

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
SANTIAGO - CHILE



“FRAMEWORK PARA DESARROLLAR VIDEOJUEGOS  
CON INTERACCIÓN ENTRE SMARTPHONES Y  
COMPUTADORES”

DANIEL MAGAÑA MAGAÑA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Profesor Guía: Liubov Dombrovskaja  
Profesor Correferente: Julio Sotelo

Octubre - 2023

## **DEDICATORIA**

A mi mamá, mi hermano y mi polola.

A los que siempre han estado ahí para mí.

Y a los que ya no están y siempre confiaron en que llegaría hasta aquí.

## AGRADECIMIENTOS

Habiendo llegado a este punto, a pesar de que aun no logro procesar el hecho de estar tan cerca de terminar mi carrera, me gustaría agradecer a todas las personas que me han apoyado en este largo camino.

En primer lugar agradezco a mi madre, Rocío, por apoyarme incondicionalmente, por creer en mí y por ser mi ejemplo a seguir en la vida cuando las cosas se ponen difíciles.

A mi polola, Valentina, por estar siempre conmigo, por hacerme compañía hasta altas horas de la noche en Discord mientras estudiábamos y por ayudarme a mantenerme cuerdo en los momentos más estresantes.

Al Seba, mi hermano de otra madre, y su familia por dejarme vivir un tiempo en su casa sin pedirme nada a cambio.

A mi profesora guía, Liubov, por sobre todo por su paciencia y por ayudarme a mantenerme enfocado en terminar esta memoria.

Al JP y al Salva por darme ánimos cuando veía que la fecha de entrega de la memoria se acercaba y yo no había escrito ni una línea.

A mis amigos y compañeros de carrera, que hicieron que valieran la pena los viajes desde mi casa hasta la U, que me recordaron todas las fechas de certámenes que no escuché y que me hicieron reír a lo largo de estos años.

A mi familia, a mis profesores y a todos los que me han apoyado en este largo camino, muchas gracias.

## RESUMEN

**Resumen**— El estándar actual de los videojuegos de computador, en el que estos se juegan con teclado y ratón o joystick, implica una barrera de entrada para nuevos jugadores, que deben aprender esquemas de teclas o botones con los que no están familiarizados, y por otro lado, causa que los desarrolladores limiten el diseño de sus creaciones para adecuarse a tales controles. Por lo anterior, se creará un framework para desarrollar videojuegos de computador que puedan ser controlados realizando gestos y movimientos en un smartphone, permitiendo a desarrolladores explorar nuevas ideas y diseñar interacciones más intuitivas e innovadoras para sus jugadores.

**Palabras Clave**— desarrollo de videojuegos, smartphones, framework, innovación

## ABSTRACT

**Abstract**— The current standard for computer games, in which they are played with keyboard and mouse or joystick, implies a barrier to entry for new players, who must learn key or button schemes with which they are not familiar, and on the other hand, causes developers to limit the design of their creations to suit such controls. For the above, a framework will be created to develop computer games that can be controlled by making gestures and movements on a smartphone, allowing developers to explore new ideas and design more intuitive and innovative interactions for their players.

**Keywords**— game development, smartphones, framework, innovation

## GLOSARIO

**Asset:** Recurso utilizado en el desarrollo de videojuegos, como modelos 3D, texturas, sonidos, etc.

**Script:** Archivo de código que contiene instrucciones para el motor de videojuegos.

**Joystick:** Dispositivo de entrada que permite al usuario controlar un videojuego mediante una palanca y botones.

**Framework:** Conjunto de herramientas que facilitan el desarrollo de software.

**Bluetooth:** Estándar de comunicación inalámbrica.

**Gamepad:** Dispositivo de entrada que permite al usuario controlar un videojuego mediante una serie de botones.

**Broadcast:** Mensaje enviado por un dispositivo que puede ser recibido por otros dispositivos.

**Template:** Archivo que contiene código que puede ser reutilizado en otros archivos.

**Checkpoint:** Punto en el que el jugador puede guardar su progreso en un videojuego.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	IV
ABSTRACT	IV
GLOSARIO	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
1.1 CONTEXTO . . . . .	3
1.2 OBJETIVOS . . . . .	5
1.2.1 OBJETIVO GENERAL . . . . .	5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS . . . . .	5
1.3 IMPACTO DE SOLUCIONAR EL PROBLEMA . . . . .	6
<b>CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>7</b>
2.1 TRABAJOS PREVIOS RELACIONADOS . . . . .	7
2.1.1 EFECTO EN LOS JUGADORES . . . . .	9
2.2 TECNOLOGÍAS . . . . .	10
2.2.1 MOTORES DE VIDEOJUEGOS . . . . .	10
2.2.2 SENSORES . . . . .	11
<b>CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>	<b>14</b>
3.1 Implementación . . . . .	14
3.1.1 Brick Breaker Template . . . . .	16
3.1.2 Racing Game Kit . . . . .	17
3.1.3 Implementación del módulo . . . . .	19
3.2 Interfaz . . . . .	20
3.3 Posibles usos . . . . .	20
<b>CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b>	<b>23</b>
4.1 Diseño del experimento . . . . .	23
4.1.1 Juegos . . . . .	23
4.1.2 Preguntas . . . . .	24
4.2 Ejecución del experimento . . . . .	25
4.3 Resultados . . . . .	26
4.4 Análisis comparativo de ambos controles . . . . .	27
4.4.1 Análisis de diferencias entre controles . . . . .	28
4.5 Comparación de perfiles de jugadores . . . . .	30

4.5.1	Análisis de diferencias entre perfiles de jugadores . . . . .	31
4.6	Comparación por género . . . . .	33
4.6.1	Análisis de diferencias entre géneros . . . . .	33
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES		<b>36</b>
5.1	Trabajo futuro . . . . .	38
ANEXOS		<b>39</b>
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		<b>43</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

1	Wii Remote . . . . .	4
2	Controles del juego Assassins Creed 4 . . . . .	5
3	Árbol del problema . . . . .	6
4	<i>Framework Poppet</i> en funcionamiento . . . . .	7
5	<i>Framework BlueWave</i> en funcionamiento . . . . .	8
6	Jugador probando el juego desarrollado para probar el sistema . . . . .	8
7	Gráficos de datos de un acelerómetro en distintas situaciones . . . . .	13
8	Objeto con puntos de referencia . . . . .	15
9	Menú principal de la aplicación de computador . . . . .	16
10	Brick Breaker Template . . . . .	17
11	Racing Game Kit . . . . .	18
12	Screenshot del juego de carreras . . . . .	18
14	Ejes de rotación del teléfono móvil. . . . .	21
13	Interfaz del módulo en android . . . . .	22
15	Layout del juego brick breaker en el testing . . . . .	23
16	Parámetros para el juego de autos durante el testing . . . . .	24
17	Pista de carreras para el testing . . . . .	24

## ÍNDICE DE TABLAS

1	Desempeño de los participantes en el experimento. . . . .	26
2	Comparación de desempeño entre ambos controles. . . . .	28
3	Resultados de los tests de Levene y t de Student para las comparaciones entre ambos controles. . . . .	29
4	Comparación de desempeño entre ambos controles según frecuencia de juego. . . . .	31
5	Resultados de los tests de Levene y t de Student para las comparaciones entre perfiles de jugadores. . . . .	32
6	Comparación de desempeño entre ambos controles según género. . . . .	33
7	Resultados de los tests de Levene y t de Student para las comparaciones entre participantes según su género. . . . .	34
8	Resultados test de Lavene y t Student. . . . .	39
9	Datos obtenidos en el testing . . . . .	40

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere al tema de los videojuegos de computador, y más específicamente, a la interacción entre los jugadores y estos videojuegos, que en la mayoría de los casos se realiza por medio de teclados, ratones y *joysticks*, y cómo esta interacción puede ser mejorada.

Si bien esta situación es natural en estos días, ya que la mayoría de las personas tienen un computador, y la mayoría de los videojuegos de computador utilizan teclado y ratón como controles, también existen videojuegos de computador que utilizan otros métodos de interacción, como cámaras web, micrófonos, entre otros.

Sin embargo, estos métodos alternativos suelen ser una excepción y son escasos o difíciles de encontrar. Esto hace que la mayoría de los videojuegos de computador sigan utilizando teclados y ratones como controles.

Mientras que esto no suele ser un problema para los jugadores que están acostumbrados a ellos, puede causar que existan barreras de entrada para jugadores nuevos, o que los desarrolladores de videojuegos se vean limitados en el diseño de sus juegos.

Este trabajo se llevó a cabo debido al interés del autor en el desarrollo de videojuegos y su curiosidad por explorar nuevas formas de interacción entre los jugadores y los videojuegos. Estas interacciones pueden ser más intuitivas y atractivas para los jugadores, lo que, a su vez, puede permitir a los desarrolladores de videojuegos crear experiencias más innovadoras. Un ejemplo destacado de este enfoque innovador fue el *Wii Remote* de la consola *Nintendo Wii*, que permitió a los jugadores disfrutar de videojuegos de manera más natural, y contribuyó al éxito de ventas de la consola.

Se espera que el resultado de este trabajo sea una herramienta que permita a los desarrolladores crear videojuegos con propuestas novedosas para atraer a jugadores nuevos, y que permita a los jugadores experimentar videojuegos de una forma diferente a la que están acostumbrados. Además, se espera que esta herramienta sea fácil de utilizar, para que los desarrolladores puedan crear videojuegos con ella sin necesidad de tener conocimientos avanzados de programación.

La metodología utilizada para analizar el desempeño de la herramienta desarrollada fue un *testing* con usuarios, donde se les pidió jugar dos videojuegos diferentes, los cuales se podían jugar con teclado o con el *smartphone*. A cada participante se le pidió que jugara con uno de los dos controles, para así poder comparar la experiencia y el desempeño de los jugadores con cada uno de los controles. Después de jugar los juegos, se les pidió a los participantes que respondieran unas preguntas sobre la usabilidad de los controles. Una vez obtenidos los datos del *testing*, se compararon los resultados de los participantes y se analizaron estadísticamente, para así poder determinar si existían diferencias significativas entre el desempeño y la percepción de los participantes con cada uno de los controles.

El trabajo se divide en 5 capítulos. El primero aborda la definición del problema, incluyendo el contexto de la interacción entre jugadores y videojuegos, el estado actual del desarrollo de videojuegos, los actores involucrados (jugadores y desarrolladores), las dificultades que enfrentan y sus posibles consecuencias a corto y mediano plazo.

El segundo capítulo, el marco conceptual, introduce conceptos esenciales como motores de videojuegos, sensores en *smartphones* y trabajos previos relacionados, algunos de los cuales exploraron frameworks para usar teléfonos como controles de videojuegos, aunque con tecnologías complejas de implementar y usar hoy en día.

El tercero es la propuesta de solución, donde se detalla el módulo propuesto para llevar a cabo este trabajo, cómo se implementó y qué funcionalidades tiene.

El cuarto es la validación de la solución, donde se detalla el *testing* realizado para validar la solución propuesta, los videojuegos y el cuestionario utilizados para el *testing*, los resultados obtenidos y el análisis de estos resultados.

Finalmente, las conclusiones, donde se detallan las conclusiones del trabajo derivadas de las comparaciones de los datos obtenidos durante el *testing* y su análisis estadístico, y se discuten las limitaciones de la herramienta desarrollada y las posibles mejoras que se podrían realizar en el futuro.

## CAPÍTULO 1

### DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1. CONTEXTO

El contexto donde se realizará este trabajo es el desarrollo de videojuegos de computador y la experiencia de los jugadores con estos.

La industria de los videojuegos es una de las más grandes del mundo, con un valor de mercado de aproximadamente 200 billones de dólares en 2022 [Statista, 2022]. Parte importante de esta industria son las múltiples formas en las que los jugadores pueden experimentar estos videojuegos, ya sea en computadores, consolas o teléfonos inteligentes. Esto hace que el mercado de los videojuegos sea altamente competitivo, donde tanto los desarrolladores de videojuegos como las empresas que crean consolas deben estar constantemente innovando para atraer a los jugadores.

Dentro del contexto del desarrollo de juegos de computador, ahora es más fácil que nunca crear videojuegos y publicarlos, gracias a herramientas de desarrollo de videojuegos como *Unity*, *Unreal Engine*, *Godot*, etc., y plataformas de publicación como *Steam*, *Epic Games Store* e *itch.io*. Estas herramientas y plataformas permiten a cualquier persona con conocimientos básicos de programación tomar sus ideas, convertirlas en videojuegos y publicarlos para que otros jugadores puedan jugarlos, pudiendo hacer esto incluso de forma gratuita.

Si bien esto ha ampliado la variedad de juegos para computadora, rara vez se ha innovado en la forma en que los jugadores interactúan con estos, ya que la mayoría de los videojuegos de computadora siguen utilizando controles tradicionales como teclados, *joysticks*, ratón, etc.

Este estándar en los videojuegos de computadora, con el predominio del teclado y el ratón, aunque común, impone una limitación sobre el tipo de experiencias que los desarrolladores de videojuegos le pueden ofrecer a sus jugadores, ya que se deben apegar a elementos controlados con presiones de botones y movimientos de ratón.

