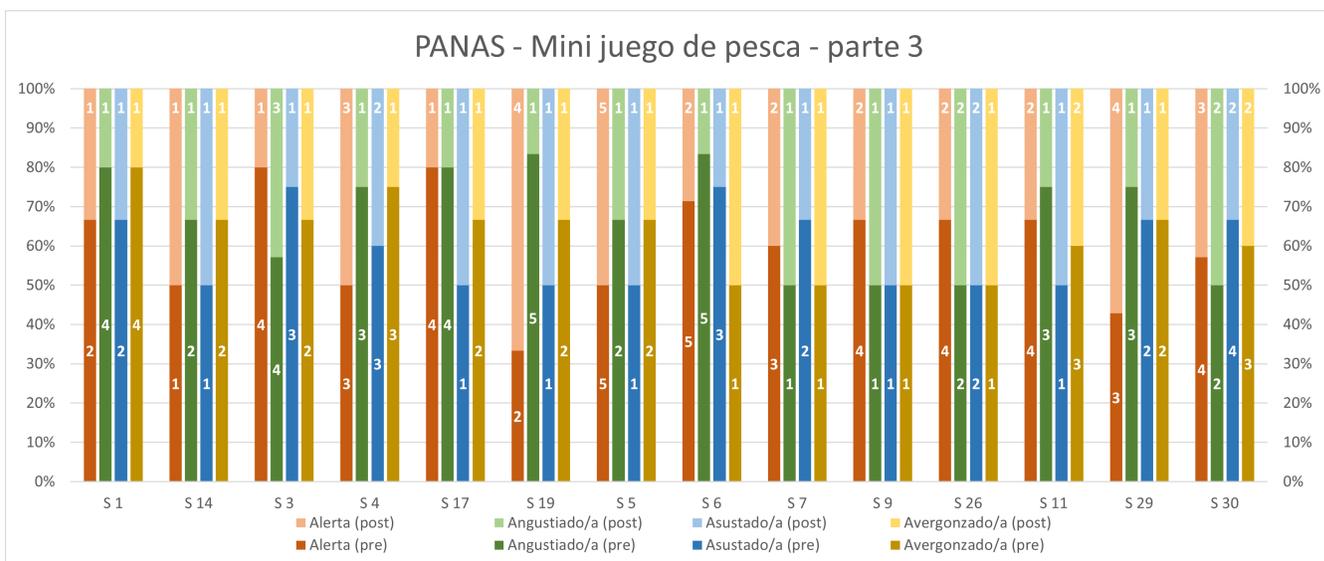


Figura 6.21: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego de pesca.

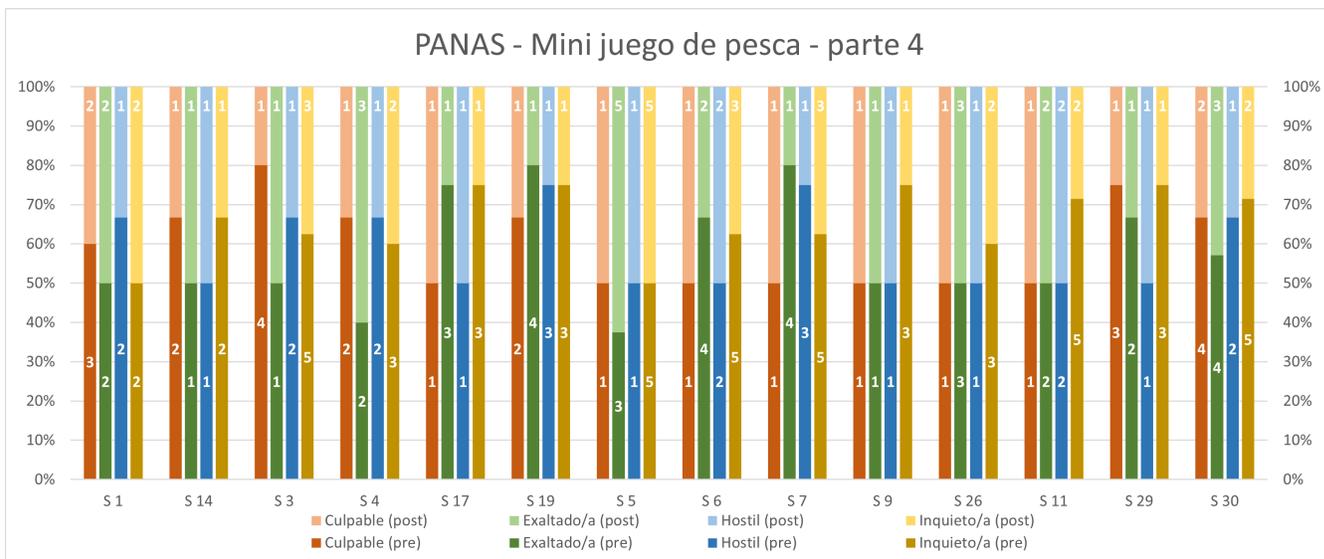


Figura 6.22: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego de pesca.