Esta situación se puede explicar por múltiples factores, donde los más importantes son:

- La mayoría de personas tienen un teclado y un ratón en sus computadores, por lo que los desarrolladores de videojuegos crean controles que se ajustan a ellos en sus juegos.
- Dado que el estándar en los videojuegos de computador es el teclado y el ratón o el *joystick*, casi la totalidad de recursos y tutoriales para desarrollar videojuegos para computador se centran en estos controles, por lo que tratar de utilizar otros periféricos o formas en las que el jugador pueda interactuar con el juego significaría adentrarse a áreas poco exploradas.

Esto no significa que no existan juegos de computador que utilicen métodos de entrada diferentes a los tradicionales, dado que es posible encontrar juegos que utilizan cámara web, micrófonos u otros periféricos, pero estos son excepciones por las razones mencionadas anteriormente.

Para comprobar que esta limitación existe, se puede ver qué tipos de experiencias son posibles de encontrar en los juegos de *Nintendo Wii*.

Como contexto, el mundo de los dispositivos de entradas de las consolas se ha comportado de manera similar en las últimas décadas, con la mayoría de los dispositivos de entrada orbitando alrededor de la idea general de los *joysticks* que tenemos hoy en día.

No obstante, al crear consolas, se han realizado intentos de innovación en el diseño de controles, explorando elementos como cámaras para seguimiento de movimientos, manubrios, pistolas, micrófonos, entre otros [Thorpe *et al.*, 2011]. La icónica Nintendo Wii, lanzada en 2006, atrajo a una amplia audiencia, tanto jugadores casuales como experimentados.

El éxito de la consola se debió en parte a su revolucionario *Wii Remote* (Figura 1), que tenía la particularidad de poder ubicarse en un espacio tridimensional en tiempo real. Esta característica permitió crear juegos como *Wii Sports*, donde los jugadores podían simular actividades como tenis, golf, bolos, etc., todo con movimientos fieles a los que realizaba el jugador con sus propias manos. Esto es inalcanzable con los periféricos actuales para juegos de computadora.



Figura 1: Wii Remote [Amos, 2010].

Este estándar en los juegos de computadora también representa una barrera para los nuevos jugadores menos experimentados, ya que a menudo deben aprender rápidamente comple-

jas combinaciones de botones (ya sea en teclados o *joysticks*) (Figura 2), lo que puede resultar en dificultades incluso para empezar a jugar.

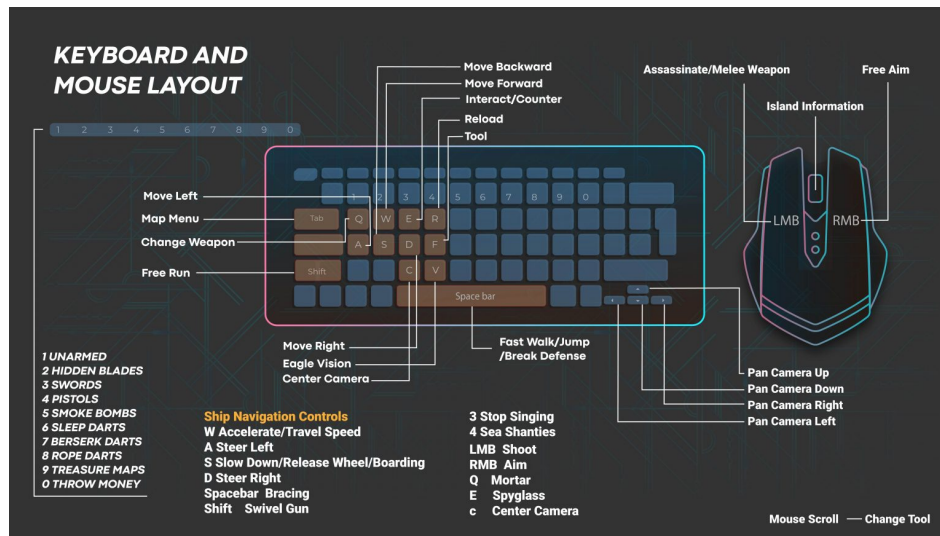


Figura 2: Controles del juego Assassins Creed 4 [Manuals+, 2021].

Por último, para algunos jugadores, esta situación puede resultar aburrida, ya que al buscar alternativas a los controles tradicionales, se enfrentan a una oferta limitada de juegos que utilicen controles como micrófonos, webcams o dispositivos alternativos y menos accesibles como pedales, manubrios, tabletas gráficas o alfombras de baile. Como última instancia, consolas como la *Nintendo Wii*, *Kinect* (de *Xbox*) o lentes de realidad virtual serán las únicas opciones que tendrán para variar su experiencia como jugadores.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Crear una herramienta que facilite la creación de videojuegos de computador que utilicen *smartphones* como controles (realizando gestos en la pantalla y/o movimientos con estos) y desarrollar un videojuego prototipo utilizando esta herramienta.

### 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detallar el estado del arte de las interacciones *smartphone*-computador en los videojuegos.
- Establecer qué acciones se pueden realizar con un *smartphone* para ser usadas en un videojuego.

- Diseñar un prototipo de videojuego que se pueda jugar con un *smartphone* utilizando la herramienta.
- Evaluar la usabilidad del *smartphone* como mando para juegos, por medio de un *testing* del prototipo con cada tipo de control, *smartphone*, *joystick*, y teclado y ratón.

El problema, sus causas y efectos y el objetivo general de esta memoria se pueden ver en el árbol del problema (Figura 3).

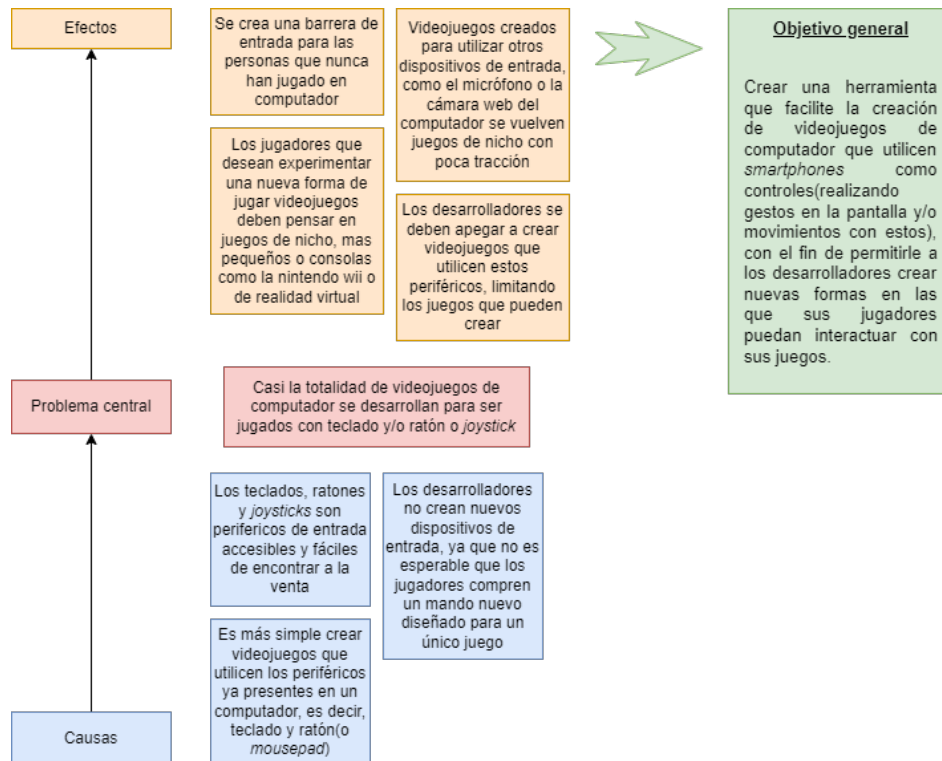


Figura 3: Árbol del problema.

### 1.3. IMPACTO DE SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Si se resolviera el problema de la restricción impuesta a los desarrolladores de videojuegos de computadora, que actualmente los obliga a diseñar la interacción en torno al teclado, el ratón o el *joystick*, se abriría un campo de oportunidades para crear experiencias novedosas para los jugadores de computadora. De esta misma forma, los jugadores también se verían beneficiados, ya que tendrían más formas de interactuar con los videojuegos, y por ende, una mayor variedad de experiencias, lo que podría hacer que los videojuegos sean más atractivos para más personas.

## CAPÍTULO 2

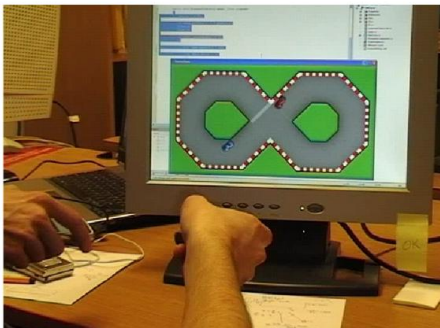
### MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1. TRABAJOS PREVIOS RELACIONADOS

La idea de una herramienta para permitir interacciones entre *smartphones* y computadores para crear videojuegos no es nueva pero si escasamente explorada, y al menos 3 *frameworks* han sido propuestos en años anteriores:

En 2008, [Vajk *et al.*, 2008], dado el éxito de la consola Nintendo Wii, proponen el *framework Poppet*, diseñado con el fin de explorar el uso de teléfonos celulares como controles para videojuegos multijugador en grandes pantallas abiertas al público.

En este sistema los jugadores podrían conectarse por medio de *Bluetooth* y jugar inclinando sus teléfonos, gracias al uso del acelerómetro de estos (véase la Figura 4). Este sistema fue implementado con C++ y Java, y está limitado a teléfonos celulares que tuvieran implementado *Symbian* (los cuales dejaron de salir al mercado en 2013 [Puerto, 2013]).



(a) Juego desarrollado para probar el *framework*.



(b) Jugadores probando el sistema.

Figura 4: *Framework Poppet* en funcionamiento [Vajk *et al.*, 2008].

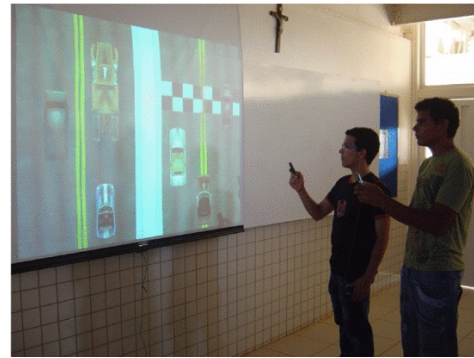
En 2010, [Malfatti *et al.*, 2010] propusieron el *framework BlueWave* con tal de construir sobre las lecciones aprendidas del *framework Poppet* y crear un sistema más accesible, escalable e interplataforma. Este sistema permitía el uso de teléfonos celulares como dispositivos de entrada mediante una conexión *Bluetooth* y estaba implementado en *Java* (ver Figura 5).

A diferencia de *Poppet*, que solo enviaba datos desde los teléfonos al servidor (computadora), *BlueWave* permitía la comunicación en ambos sentidos, lo que resultaba útil para mostrar información del juego en las pantallas de los teléfonos. Sin embargo, *BlueWave* no utilizaba el acelerómetro de los teléfonos como entrada, se limitaba al uso de los botones.

En esta misma línea, en 2012, [Joselli *et al.*, 2012] creó un sistema basado en la nube en el



(a) Vistas de uno de los juegos desarrollados.



(b) Jugadores probando el sistema.

Figura 5: *Framework BlueWave* en funcionamiento [Malfatti *et al.*, 2010].

que el computador host ejecuta el servidor, y por medio de una conexión *TCP/IP*, los teléfonos celulares se conectan. El sistema estaba diseñado exclusivamente para dispositivos móviles con *iOS* y se implementó en *Objective-C*.

Este sistema permitía tres tipos de esquemas de entrada para los teléfonos móviles: basados en movimiento, basados en gestos realizados en la pantalla táctil y basados en la presión de botones en la pantalla táctil (ver Figura 6).



Figura 6: Jugador probando el juego desarrollado para probar el sistema [Joselli *et al.*, 2012].

Estos sistemas presentan notables limitaciones, como la obsolescencia de los dispositivos del *framework* de 2008 que requiere usar teléfonos celulares que dejaron de venderse hace casi 10 años, y el de 2012 que solo funciona en dispositivos móviles con *iOS*, o la poca variedad

de controles del *framework* de 2010, que solo permite usar los botones del teléfono celular.

Estos 3 *frameworks* fueron creados hace más de 10 años, haciéndolos obsoletos e incompatibles con los requerimientos actuales de la industria de los videojuegos, por lo que se hace necesario actualizar estas ideas e implementarlas con tecnologías actuales.

Por otro lado, [Huang *et al.*, 2013], inspirado en el funcionamiento del *Wiimote* de la consola *Nintendo Wii*, propone una interfaz que permite utilizar un teléfono celular para controlar el cursor del computador de manera similar a como funciona dicha consola.

Este sistema fue propuesto para utilizar entre computadores y celulares, gracias al uso de una herramienta *Wi-Fi* que permite la comunicación entre ambos dispositivos, y utilizando los sensores del teléfono móvil para detectar movimientos e inclinaciones, datos que son enviados al computador para que este los interprete y mueva el cursor.

### 2.1.1. EFECTO EN LOS JUGADORES

También se han investigado cómo afectan los diferentes controles a la experiencia de los jugadores, ya sea en los tradicionales teclado y ratón para el computador, así como el *gamepad*, o periféricos más específicos, como el volante para juegos de carreras. En [Brown *et al.*, 2010], se compara la experiencia de los jugadores en un juego de carreras de computador con los controles mencionados previamente, realizando una comparación en torno a tres aspectos diferentes: la funcionalidad, la usabilidad y la experiencia de usuario.

Los resultados de este estudio (realizado con 12 usuarios) indican que el método con el que el jugador interactúa con el juego es un aspecto importante para la experiencia del usuario, influyendo en la facilidad de uso, la sensibilidad, el realismo y la comodidad de los controles.

Y [Birk y Mandryk, 2013] realiza un estudio en base al tópico anterior, tomando en cuenta además, la personalidad de los jugadores dentro del juego, a modo de guía para los diseñadores a la hora de elegir un tipo de control para un juego. En el experimento, se compararon tres tipos de controles diferentes, tradicional (*Microsoft Xbox GamePad*), posicional (*Sony PlayStation Move*) y gesticular (*Microsoft Kinect*). Las conclusiones del estudio señalan que la elección de un control afecta tanto la experiencia del usuario como su personalidad en juego, convirtiéndose en un factor a tener en cuenta a la hora de diseñar un juego, ya que podría afectar negativamente la inmersión del jugador. También se señala que el uso de controles tradicionales puede enaltecer sensaciones de ansiedad e inestabilidad, haciendo que los jugadores sean más susceptibles al estrés en pequeños eventos. Por otro lado, controles gesticulares como el *Kinect* realzan la simpatía de los jugadores, haciéndolos una buena elección para juegos más sociales.

Estos estudios apuntan a que la elección de un control va ligada al diseño del videojuego en el que se va a utilizar, y que la elección de un control puede afectar la experiencia del jugador. Es por esto que, al momento de desarrollar el prototipo de videojuego para este proyecto, se

debe tener en cuenta cómo afecta a los jugadores el tipo de control que ofrece esta memoria. De esta manera, surge la necesidad de estudiar qué tipos de juegos son adecuados para la utilización de este control, y en cuáles no es recomendable utilizarlo.

## 2.2. TECNOLOGÍAS

### 2.2.1. MOTORES DE VIDEOJUEGOS

Una de las tecnologías más importantes para esta memoria son los motores de videojuegos, ya que simplifican el proceso de desarrollar un juego, eliminando todo el trabajo de programar los aspectos técnicos de un videojuego. El manejo de dispositivos de entrada y de conexiones de red, partes cruciales para el desarrollo de la solución propuesta en esta memoria, son algunos de los aspectos que se resuelven mediante el uso de un motor. Más aún, desarrollar un *framework* para un motor de videojuegos permite que este sea compatible con múltiples plataformas, eliminando la necesidad de desarrollar uno diferente para cada plataforma o para cada juego en particular.

Es gracias a estas herramientas y sus avances que videojuegos más complejos pueden ser desarrollados en menos tiempo del que hubiera sido necesario años atrás. Más aún, estas herramientas usualmente permiten desplegar un mismo videojuego a múltiples plataformas, permitiendo que los desarrolladores se enfoquen en la creación de controles compatibles para estos dispositivos.

Tres de los motores de videojuegos más utilizados son:

- *Unity*: Una de las herramientas más populares para proyectos medianos o pequeños. Es un motor de videojuegos que permite a los desarrolladores crear juegos en 2D y 3D para varias plataformas, incluyendo computadores, consolas, dispositivos móviles y realidad virtual. Si bien *Unity* posee planes de pago, también tiene un plan gratuito sin límite de tiempo de uso, que permite a pequeños desarrolladores incursionar en la industria de los videojuegos. En caso de optar por el plan pagado, se puede acceder a funcionalidades adicionales, tales como la posibilidad de desplegar videojuegos para consolas, como *Nintendo Switch*, *Playstation* y *Xbox*, un soporte técnico más completo, entre otras [Unity, 2022b]. Algunos de los juegos más populares desarrollados en *Unity* son *Fall Guys*, *Among Us*, *Pokemon Go* y *Genshin Impact*.
- *Unreal Engine*: Desarrollado por *Epic Games*, es una potente herramienta capaz de crear videojuegos complejos y visualmente impresionantes. Dos de sus características más importantes son *Nanite* y *Lumen*, que en conjunto permiten crear escenarios con niveles de detalle e iluminación muy altos y realistas [Games, 2022]. Algunos juegos populares desarrollados con este motor de videojuegos son *Borderlands*, *Gears of War* y *Fortnite*. Esta herramienta también posee distintos planes, dentro de los cuales

destaca el gratuito, que para proyectos pequeños ofrece todas las funcionalidades de *Unreal Engine* sin restricción alguna.

- *GameMaker Studio*: Motor de videojuegos desarrollado por *YoYo Games*, fácil de usar y enfocado pero no limitado a juegos en 2D, es una herramienta muy popular entre desarrolladores de videojuegos independientes. Algunos de los juegos más populares desarrollados con este motor de videojuegos son *Undertale*, *Hotline Miami* y *Katana Zero*. Este motor de videojuegos posee un plan gratuito, pero solo permite exportar juegos para ser ejecutados en el navegador *Opera Gx*. En el caso que se desee desarrollar para otras plataformas, por ejemplo, a computadores, es necesario optar por el plan de pago [Yoyo, 2022].

En esta memoria se utilizará el motor de videojuegos *Unity*, ya que es uno de los motores de videojuegos más populares, se puede utilizar gratis y es fácil de usar. Otra razón para escoger *Unity* es su nuevo sistema de *Networking*.

El nuevo sistema de *Networking* de *Unity*, llamado *Netcode for GameObjects*, lanzado el 10 de octubre de 2022, es una librería que permite el manejo de la comunicación entre distintos jugadores o dispositivos en un videojuego. Esta librería fue creada principalmente para facilitar el desarrollo de juegos cooperativos de pequeña escala, sincronizando elementos como escenas, objetos, físicas, animaciones, etc. [Unity, 2022a]. Sin embargo, no se limita únicamente a ese tipo de videojuegos, dado que también puede ser utilizada para desarrollar juegos multijugador de mayor complejidad y escala.

Lo anterior es relevante para el desarrollo de este trabajo, ya que con este sistema se podría realizar la conexión entre los dispositivos móviles y el computador para facilitar la transferencia de datos entre estos. De esta manera, es posible ahorrar tiempo para enfocarlo a la lógica del sistema, específicamente al manejo de los datos y el ruido, y no en la comunicación entre dispositivos, que fue un tema recurrente en los trabajos mencionados previamente.

### 2.2.2. SENSORES

Los *smartphones* suelen contar con una variedad de sensores que les permiten realizar una amplia gama de funciones. Algunos de los sensores más comunes que se encuentran en los *smartphones* son los siguientes:

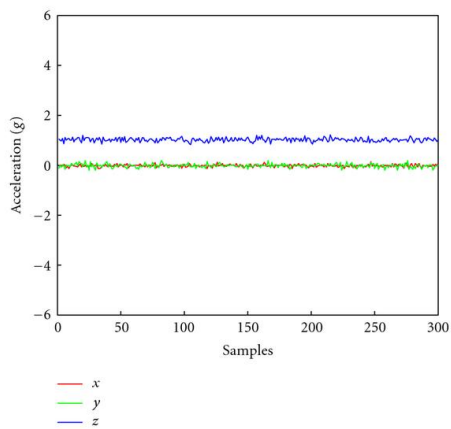
- **Acelerómetro**: Sensor que mide la aceleración lineal del dispositivo en tres ejes. Sirve para determinar la orientación del dispositivo, por ejemplo, si está en posición vertical, horizontal o boca abajo.
- **Giroscopio**: Sensor que mide la velocidad angular del dispositivo en tres ejes. Sirve para complementar al acelerómetro en tareas de determinar la orientación del dispositivo.

- Barómetro: Mide la presión ambiental del aire.
- Magnetómetro: Mide y cuantifica fuerzas magnéticas. Al detectar el campo magnético de la Tierra, permite utilizar el teléfono móvil como brújula.
- Sensor de proximidad: Permite detectar si el dispositivo está cerca de algún objeto. Se utiliza para apagar la pantalla cuando el usuario se lo acerca a la cara, por ejemplo al hacer llamadas.
- Sensor de luz ambiental: Mide la intensidad de la luz ambiental. Se utiliza para ajustar el brillo de la pantalla automáticamente cuando hay cambios en la iluminación.

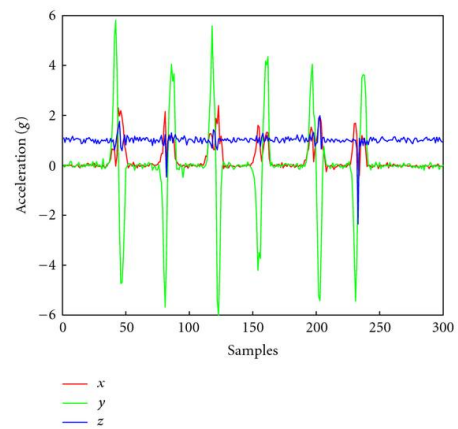
De estos sensores, los más importantes para el desarrollo de trabajo son el acelerómetro y el giroscopio, que como se mencionó anteriormente, sirven para obtener información sobre los movimientos que se realizan con el dispositivo, ya sean rotacionales o traslacionales.

Si bien estos sensores son sumamente útiles para determinar la orientación y la posición del teléfono móvil, su uso no es sencillo. Esto se debe a que los sensores no miden la posición absoluta del dispositivo, sino que miden la velocidad angular o la aceleración lineal del dispositivo en un instante de tiempo. Además, los sensores no son perfectos, por lo que la información que se obtiene de ellos no es siempre precisa y suele contener ruido. En la Figura 7, se muestran los datos del acelerómetro de un teléfono móvil colocado sobre una mesa y datos del mismo cuando se mueve lateralmente. Ahí, se puede apreciar claramente el ruido, dado que, cuando se coloca el dispositivo sobre la mesa, las líneas observadas debiesen ser rectas, lo cual no ocurre en este caso.

Para efectos de determinar la rotación en la que se encuentra el dispositivo, este ruido en los sensores no es un problema grave ya que la gravedad de la Tierra ayuda a determinar la orientación del dispositivo. Sin embargo, determinar su posición después de mover el mismo hace que el ruido se transforme en un factor determinante, que, de no tomarse en cuenta, puede causar un error significativo en la posición del dispositivo, conocido como *drift*.



(a) Teléfono móvil quieto sobre una mesa.



(b) Movimientos laterales sobre una mesa.

Figura 7: Gráficos de datos de un acelerómetro en distintas situaciones [Vajk *et al.*, 2008].

## CAPÍTULO 3

### PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La solución propuesta en este trabajo es un módulo de Unity que maneja los datos de movimiento de uno o más teléfonos móviles a usar como controladores, y los procesa para utilizarlos como convenga dentro de un juego. La idea detrás de esta solución es la de crear un módulo de fácil uso para desarrolladores, que permita crear distintos tipos de controles para distintos tipos de juegos.

El sistema fue desarrollado en Unity utilizando el módulo de networking Fishnet [Fishnet, 2023], que ofrece características adicionales a las que ofrece la solución por defecto de networking de Unity. De estas características, la más importante para esta solución es el add-on de Fishnet llamado Fish Networking Discovery [Radwan, 2023], que permite a distintos dispositivos dentro de una misma red local encontrarse entre sí y comunicarse.

Esta solución involucra dos aplicaciones creadas a partir del mismo proyecto de Unity, una para el teléfono móvil y otra para computador. La aplicación del teléfono móvil es la que se encarga de obtener los datos de movimiento provenientes desde el teléfono y enviarlos a la aplicación del computador, la cual procesa los datos y los utiliza como controlador dentro del juego.

#### 3.1. Implementación

Para la implementación de ambas aplicaciones, dentro de un mismo proyecto de Unity se crearon dos escenas, una para la aplicación de computador y otra para la aplicación de celular. En la escena de computador se creó un objeto vacío que contiene un script, el cual se encarga de recibir los datos de movimiento del teléfono móvil y aplicarlos a un objeto 3D que se encuentra en la escena. Y en la escena de celular se creó un objeto vacío que contiene un script que se encarga de obtener los datos de movimiento del teléfono móvil y enviarlos al computador.

Ambas escenas comparten los mismos assets, y el proyecto se puede construir para las dos plataformas. Para que la conexión funcione, las escenas tienen los componentes de Fishnet necesarios para que el networking opere, en conjunto con el Fishnet Network Discovery para que los dispositivos se puedan encontrar entre sí. La aplicación de computador hace de servidor, haciendo broadcast de su dirección IP, y la aplicación de celular hace de cliente, buscando servidores en la red local.

Una vez conectados ambos dispositivos, las aplicaciones se comportan de la siguiente manera:

En la aplicación de celular, el módulo obtiene datos de los sensores del teléfono con tal de conocer su orientación en el espacio en todo momento. Luego, esta orientación es aplicada a un objeto 3D que se encuentra en la escena de Unity, el cual es sincronizado con otro objeto 3D que se encuentra en la aplicación de computador. De esta manera, el objeto 3D en la aplicación de computador rota de la misma manera que el teléfono móvil.