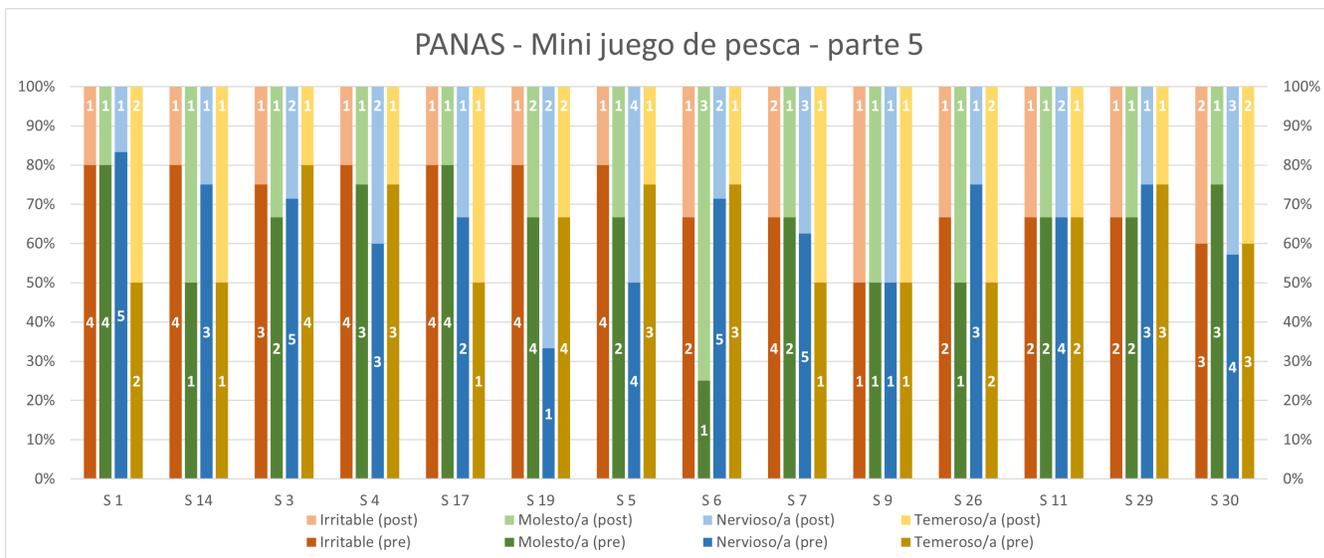


Figura 6.23: Contraste de resultados *PANAS* antes y después del mini juego de pesca.