En la aplicación de computador, el objeto 3D ya sincronizado con la orientación del celular puede ser utilizado para obtener distintos elementos del movimiento del teléfono para crear distintos tipos de controles dependiendo del juego que se quiera desarrollar. Por ejemplo, la opción más básica sería obtener la inclinación del celular en un solo eje y utilizarla para mover un objeto de izquierda a derecha.

El objeto 3D en cuestión contiene puntos de referencia en sus ejes de rotación, que son utilizados para obtener los valores de rotación del objeto en los ejes X, Y y Z. Las posiciones de estos puntos en el espacio permiten distinguir fácilmente las distintas inclinaciones en las que puede estar el teléfono móvil, véase la Figura 8.

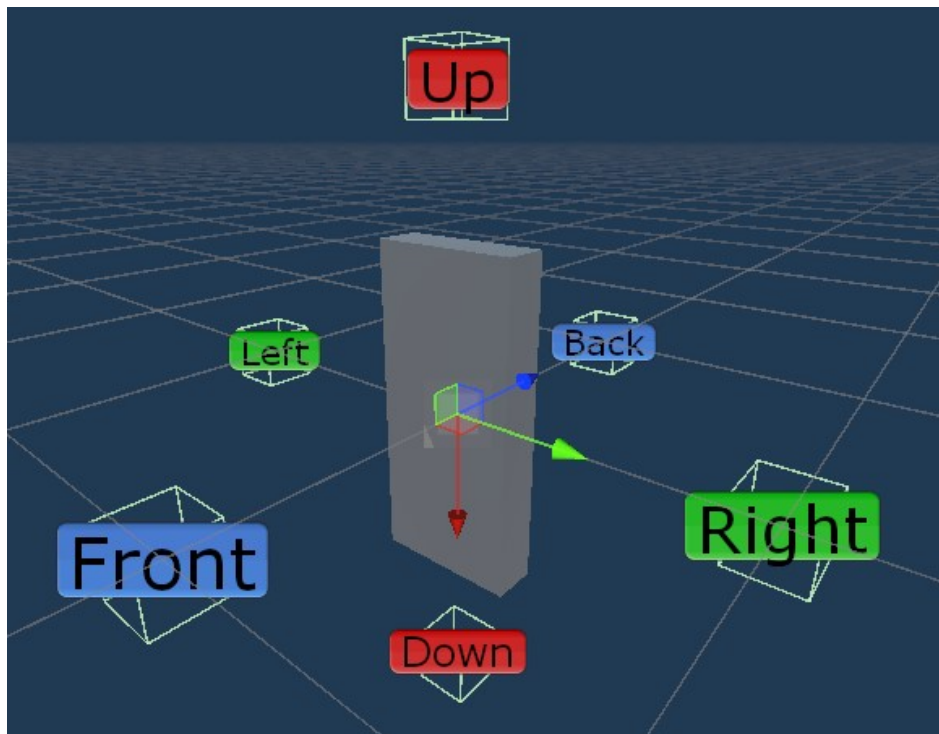


Figura 8: Objeto con puntos de referencia.

El módulo está hecho de tal manera que se pueden agregar más teléfonos móviles a la aplicación de computador, y cada uno de estos teléfonos puede ser utilizado como un controlador distinto dentro del juego. De esta manera, se pueden crear juegos que utilicen más de un teléfono móvil como controlador, o juegos para más de un jugador.

Para probar su funcionamiento, en vez de crear dos juegos desde cero, se descargaron dos plantillas de juegos de la Asset Store de Unity, uno de juegos de carreras y otro de brick breakers (juego de romper ladrillos), ambos ya con un sistema de control por teclado implementado, con tal de poder comparar el sistema de control por teclado con el sistema de control por teléfono móvil. Luego, se implementó el módulo en copias de ambos juegos, reemplazando el sistema de control por teclado por el sistema de control por teléfono móvil.

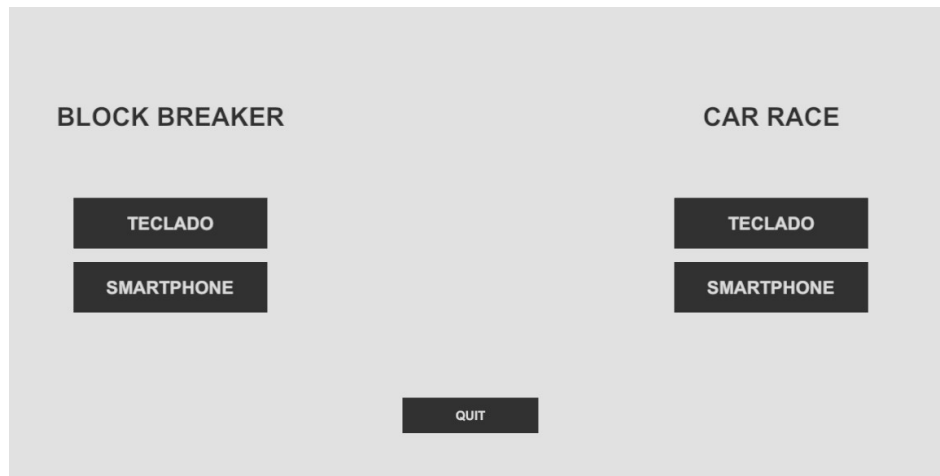


Figura 9: Menú principal de la aplicación de computadora.

Los templates utilizados fueron los siguientes:

### 3.1.1. Brick Breaker Template

Brick Breaker Template [Store, 2023a] es un proyecto personalizable para crear juegos de romper ladrillos, el cual incluye un sistema de control por teclado, un sistema de puntuación y un sistema de vidas. El juego consiste en una pantalla con ladrillos en la parte superior, una pelota que rebota en la pantalla y un objeto que se mueve de izquierda a derecha en la parte inferior de la pantalla, y el objetivo es romper todos los ladrillos con la pelota sin dejar que esta caiga fuera de la pantalla.

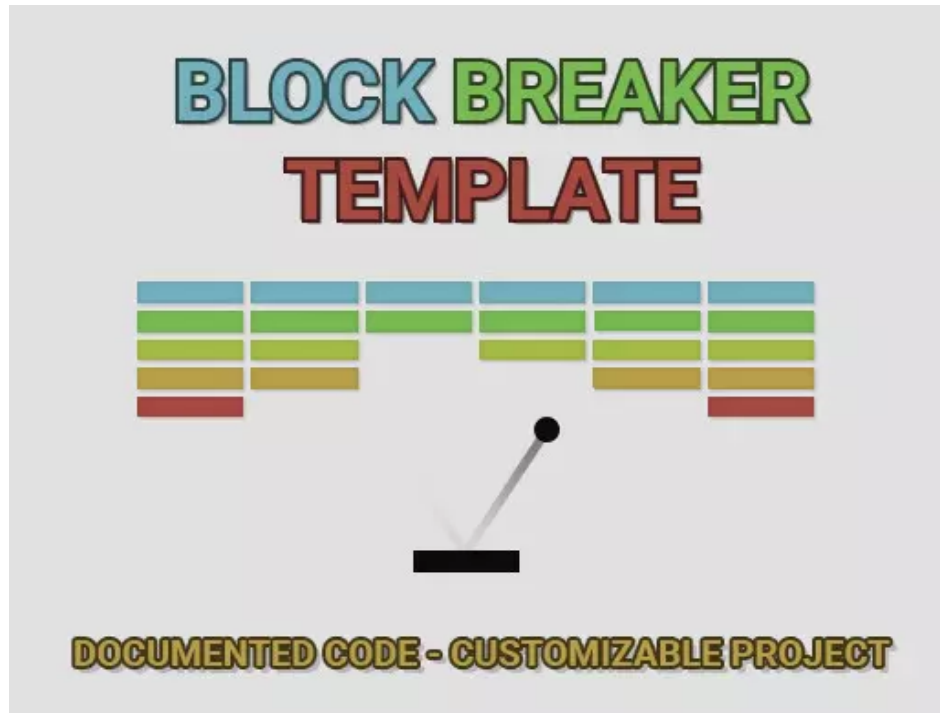


Figura 10: Brick Breaker Template [Store, 2023a].

Los jugadores obtienen un puntaje en función de la cantidad de ladrillos que logran romper, y pierden una vida cada vez que la pelota cae fuera de la pantalla. El juego termina cuando el jugador pierde 3 vidas.

Los controles por teclado del juego son los siguientes:

- Mover a la izquierda: Flecha izquierda.
- Mover a la derecha: Flecha derecha.

Los controles por teléfono móvil implementados en el módulo son los siguientes:

- Mover a la izquierda: Inclinación lateral hacia la derecha del teléfono.
- Mover a la derecha: Inclinación lateral hacia la izquierda del teléfono.

### 3.1.2. Racing Game Kit

Racing Game Kit [Store, 2023b] es un template de juego de carreras de autos, el cual incluye un sistema de control por teclado, un sistema de inteligencia artificial para los oponentes,

un sistema de checkpoints para determinar posiciones durante las vueltas y un sistema de puntuación basado en el puesto en el que termina el jugador. El juego consiste en una carrera de autos en la que el jugador debe dar vueltas a una pista, con el objetivo de llegar a la meta en el mejor puesto posible dentro de una cierta cantidad de vueltas y contra una cierta cantidad de oponentes definidos por el jugador antes de comenzar la carrera.



Figura 11: Racing Game Kit [Store, 2023b].



Figura 12: Screenshot del juego de carreras.

Los jugadores obtienen un puntaje en función del puesto en el que terminan la carrera, y el juego termina cuando el jugador termina la carrera o cuando el jugador se sale de la pista y no puede continuar.

Los controles por teclado del juego son los siguientes:

- Acelerar: W
- Retroceder: S
- Girar a la izquierda: A
- Girar a la derecha: D

Los controles por teléfono móvil implementados en el módulo son los siguientes:

- Acelerar: Inclinación frontal hacia arriba del teléfono
- Retroceder: Inclinación frontal hacia abajo del teléfono
- Girar a la izquierda: Inclinación lateral hacia la izquierda del teléfono
- Girar a la derecha: Inclinación lateral hacia la derecha del teléfono

### 3.1.3. Implementación del módulo

Si bien ambos juegos están hechos para jugarse en teclado usando las flechas, ambos ocupaban distintos métodos para obtener inputs del jugador.

En el caso de Brick Breaker Template, el script que controla el movimiento del objeto que se mueve de izquierda a derecha en la parte inferior de la pantalla, llamado *Paddle*, que obtiene los inputs del jugador usando las funciones *Input.GetKey(KeyCode.LeftArrow)* e *Input.GetKey(KeyCode.RightArrow)*, las cuales retornan un valor booleano dependiendo de si el jugador presiona la flecha izquierda y/o la flecha derecha, respectivamente. Para implementar el control por teléfono móvil, se modificó el script para que en vez de obtener los inputs del jugador usando tales funciones, obtuviera los inputs del módulo usando la función *HorizontalTilt* del mismo, la cual retorna un valor entre -1 y 1 dependiendo de si el jugador inclina el teléfono hacia la izquierda o hacia la derecha, respectivamente.

Por otro lado, en el caso de Racing Game Kit, el script que controla el movimiento del auto del jugador, llamado *CarUserController*, obtiene los inputs del jugador usando la función *CrossPlatformInputManager.GetAxis()* para adquirir el input horizontal y el vertical, en este caso las flechas izquierda y derecha y las flechas arriba y abajo, respectivamente. Para implementar el control por teléfono móvil, se modificó el script para que en vez de obtener los inputs

del jugador usando tales funciones, obtuviera los inputs del módulo usando las funciones `HorizontalTilt` y `VerticalTilt` del mismo, las cuales retornan un valor entre -1 y 1 dependiendo de si el jugador inclina el teléfono hacia la izquierda o hacia la derecha, y hacia arriba o hacia abajo, respectivamente.

### 3.2. Interfaz

Mientras que no se realizó una interfaz gráfica para la parte del módulo que se ejecuta en el computador, ya que este hace de servidor para la conexión, y es desde el celular que se realiza el network discovery y se conecta al servidor, en la parte del módulo que se ejecuta en el celular sí se realizó una interfaz gráfica para mostrar información al usuario y permitirle interactuar con el módulo.

Esta interfaz gráfica consiste en una pantalla que muestra el estado de la conexión, donde si no está conectado a ningún servidor, muestra que está buscando servidores, y en caso de encontrar uno, muestra un botón para realizar la conexión. Una vez conectado, esto se ve reflejado en la interfaz (Figura 13).

### 3.3. Posibles usos

Para este trabajo, los movimientos que fueron implementados en el módulo son las inclinaciones frontales (eje rojo en la Figura 14) y laterales (eje azul en la Figura 14) del teléfono, con funciones que retornan valores entre -1 y 1 dependiendo de la inclinación del teléfono, de la misma forma en la que se comporta la función `Input.GetAxis()` del Input System de Unity, la cual es utilizada para obtener los valores de los dos ejes de un joystick o de las teclas direccionales de un teclado (acercándose más al comportamiento de una palanca de joystick que al de un botón ya que los valores de rotación del móvil pueden dar un valor continuo entre -1 y 1 en vez del valor discreto que puede dar la presión de un botón). De esta manera, el módulo permite utilizar el teléfono móvil como control en distintos tipos de juegos, por ejemplo, aquellos que utilizan un joystick o las teclas direccionales de un teclado para mover un personaje.