Resultados *GEQ*

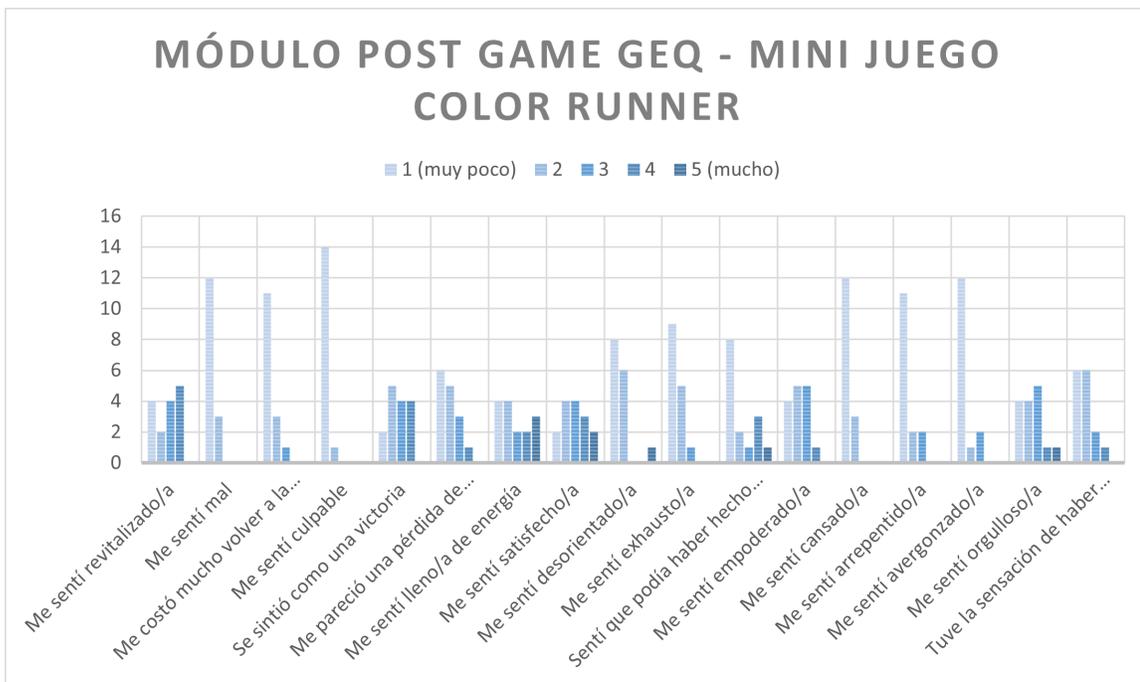


Figura 6.24: Resultados del mini juego *Color Runner* después de la sesión de juego.

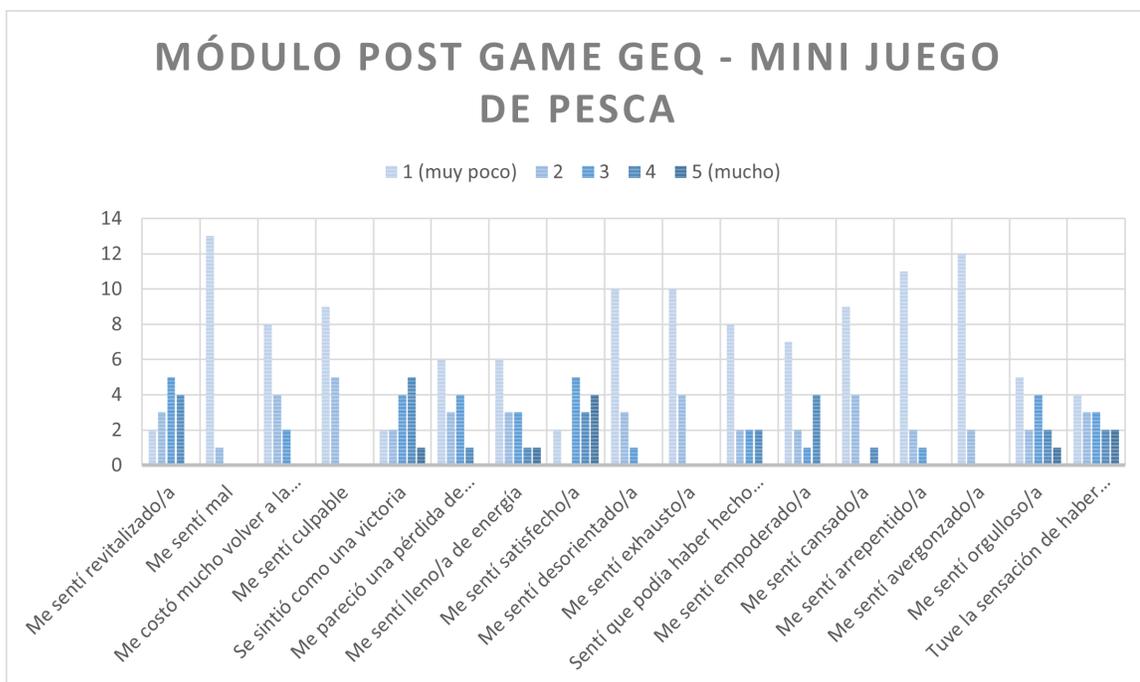


Figura 6.25: Resultados del mini juego de pesca después de la sesión de juego.

Anexo G: Gráficos de caracterización de los usuarios

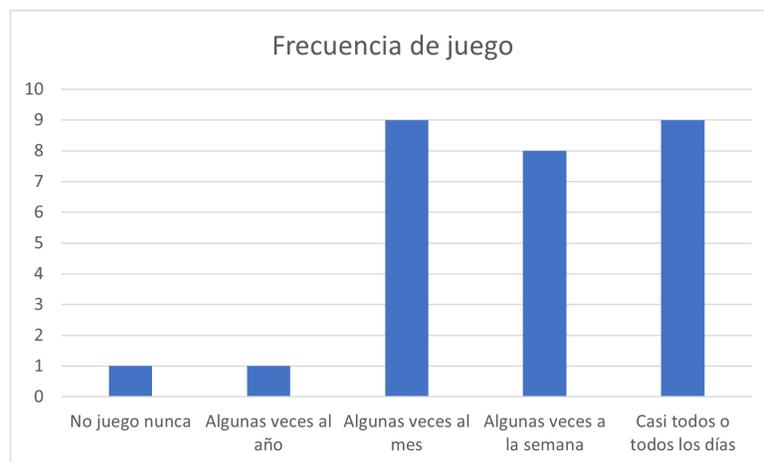


Figura 6.26: Frecuencia con que los usuarios juegan videojuegos.