Por otro lado, esta solución se puede diferenciar de los otros tipos de controles si se ocupa el tercer eje de rotación del teléfono (eje verde en la Figura 14), con esto es posible, por ejemplo, igualar la rotación del teléfono con la rotación de la cámara del juego, de esta manera, el jugador puede mirar alrededor del mundo del juego moviendo el teléfono, como si estuviera moviendo una cámara directamente con las manos, o controlar un objeto a modo de una espada o un arma con el movimiento del teléfono, igual que si estuviera sosteniendo el objeto en sus manos, entre otras posibilidades.

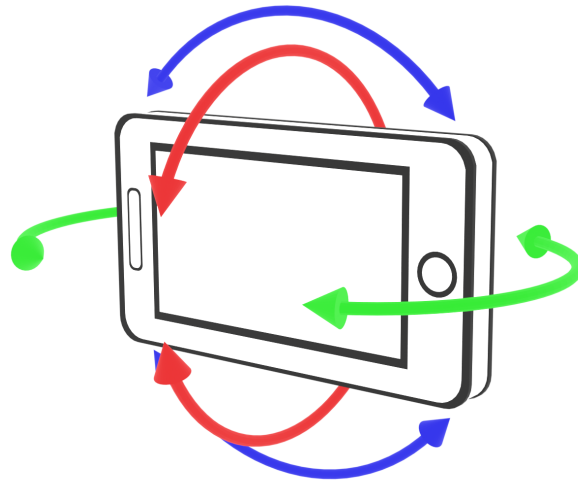
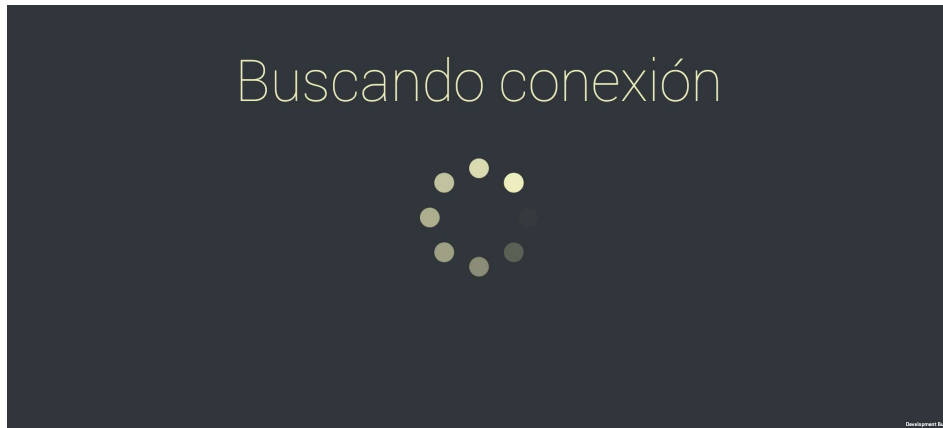
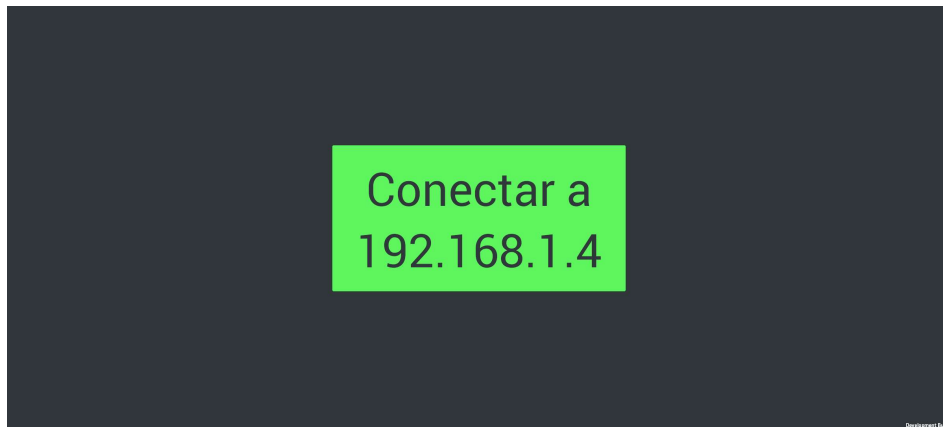


Figura 14: Ejes de rotación del teléfono móvil.

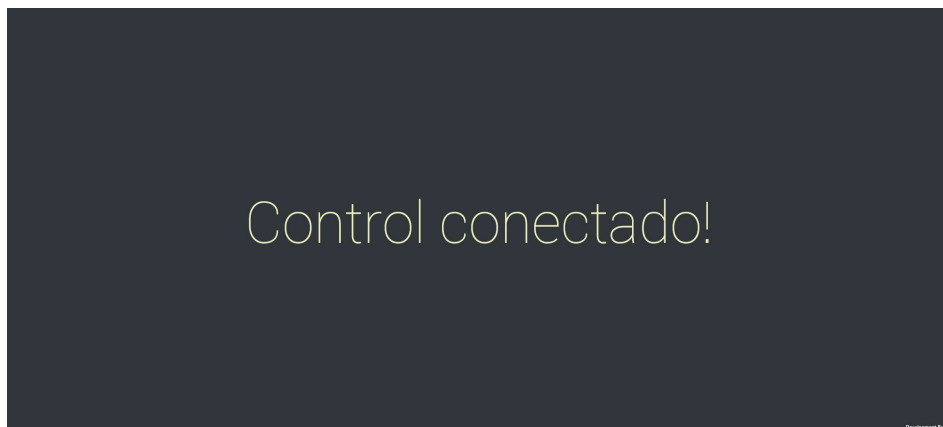
En cuanto a cómo se usan los datos de movimiento del móvil, el comportamiento de los controles es completamente personalizable por los desarrolladores, ya que se pueden cambiar los ejes de rotación que se quieren usar, con tal de poder usar el celular en distintas posiciones, cambiando los ejes que están definidos como frontales y laterales por defecto, en incluso, se pueden cambiar los valores de sensibilidad o la de inclinación que se considera como el límite de inclinación máxima y mínima, con tal de que los controles se adapten a las necesidades de cada juego.



(a) Pantalla de búsqueda de servidores.



(b) Conexión encontrada.



(c) Conexión realizada.

Figura 13: Interfaz del módulo en android.

## CAPÍTULO 4

### VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

#### 4.1. Diseño del experimento

Los participantes fueron 59 estudiantes de entre 15 y 18 años de un colegio de la comuna de San Antonio que voluntariamente se ofrecieron a participar, de los cuales 31 jugaron ambos juegos utilizando el teclado y 28 lo hicieron utilizando el teléfono móvil como controlador.

##### 4.1.1. Juegos

Para el experimento, los jugadores tuvieron que romper doce ladrillos en el juego Brick Breaker (dispuestos como se ve en la Figura 15). El juego se dio por terminado una vez que el jugador rompió todos los ladrillos o perdió sus tres vidas. Se registró el tiempo que les llevó a los jugadores completar el juego y cuántos ladrillos lograron romper (puntuación entre 0 y 12).

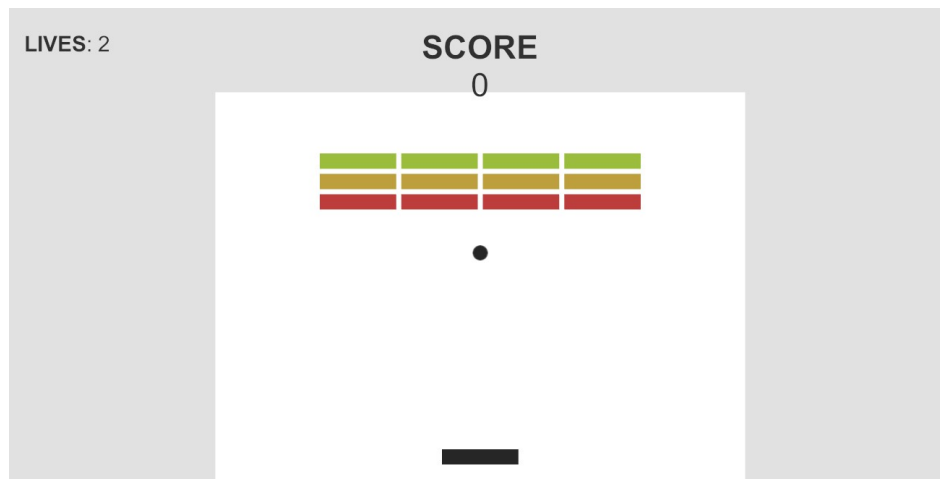


Figura 15: Layout del juego brick breaker en el testing.

Luego, en el juego de carreras tuvieron que dar dos vueltas a la pista contra 2 oponentes 16. El juego terminaba cuando el jugador cruzaba la meta por segunda vez o cuando se salía de la pista y no podía continuar. Se registró cuánto tiempo le tomó al jugador terminar el juego, y en qué puesto terminó la carrera (puntaje entre 1 y 3, o 4 si el jugador no terminó la carrera).



Figura 16: Parámetros para el juego de autos durante el testing.

La pista de carreras utilizada para el experimento fue la más simple y corta de las pistas que se podían crear con el mapa proporcionado por el template, y se puede ver en la Figura 17.

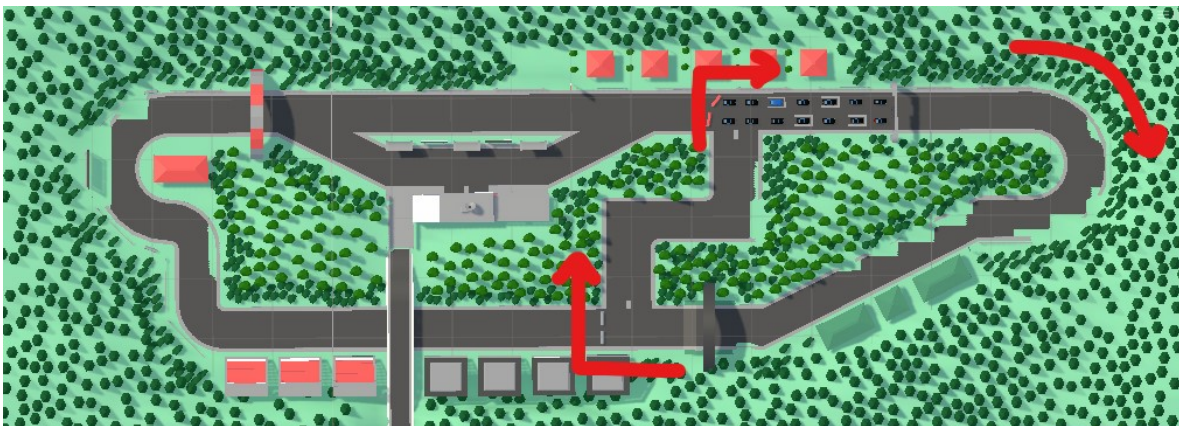


Figura 17: Pista de carreras para el testing.

#### 4.1.2. Preguntas

Para determinar y comparar la usabilidad de ambos controles, se usaron preguntas de evaluación de usabilidad de la escala ASQ [Qualaroo, 2023], las cuales fueron respondidas por los participantes después de jugar ambos juegos.

El ASQ, o After-Scenario Questionnaire es una escala de 3 preguntas usada para cuantificar la la facilidad percibida de los usuarios al completar una tarea. Las tres preguntas de este cuestionario son las siguientes:

- En general, estoy satisfecho con la facilidad para completar la tarea en este escenario.
- En general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que llevó completar la tarea en este escenario.
- En general, estoy satisfecho con la información de soporte (ayuda en línea, mensajes, documentación) al completar la tarea.

Las respuestas a estas preguntas se dan en una escala de 7 puntos, donde 1 es *Totalmente en desacuerdo* y 7 es *Totalmente de acuerdo*.

Dado que el experimento no incluye información de soporte, la tercera pregunta no se incluyó en el cuestionario.

Aparte de las preguntas de usabilidad, se preguntaron datos sobre los participantes, como su edad, curso, género y qué tan seguido juegan videojuegos. En total, las preguntas fueron las siguientes:

- De 1 a 7, ¿qué tan satisfecho estás con la facilidad para completar la tarea en este escenario?
- De 1 a 7, ¿qué tan satisfecho estás con la cantidad de tiempo que llevó completar la tarea en este escenario?
- ¿Cuántos días a la semana juegas videojuegos?
- ¿Qué tipos de videojuegos juegas?
- ¿En qué dispositivos juegas videojuegos?
- ¿Qué edad tienes?
- ¿En qué curso estás?
- ¿Cuál es tu género?

## 4.2. Ejecución del experimento

El grupo de estudio estaba compuesto por 59 estudiantes, de los cuales:

- 8 tenían 15 años, 15 tenían 16 años, 32 tenían 17 años y 4 tenían 18 años.
- Un 35.6 % del grupo estaba compuesto mujeres.

- Un 54.2 % jugaba videojuegos escasamente (menos de 3 días a la semana) y un 45.8 % jugaba videojuegos regularmente (3 días o más a la semana).
- De las 21 mujeres que participaron, 15 jugaban videojuegos escasamente y 6 jugaban videojuegos regularmente.
- De los 38 hombres que participaron, 17 jugaban videojuegos escasamente y 21 jugaban videojuegos regularmente.

### 4.3. Resultados

En general, la mayoría de los participantes lograron completar los juegos, disfrutaron la experiencia y no tuvieron problemas con los controles, a pesar de que algunos no tenían experiencias previas con manejados por movimiento o no estaban acostumbrados a jugar videojuegos en computador.

Dado que el sistema de control de los juegos mediante teléfono móvil era específico para cada juego, algunos participantes encontraron dificultades para comprender su funcionamiento. Por lo tanto, fue necesario proporcionarles explicaciones con ejemplos visuales, como realizar los movimientos correspondientes a las acciones en el juego de carreras, para que pudieran comprender y familiarizarse con el control.

En cuanto a comparaciones de ambos controles, algunos participantes se mostraron entusiasmados con la idea de probar el sistema de control por teléfono móvil e incluso se ofrecieron de voluntarios desde el inicio del experimento, mientras que otros prefirieron probar el sistema de control por teclado. Por otro lado, si bien a una parte de los participantes se les hizo más difícil jugar con el teléfono móvil, la mayoría lo encontró más entretenido que jugar con el teclado, dado que era una experiencia nueva para ellos que difería de la experiencia usual de jugar videojuegos en computador.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos del experimento. Para cada juego se presentan datos sobre los tiempos que tomó completar el juego y los puntajes obtenidos, y para el ASQ se presentan los resultados de las dos preguntas de usabilidad.

<b>Desempeño</b>	<b>Promedio</b>
Brick - Tiempo	45,5 segundos
Brick - Puntaje	10,7 puntos
Racing - Tiempo	81,8 segundos
Racing - Posición	2,8
Facilidad de uso	6,10
Tiempo de uso	6,22

Tabla 1: Desempeño de los participantes en el experimento.

Como se puede ver en la Tabla 1, el promedio de los puntajes obtenidos en el juego Brick Breaker fue de 10,7 puntos, un puntaje considerablemente alto, dado que el puntaje máximo posible es 12. Esto se puede deber a que los participantes en su mayoría ya conocían este tipo de juegos y lograron acostumbrarse a su control designado rápidamente.

Sobre los tiempos obtenidos en Brick Breaker, es difícil determinar si el promedio de 45,5 segundos es un buen tiempo o no, dado que no hay un tiempo de referencia para este juego ni tampoco hay un tiempo límite para completarlo.

Mientras tanto, en el juego de carreras, el promedio de las posiciones fue de 2,8, indicando que probablemente la mayoría terminó en tercer lugar o no logró terminar la carrera. Sin embargo, solo 4 de los 59 participantes no lograron terminar la carrera, por lo que la mayoría de los participantes logró terminar la carrera en tercer lugar, que en este experimento equivale a llegar en último lugar. Esto puede ser explicado por el hecho de que el esquema de controles es más complejo en este juego, y que para superar a los oponentes era necesario cometer una mínima cantidad de errores. Esta fue una tarea difícil para los participantes, dado que estaban jugando este juego por primera vez y no conocían la pista de carreras, pero a pesar de ello, la mayoría logró terminar la carrera.

Para calificar el promedio de los tiempos obtenidos en el juego de carreras, se puede usar como referencia el tiempo que le toma a los oponentes completar la carrera, que en esta pista es de aproximadamente 50 segundos. Este tiempo, no obstante, no considera que los jugadores pueden chocar a sus oponentes con tal de atrasarlos y obtener una mejor posición, por lo que es posible obtener primer lugar con un tiempo mayor a 50 segundos. De hecho, de los cinco participantes que llegaron en primer lugar, solo uno logró terminar la carrera en menos de 50 segundos (46 segundos), y el que más demoró lo hizo en 63 segundos. Teniendo en cuenta las dificultades mencionadas, se puede afirmar que el promedio de 81,8 segundos es un tiempo aceptable para este juego.

En cuanto a las respuestas a las preguntas de usabilidad, se puede ver que los participantes estuvieron satisfechos con la facilidad para completar las tareas y con la cantidad de tiempo que tomó completarlas, con promedios sobre 6 (donde 7 es el máximo). Esto indica que los participantes no percibieron mayores dificultades para completar las tareas, y que el tiempo que les tomó completarlas fue adecuado.

#### **4.4. Análisis comparativo de ambos controles**

Para obtener una comparación inicial entre ambos controles, se separaron los resultados obtenidos en dos grupos, uno para cada control, y se compararon los tiempos que tomó completar cada juego, los puntajes obtenidos en cada juego y las respuestas a las preguntas de usabilidad del ASQ. En esta comparación no se consideraron las diferencias entre los perfiles de los participantes, como la frecuencia con la que juegan videojuegos o su género, con tal de comparar exclusivamente el desempeño de ambos controles. En secciones posteriores

se analizan las diferencias de desempeño de los participantes según estas variables.

<b>Desempeño</b>	<b>Control</b>	<b>Promedio</b>
Brick - Tiempo	Teléfono celular	45,9 segundos
	Teclado	45,2 segundos
Brick - Puntaje	Teléfono celular	9,5 puntos
	Teclado	11,7 puntos
Racing - Tiempo	Teléfono celular	88,0 segundos
	Teclado	76,3 segundos
Racing - Posición	Teléfono celular	3,0
	Teclado	2,68
Facilidad de uso	Teléfono celular	5,87
	Teclado	6,32
Tiempo de uso	Teléfono celular	6,25
	Teclado	6,19

Tabla 2: Comparación de desempeño entre ambos controles.

Para el juego brick breaker, los resultados muestran que en promedio, ambos controles obtuvieron resultados similares en cuanto a tiempos, y que los participantes que utilizaron el teclado obtuvieron un puntaje promedio mayor que los participantes que utilizaron el teléfono celular. Esto puede ser explicado por el hecho de que el control por teclado es más preciso que el control por teléfono celular, por lo que es más fácil para el jugador mantener la pelota rebotando en la pantalla y romper más ladrillos.

Para el juego de carreras, los resultados muestran que en promedio, los participantes que utilizaron el teclado completaron la carrera en menos tiempo que los participantes que utilizaron el teléfono celular, y que los participantes que utilizaron el teclado obtuvieron un puesto promedio mejor que los participantes que utilizaron el teléfono celular. Es posible que el control por teclado sea más fácil o intuitivo de usar que el control por teléfono celular para este juego.

En promedio, las respuestas a la pregunta sobre la cantidad de tiempo que tomó realizar las tareas fueron similares para ambos controles, mientras que las respuestas a la pregunta sobre la facilidad para completar las tareas fueron ligeramente mejores para los participantes que utilizaron el teclado.

#### 4.4.1. Análisis de diferencias entre controles

Para analizar las diferencias entre los resultados de la sección anterior y determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas, se realizó una prueba de diferencia de medias por medio de un test t de Student, con un nivel de significancia de 0,05.

Dado que el test t de Student cambia dependiendo de si las varianzas de los grupos son iguales o no, se realizó un test de Levene para determinar si existen diferencias significativas entre las varianzas de los grupos. En caso de que el test de Levene arrojará un valor de p mayor a 0,05, se asumiría que las varianzas de los grupos son iguales, y se usaría el test t de Student para dos muestras suponiendo varianzas iguales. En caso de que el test de Levene arrojará un valor de p menor a 0,05, se asumiría que las varianzas de los grupos son distintas, y se usaría el test t de Student para dos muestras suponiendo varianzas distintas.

A partir de los resultados del test t de Student, se puede determinar si las diferencias entre los grupos son estadísticamente significativas. Si el valor de p obtenido es menor a 0,05, se puede afirmar que las diferencias entre los grupos son estadísticamente significativas. Si el valor de p obtenido es mayor a 0,05, se puede afirmar que las diferencias entre los grupos no son estadísticamente significativas.

Por otro lado, en caso de que se concluya que los promedios de dos grupos no son iguales, el estadístico t obtenido indica cuál de los dos grupos tiene un promedio mayor.

Las probabilidades p obtenidas de ambos tests y el estadístico t obtenido del test t de Student para cada comparación se pueden ver en la Tabla 8.

	<b>p (Levene)</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>p (t Student)</b>
<b>Tiempo en Brick Breaker</b>			
Móvil/teclado	0,043	0,151	0,880
<b>Puntaje en Brick Breaker</b>			
Móvil/teclado	0,000	-3,176	<b>0,003</b>
<b>Tiempo en juego de carreras</b>			
Móvil/teclado	0,632	1,644	0,105
<b>Lugar en juego de carreras</b>			
Móvil/teclado	0,039	1,824	0,073
<b>ASQ: Facilidad</b>			
Móvil/teclado	0,846	-2,240	<b>0,029</b>
<b>ASQ: Tiempo</b>			
Móvil/teclado	0,696	0,180	0,857

Tabla 3: Resultados de los tests de Levene y t de Student para las comparaciones entre ambos controles.

- Brick breaker

Con un valor de p de 0,003, se puede afirmar que las diferencias entre los puntajes de los participantes que utilizaron el teclado y los participantes que utilizaron el teléfono celular son estadísticamente significativas. Además, dado que el estadístico t es

negativo, se puede afirmar que los participantes que utilizaron el teclado obtuvieron tiempos menores que los participantes que utilizaron el teléfono celular.

En cambio, las diferencias entre los tiempos de los participantes que utilizaron el teclado y los participantes que utilizaron el teléfono celular no son estadísticamente significativas.

- Racing game

Dado que para ninguna de las dos comparaciones el valor de  $p$  es menor a 0,05, se puede afirmar que las diferencias entre los tiempos y las posiciones de los participantes que utilizaron el teclado y los participantes que utilizaron el teléfono celular no son estadísticamente significativas.

- ASQ

Con  $p$  igual a 0,029 para comparación entre teclado y teléfono móvil en la pregunta sobre la facilidad para completar las tareas, se puede afirmar que las medias de las respuestas son estadísticamente distintas. Dado que el estadístico  $t$  es negativo, se puede afirmar que los participantes que utilizaron el teclado estuvieron más satisfechos con la facilidad para completar las tareas que los participantes que utilizaron el teléfono celular.

Por otro lado, la media respuestas sobre la satisfacción con la cantidad de tiempo que tomó completar las tareas no son estadísticamente distintas entre los participantes que utilizaron el teclado y los participantes que utilizaron el teléfono celular.

#### **4.5. Comparación de perfiles de jugadores**

Para obtener comparaciones más detalladas sobre los resultados de los participantes, se separaron los dos grupos previamente comparados en dos subgrupos, uno con aquellos que juegan videojuegos menos de 3 días a la semana (escasamente), y otro con los participantes que juegan 3 días o más a la semana (regularmente).

Desempeño	Control	Juego escaso	Juego regular
Brick - Tiempo	Teléfono celular	40,2 segundos	54,7 segundos
	Teclado	43,2 segundos	47,1 segundos
Brick - Puntaje	Teléfono celular	9,6 puntos	9,4 puntos
	Teclado	11,9 puntos	11,5 puntos
Racing - Tiempo	Teléfono celular	87,1 segundos	89,4 segundos
	Teclado	86,9 segundos	66,3 segundos
Racing - Posición	Teléfono celular	3,0	3,0
	Teclado	2,8	2,5
Facilidad de uso	Teléfono celular	5,88	5,82
	Teclado	6,27	6,38
Tiempo de uso	Teléfono celular	6,18	6,36
	Teclado	6,07	6,31

Tabla 4: Comparación de desempeño entre ambos controles según frecuencia de juego.

En el juego Brick Breaker, se puede ver los jugadores que juegan videojuegos escasamente obtuvieron un tiempo más bajo y un puntaje similar a aquellos que juegan regularmente, independiente del control utilizado. Es por ello que se puede afirmar que la frecuencia con la que los participantes juegan videojuegos no influye en el desempeño de los participantes en este juego.

Viendo los resultados del juego de carreras, se destaca un grupo en particular entre los cuatro: el grupo de jugadores frecuentes que usaron el teclado. Este grupo logró un tiempo promedio de 66,3 segundos, en contraste con los otros tres grupos que obtuvieron tiempos promedio cercanos a los 90 segundos. Además, alcanzaron una posición promedio de 2,5, mientras que los otros tres grupos obtuvieron posiciones promedio cercanas a 3. Es plausible que la experiencia previa con videojuegos y con los controles por teclado haya contribuido a que obtuvieran mejores tiempos y posiciones en comparación con los otros grupos.

Se puede ver que las respuestas a la pregunta sobre la facilidad para completar las tareas son independientes de la cantidad de días a la semana que juegan videojuegos los participantes, y que la facilidad de uso fue ligeramente mejor para los participantes que utilizaron el teclado.

Por otro lado, la percepción del tiempo de uso fue levemente superior para los participantes que juegan frecuentemente, y levemente inferior para los participantes que utilizaron el teclado, por lo que el mejor los jugadores frecuentes que utilizaron el teléfono celular fueron los que mejor evaluaron el tiempo de uso.

#### 4.5.1. Análisis de diferencias entre perfiles de jugadores

Al igual que en la sección anterior, para analizar las diferencias entre los resultados de la sección anterior y determinar si estas diferencias son estadísticamente significativas, se realizó

una prueba de diferencia de medias por medio de un test t de Student, con un nivel de significancia de 0,05.

	<b>p (Levene)</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>p (t Student)</b>
<b>Puntaje en Brick Breaker</b>			
Juego escaso: Móvil/teclado	0,000	-2,609	<b>0,018</b>
<b>Tiempo en juego de carreras</b>			
Teclado: Juego escaso/regular	0,001	2,223	<b>0,039</b>
Juego regular: Móvil/teclado	0,077	3,281	<b>0,003</b>

Tabla 5: Resultados de los tests de Levene y t de Student donde el valor de p en el test de Student es menor a 0,05 para las comparaciones entre perfiles de jugadores.

■ Brick breaker

La única comparación de medias que obtuvo un valor de p menor a 0,05 fue la comparación entre los puntajes de los participantes que jugaron videojuegos escasamente y utilizaron el teclado, y los participantes que jugaron videojuegos escasamente y utilizaron el teléfono celular. Se puede afirmar que las diferencias entre los puntajes de estos dos grupos son estadísticamente significativas.

Dado que el estadístico t es negativo, se puede afirmar que el primer grupo obtuvo puntajes menores que el segundo grupo.

■ Racing game

En este juego, dos subgrupos obtuvieron un valor de p menor a 0,05 en la comparación de tiempos:

- Los subgrupos de participantes que jugaron con teclado y fueron separados por la cantidad de días a la semana que juegan videojuegos.
- Los subgrupos de participantes que juegan videojuegos escasamente y fueron separados por el control utilizado.

Por lo tanto, se puede afirmar que tanto la experiencia previa con videojuegos como el control utilizado influyen en los tiempos obtenidos en este juego de carreras, pero no en todos los casos.

Por otro lado, en cuanto a las posiciones obtenidas en el juego, no se encontró que ninguna de las medias de los subgrupos fueran estadísticamente distintas.

■ ASQ

Ninguna de las comparaciones de medias de los subgrupos obtuvieron un p menor a 0,05, por lo que se puede afirmar que las diferencias entre los subgrupos no son estadísticamente significativas para ninguna de las dos preguntas del ASQ.

## 4.6. Comparación por género

Otra comparación que se realizó fue entre los resultados obtenidos por hombres y mujeres. En la Tabla 6 se pueden ver los resultados obtenidos.

Desempeño	Control	F	M
Brick - Tiempo	Teléfono celular	40,6 segundos	49,3 segundos
	Teclado	52,3 segundos	41,8 segundos
Brick - Puntaje	Teléfono celular	9,5 puntos	9,6 puntos
	Teclado	11,8 puntos	11,6 puntos
Racing - Tiempo	Teléfono celular	88,0 segundos	88,0 segundos
	Teclado	89,6 segundos	69,9 segundos
Racing - Posición	Teléfono celular	2,9	3,0
	Teclado	3,0	2,5
Facilidad de uso	Teléfono celular	5,82	5,88
	Teclado	6,30	6,33
Tiempo de uso	Teléfono celular	5,73	6,59
	Teclado	5,70	6,43

Tabla 6: Comparación de desempeño entre ambos controles según género.

Con teléfono celular, las mujeres en promedio demoraron cerca de 10 segundos menos que los hombres en el juego brick breaker, pero en teclado esta situación se invierte. En cambio, en cuanto a puntajes obtenidos, ambos grupos obtuvieron puntajes similares. Teniendo ambas cosas en cuenta, es posible que al menos en este tipo de juegos, a las mujeres se les de mejor el control por teléfono celular que el control por teclado.

El desempeño de los hombres en el race estuvo mejor con el teclado tanto en puntaje como en tiempo en teclado, promediando posición de 2,5 superior a 3,0 y tiempo de 70 sobre 88 segundos. Las mujeres en cambio tuvieron desempeños muy similares en ambos controles, con una diferencia de 0,1 en la posición y 1,6 segundos en el tiempo.

Ambos grupos opinan que es más fácil jugar con el teclado, aunque ambos se encuentran en buenos niveles de satisfacción. El tiempo de juego recibió satisfacción similar, logrando mejor opinión en el grupo del celular tanto en hombres como en mujeres.

### 4.6.1. Análisis de diferencias entre géneros

Al igual que en las secciones anteriores, se realizó una prueba de diferencia de medias por medio de un test t de Student, con un nivel de significancia de 0,05.

	<b>p (Levene)</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>p (t Student)</b>
<b>Puntaje en Brick Breaker</b>			
Hombres: Móvil/teclado	0,002	-2,313	<b>0,029</b>
<b>Tiempo en juego de carreras</b>			
Hombres: Móvil/teclado	0,163	2,133	<b>0,039</b>
<b>Lugar en juego de carreras</b>			
Teclado: Mujeres/hombres	0,000	2,5	<b>0,021</b>
Hombres: Móvil/teclado	0,000	2,465	<b>0,019</b>

Tabla 7: Resultados de los tests de Levene y t de Student donde el valor de p en el test de Student es menor a 0,05 para las comparaciones entre participantes según su género.

■ Brick breaker

La única comparación de medias que obtuvo un valor de p menor a 0,05 fue la comparación entre los puntajes de los participantes hombres que utilizaron el teclado, y los participantes hombres que utilizaron el teléfono celular. Se puede afirmar que las diferencias entre los puntajes de estos dos grupos son estadísticamente significativas. Por otro lado, dado que t es negativo, es posible asegurar además que los hombres que utilizaron el teclado obtuvieron puntajes notablemente mayores que los hombres que utilizaron el teléfono celular.

Se puede decir entonces que el tipo de control influyó en el desempeño de los participantes hombres en este juego.

■ Racing game

En cuanto a los tiempos obtenidos en el juego, la comparación de medias que obtuvo un valor de p menor a 0,05 fue la comparación entre los tiempos de los participantes hombres que utilizaron el teclado, y los participantes hombres que utilizaron el teléfono celular. Además, dado que t es positivo, se puede concluir que los hombres que utilizaron el teclado obtuvieron tiempos drásticamente menores que los hombres que utilizaron el teléfono celular.

Por otro lado, en cuanto a las posiciones obtenidas en el juego, dos subgrupos obtuvieron un valor de p menor a 0,05 en la comparación de posiciones:

- Los subgrupos de participantes hombres que utilizaron el teclado y el teléfono celular.
- Los subgrupos de participantes que utilizaron el teclado y fueron separados por género.

Donde dados sus valores de t, se puede asegurar que los hombres que utilizaron el teclado obtuvieron mejores posiciones que los hombres que utilizaron el teléfono celular, y que los hombres obtuvieron mejores posiciones que las mujeres al utilizar el teclado.

- ASQ

Ninguna de las comparaciones de medias de los subgrupos obtuvieron un  $p$  menor a 0,05, por lo que se puede afirmar que las diferencias entre los subgrupos no son estadísticamente significativas para ninguna de las dos preguntas del ASQ. En otras palabras, el género no influyó drásticamente en la percepción de los participantes sobre la facilidad de uso y el tiempo de uso de los controles.

Una observación interesante es que los hombres que utilizaron el teclado obtuvieron mejores resultados en los dos juegos, mientras que las mujeres obtuvieron resultados similares en ambos controles. Esto podría deberse a que los participantes hombres tenían más experiencia previa con videojuegos controlados por teclado, lo que podría haberles permitido obtener mejores resultados que los hombres que utilizaron el teléfono celular.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES

Se realizaron tres comparaciones de grupos y subgrupos para determinar si existían diferencias entre sus desempeños y percepciones de la experiencia de juego. En la primera comparación, se comparó el desempeño de los participantes según qué control utilizaron. En la segunda, los grupos anteriores se dividieron en subgrupos según la frecuencia con la que los participantes jugaban videojuegos. Finalmente, en la tercera comparación, se hicieron subgrupos según el género de los participantes.

En la primera comparación, los resultados mostraron que es probable que el control por teclado fuera más preciso o fácil de usar que el control por teléfono celular que se implementó en este trabajo de título, dado que los participantes que utilizaron el teclado obtuvieron mejores resultados en los juegos que los participantes que utilizaron el teléfono celular. Además, los participantes que utilizaron el teclado respondieron que les fue más fácil completar las tareas que los participantes que utilizaron el teléfono celular. Sin embargo, en cuanto a la percepción sobre la cantidad de tiempo que les tomó completar las tareas, no se observó una diferencia significativa entre los grupos.

La segunda comparación revela una dinámica interesante: mientras que en un juego la frecuencia con la que los participantes jugaban videojuegos no afectó su desempeño, en el otro juego sí se observó una diferencia significativa entre los subgrupos. Esto sugiere que la experiencia previa del jugador con videojuegos o con ciertos tipos de controles puede o no afectar su desempeño dependiendo del tipo de juego que se esté jugando. Por otra parte, no se observó que la frecuencia de juego de los participantes afectara en mayor medida con sus percepciones sobre la experiencia de juego.

En la tercera comparación, se destaca que en el primer juego las mujeres tuvieron un mejor desempeño con el control por teléfono celular, mientras que para los hombres esto fue todo lo contrario. Esto sugiere que el género del jugador puede afectar su desempeño dependiendo del tipo de juego que se esté jugando. Por otra parte, en el segundo juego se observó el subgrupo de hombres que utilizó el teclado tuvo un mejor desempeño que los otros tres subgrupos. Por último, en cuanto a las percepciones sobre la experiencia de juego, tanto hombres como mujeres estuvieron de acuerdo en que el control por teclado fue más fácil de utilizar que el control por teléfono celular, pero las mujeres estuvieron considerablemente más satisfechas con el tiempo que les tomó completar las tareas que los hombres.

Tras el análisis de los resultados obtenidos, se puede concluir que la implementación del módulo creado en este trabajo de título es funcional, dado que los participantes lograron completar los juegos y no tuvieron problemas con el control. Sin embargo no se puede concluir que el módulo es mejor que el control por teclado, dado que los participantes que utilizaron el teclado obtuvieron mejores resultados en los juegos que los participantes que utilizaron el teléfono celular. Además, las respuestas a la pregunta sobre la facilidad para completar las

tareas fueron mejores en el grupo que utilizó el teclado.

Si bien los resultados no fueron superiores a los del control por teclado en este experimento, esto no quiere decir que el esquema de control por teléfono celular planteado en este trabajo de título no sea viable. Los juegos a los que se les incorporó este sistema no fueron diseñados originalmente para ser jugados con este tipo de control, ya que fueron creados teniendo en mente los controles por teclado. Por lo tanto, el hecho de que ambos controles obtuvieran resultados similares en este experimento puede ser considerado como un resultado positivo, ya que sugiere que el esquema de control por teléfono celular puede ser una opción viable, incluso en juegos no diseñados específicamente para ello.

Por otro lado, dados los distintos resultados de las comparaciones de grupos y subgrupos en ambos juegos, se puede concluir que la experiencia del jugador puede variar positiva o negativamente dependiendo de a qué tipo de juego se le incorpore este sistema de control y cómo esté implementado el mismo. Esto también puede cambiar qué tanto influye la experiencia previa del jugador con videojuegos en el desempeño del mismo.

Por lo anterior, se recomienda realizar más experimentos con distintos tipos de juegos para poder obtener resultados más concluyentes sobre la efectividad de este sistema de control. No solo se debe explorar el desempeño en juegos que ya funcionan con teclado, ya que el objetivo de este trabajo de título es investigar la posibilidad de crear juegos específicamente diseñados para este sistema de control, y no solo adaptar juegos preexistentes.

Este enfoque permitirá evaluar de manera más precisa la capacidad y versatilidad del sistema de control a la hora de diseñar juegos desde cero. Así, se podrá determinar su eficacia real y su potencial para ofrecer experiencias de juego innovadoras y atractivas para los jugadores.

A pesar de que el módulo desarrollado en este trabajo funcionó correctamente para llevar a cabo el experimento, existen múltiples áreas en las que se puede mejorar el módulo para que sea más fácil de utilizar y más versátil. Por ejemplo, agregar la posibilidad de enviar datos desde el computador al teléfono móvil para mostrar información en la pantalla del teléfono, o agregar la posibilidad de colocar botones en las pantallas de los móviles para permitir más interacciones con los juegos, además de agregar soporte para el tercer eje de rotación del teléfono para crear controles más complejos. Sin embargo, como demostró el experimento, el módulo creado en este trabajo de título es funcional y puede ser utilizado para crear juegos que utilicen teléfonos móviles como controles.

Dadas las conclusiones anteriores, se puede afirmar que se logró crear una herramienta que facilite la creación de videojuegos de computador que utilicen smartphones como controles, pero que se requiere de más experimentos para poder determinar en qué casos es mejor utilizar este sistema de control por sobre otros. Aunque finalmente, depende de los desarrolladores de videojuegos decidir si este sistema de control es adecuado para sus juegos y si les permite crear nuevas experiencias o no.

## 5.1. Trabajo futuro

- Implementar el uso del tercer eje (eje verde en la Figura 14) de rotación del teléfono para crear controles más complejos, esto requeriría de un sistema de calibración para que el jugador pueda calibrar la orientación del teléfono dependiendo de en qué dirección este mirando el jugador.
- Agregar la posibilidad de colocar botones en las pantallas de los móviles para permitir más interacciones con los juegos.
- Agregar la posibilidad de enviar datos desde el computador al teléfono móvil para mostrar información en la pantalla del teléfono.
- Implementar un sistema en el que el computador pueda enviar imágenes o video al teléfono móvil para mostrar información en pantalla.
- Experimentar con distintos tipos de juegos para determinar en qué casos es mejor utilizar este sistema de control por sobre otros.

## ANEXOS

Tabla 8: Resultados test de Lavene y t Student.

	p (Levene)	Estadístico t	p (t Student)
<b>ASQ: Facilidad</b>			
Móvil/teclado	0,846698012	-2,240072395	0,029001722
Móvil: Juego escaso/regular	0,221645362	0,19197968	0,84924965
Teclado: Juego escaso/regular	0,366009073	-0,39741519	0,69397143
Juego escaso: Móvil/teclado	0,347676301	-1,30610178	0,20144423
Juego regular: Móvil/teclado	0,210850233	-1,81213216	0,08199484
Móvil: Mujeres/hombres	0,80182707	-0,19197968	0,84924965
Teclado: Mujeres/hombres	0,6246009	-0,11409935	0,90994533
Mujeres: Móvil/teclado	0,54875693	-1,40307182	0,17672638
Hombres: Móvil/teclado	0,92337746	-1,67794332	0,10202047
<b>ASQ: Tiempo</b>			
Móvil/teclado	0,696266857	0,180428827	0,857455894
Móvil: Juego escaso/regular	0,806106889	-0,44285516	0,66153324
Teclado: Juego escaso/regular	0,277165734	-0,5190091	0,60769284
Juego escaso: Móvil/teclado	0,454941215	0,22407985	0,82421426
Juego regular: Móvil/teclado	0,863577499	0,13329779	0,89502507
Móvil: Mujeres/hombres	0,02858818	-1,949029	0,07161817
Teclado: Mujeres/hombres	0,04074783	-1,16259921	0,26959437
Mujeres: Móvil/teclado	0,52210002	0,03836954	0,96979334
Hombres: Móvil/teclado	0,38646099	0,60882242	0,54646504
<b>Tiempo en Brick Breaker</b>			
Móvil/teclado	0,043192065	0,151123492	0,880585059
Móvil: Juego escaso/regular	0,120986285	-1,8475423	0,07607739
Teclado: Juego escaso/regular	0,794459543	-0,83454477	0,41079638
Juego escaso: Móvil/teclado	0,627545967	-0,57426941	0,57006681
Juego regular: Móvil/teclado	0,031333119	0,93237544	0,36694412
Móvil: Mujeres/hombres	0,30453117	-1,05544726	0,30093011
Teclado: Mujeres/hombres	0,03441309	1,85283846	0,08864707
Mujeres: Móvil/teclado	0,7663105	-1,51400397	0,14648295
Hombres: Móvil/teclado	0,00445851	1,27478417	0,21699738
<b>Puntaje en Brick Breaker</b>			
Móvil/teclado	8,40661E-07	-3,176740221	0,003001991
Móvil: Juego escaso/regular	0,909328901	0,21915109	0,82824367
Teclado: Juego escaso/regular	0,150211697	0,68819559	0,49679815
Juego escaso: Móvil/teclado	5,89654E-05	-2,60998946	0,01829789
Juego regular: Móvil/teclado	0,004213433	-1,99575821	0,06327377

Móvil: Mujeres/hombres	0,47404003	-0,103299	0,91851833
Teclado: Mujeres/hombres	0,48380252	0,31567193	0,75451218
Mujeres: Móvil/teclado	9,136E-06	-2,19911213	0,05016384
Hombres: Móvil/teclado	0,00216736	-2,31348846	0,02998349
<b>Tiempo en juego de carreras</b>			
Móvil/teclado	0,632419062	1,644189352	0,105642023
Móvil: Juego escaso/regular	0,338217068	-0,20303642	0,84068716
Teclado: Juego escaso/regular	0,001410151	2,22393771	0,0399927
Juego escaso: Móvil/teclado	0,65070956	0,02189113	0,98267976
Juego regular: Móvil/teclado	0,077242321	3,28177825	0,00303895
Móvil: Mujeres/hombres	0,67772712	0	1
Teclado: Mujeres/hombres	0,06648223	2,01019786	0,05379299
Mujeres: Móvil/teclado	0,34888004	-0,12695199	0,90031231
Hombres: Móvil/teclado	0,1635073	2,13339198	0,0397787
<b>Lugar en juego de carreras</b>			
Móvil/teclado	0,039528199	1,824374894	0,073432017
Móvil: Juego escaso/regular	0,418347225	0	1
Teclado: Juego escaso/regular	0,028397267	0,89326144	0,38023576
Juego escaso: Móvil/teclado	0,973643712	0,87816249	0,3868348
Juego regular: Móvil/teclado	0,005087813	1,67870637	0,10674621
Móvil: Mujeres/hombres	0,13354797	-0,62866731	0,53505136
Teclado: Mujeres/hombres	1,9744E-05	2,5	0,02123355
Mujeres: Móvil/teclado	0,01959303	-0,36273813	0,72435001
Hombres: Móvil/teclado	0,00058226	2,46536286	0,01962955

Tabla 9: Datos obtenidos en el testing, Q1 y Q2 son las preguntas de usabilidad de ASQ sobre facilidad y tiempo respectivamente. T brick y T race son los tiempos de esos juegos y P brick y P race son los lugares obtenidos en esos juegos. Juego semanal es la cantidad de días a la semana que declaró jugar cada participante.

Control	Q1	Q2	T brick	P brick	T race	P race	Edad	Género	Juego semanal
Celular	6	7	29	12	108	3	17	M	3
Celular	5	3	32	3	140	4	17	F	1
Teclado	7	7	34	12	68	3	17	F	1
Teclado	5	4	60	12	60	4	17	M	3
Celular	5	7	67	12	60	3	17	M	1
Teclado	5	6	42	12	64	3	17	M	3
Celular	4	7	36	3	100	4	17	M	1
Celular	5	7	75	10	146	3	17	M	0
Teclado	6	7	45	12	56	2	17	M	0
Teclado	6	6	41	12	84	3	17	M	7
Celular	7	7	43	10	61	3	17	M	3

FRAMEWORK PARA DESARROLLAR VIDEOJUEGOS CON INTERACCIÓN ENTRE SMARTPHONES Y COMPUTADORES

Teclado	6	5	49	12	145	3	15	M	1
Celular	6	5	42	6	86	4	15	M	0
Celular	7	7	37	7	63	1	15	F	0
Teclado	7	7	27	12	46	1	16	M	2
Celular	6	7	53	5	90	3	16	M	3
Teclado	6	7	23	12	71	3	16	M	1
Teclado	7	7	28	12	55	1	16	M	3
Celular	6	6	23	3	167	3	16	M	2
Teclado	7	7	46	12	61	3	16	M	3
Teclado	7	7	47	4	97	3	16	M	3
Celular	7	7	38	12	69	3	16	M	2
Teclado	6	7	35	12	67	3	17	M	1
Celular	7	6	50	11	110	3	17	M	3
Celular	6	7	36	9	62	3	17	M	1
Teclado	7	5	42	12	75	2	17	M	3
Teclado	7	6	44	12	52	1	17	M	3
Celular	6	4	28	12	84	3	18	F	0
Teclado	7	7	51	12	52	1	17	M	0
Celular	4	7	45	12	61	3	18	M	0
Celular	6	5	47	10	64	3	17	M	0
Teclado	5	6	37	12	60	3	17	M	1
Celular	6	6	24	12	85	3	17	M	1
Teclado	7	7	35	12	90	3	17	M	2
Celular	5	6	40	12	68	3	17	F	1
Teclado	6	6	43	12	59	3	18	M	0
Teclado	6	7	37	12	59	3	17	F	4
Celular	6	7	44	5	72	2	17	F	0
Teclado	5	5	39	12	66	3	17	F	3
Celular	6	7	23	11	73	3	17	F	2
Teclado	7	5	61	12	156	3	17	F	1
Teclado	7	7	44	12	74	2	17	M	3
Celular	7	5	39	12	123	3	17	F	0
Teclado	6	7	42	12	64	3	17	M	0
Celular	6	7	97	12	79	3	18	M	0
Teclado	6	7	44	10	80	3	17	F	0
Teclado	7	5	62	12	127	3	16	F	0
Celular	7	7	34	12	81	2	16	M	3
Teclado	6	7	40	12	60	3	16	M	1
Celular	6	6	40	6	80	3	15	F	0
Celular	6	7	99	12	67	3	15	M	4
Teclado	7	7	57	12	76	3	15	M	4
Celular	5	5	90	12	97	4	15	F	1
Teclado	7	7	90	12	63	3	16	F	0
Teclado	7	7	58	12	70	3	16	F	0

FRAMEWORK PARA DESARROLLAR VIDEOJUEGOS CON INTERACCIÓN ENTRE SMARTPHONES Y  
COMPUTADORES

---

Celular	5	7	24	12	67	3	15	F	0
Teclado	5	1	55	12	115	3	17	F	0
Teclado	6	6	43	12	92	3	16	F	0
Celular	6	6	50	12	101	3	16	F	0

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Amos, 2010] Amos, E. (2010). A wii remote and a nunchuck attachment held in hands, as if playing a game. shown with wrist strap attached. shown against a grayish, non-whited background because taking pictures of the wii remote can be a huge pain. Recuperado de <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wiimote-in-Hands.jpg> [Último acceso: 08/12/2022] Wikimedia Commons.
- [Birk y Mandryk, 2013] Birk, M. y Mandryk, R. L. (2013). Control your game-self: Effects of controller type on enjoyment, motivation, and personality in game. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '13*, p. 685–694, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [Brown et al., 2010] Brown, M., Kehoe, A., Kirakowski, J., y Pitt, I. (2010). *Beyond the Gamepad: HCI and Game Controller Design and Evaluation*, pp. 209–219. Springer London, London.
- [Fishnet, 2023] Fishnet (2023). Fish-net: Networking evolved. Recuperado de <https://fish-networking.gitbook.io/docs/> [Último acceso: 07/09/2023].
- [Games, 2022] Games, E. (2022). Nanite virtualized geometry. Recuperado de <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/nanite-virtualized-geometry-in-unreal-engine/> [Último acceso: 10/12/2022].
- [Huang et al., 2013] Huang, W.-C., Hou, H.-W., y Fang, W.-C. (2013). A remote control solution for mouse cursor of computer by using accelerometer. En *2013 IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE)*, pp. 271–272.
- [Joselli et al., 2012] Joselli, M., Ricardo da Silva, J., Zamith, M., Clua, E., Pelegrino, M., Mendonça, E., y Soluri, E. (2012). An architecture for game interaction using mobile. En *2012 IEEE International Games Innovation Conference*, pp. 1–5.
- [Malfatti et al., 2010] Malfatti, S. M., dos Santos, F. F., y dos Santos, S. R. (2010). Using mobile phones to control desktop multiplayer games. En *2010 Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*, pp. 230–238.
- [Manuals+, 2021] Manuals+ (2021). Assassin's creed 4 keyboard controls layout guide. Recuperado de <https://manuals.plus/keyboards/assassins-creed-4-keyboard-controls-layout-guide#axzz7jzMvZfZv> [Último acceso: 7/11/2022].
- [Puerto, 2013] Puerto, K. (2013). El final del verano es el final de symbian. Recuperado de <https://www.xatakamovil.com/nokia/el-final-del-verano-es-el-final-de-symbian> [Último acceso: 7/11/2022] Xataka Móvil.

- [Qualaroo, 2023] Qualaroo (2023). After-scenario questionnaire (asq). Recuperado de <https://help.qualaroo.com/hc/en-us/articles/360039070552-After-Scenario-Questionnaire-ASQ> [Último acceso: 10/09/2023].
- [Radwan, 2023] Radwan, A. (2023). Github - abdefattah-radwan/fish-networking-discovery: A very simple lan network discovery component for fish-networking. Recuperado de <https://github.com/Abdefattah-Radwan/Fish-Networking-Discovery> [Último acceso: 20/09/2023].
- [Statista, 2022] Statista (2022). Video games - worldwide. Recuperado de <https://www.statista.com/outlook/dmo/digital-media/video-games/worldwide> [Último acceso: 8/12/2022].
- [Store, 2023a] Store, U. A. (2023a). Block breaker template. Recuperado de <https://assetstore.unity.com/packages/templates/packs/block-breaker-template-63173> [Último acceso: 09/09/2023].
- [Store, 2023b] Store, U. A. (2023b). Racing starter kit. Recuperado de <https://assetstore.unity.com/packages/templates/systems/racing-starter-kit-169750> [Último acceso: 09/09/2023].
- [Thorpe *et al.*, 2011] Thorpe, A., Ma, M., y Oikonomou, A. (2011). History and alternative game input methods. En *2011 16th International Conference on Computer Games (CGAMES)*, pp. 76–93.
- [Unity, 2022a] Unity (2022a). Build multiplayer games with netcode for gameobjects. Recuperado de <https://unity.com/products/netcode> [Último acceso: 11/12/2022].
- [Unity, 2022b] Unity (2022b). Choose the plan that is right for you. Recuperado de <https://store.unity.com/compare-plans> [Último acceso: 10/12/2022].
- [Vajk *et al.*, 2008] Vajk, T., Coulton, P., Bamford, W., y Edwards, R. (2008). Using a mobile phone as a “wii-like” controller for playing games on a large public display. *International Journal of Computer Games Technology*, 2008:1–6. <http://downloads.hindawi.com/journals/ijcgt/2008/539078.pdf>.
- [Yoyo, 2022] Yoyo (2022). ¡elige un nivel y haz un juego! Recuperado de <https://gamemaker.io/es/get> [Último acceso: 10/12/2022].