

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

**DESARROLLO DE SERIOUS GAMES PARA 1) APRENDIZAJE DEL
IDIOMA FRANCÉS Y 2) APOYO A NIÑOS CON DISCAPACIDAD
PSICOMOTRIZ.**

**DESARROLLO DE JUEGO SERIO CON INTERFAZ "BODY AS INTERFACE"
QUE PERMITA MAPEAR EL MOVIMIENTO DE NIÑOS CON DISCAPACIDAD
PSICOMOTRIZ AL MOVIMIENTO DEL CURSOR.**

EMILIO XAVIER MONTALVO GANCHALA

emilio.montalvo@epn.edu.ec

DIRECTOR: JULIÁN ANDRÉS GALINDO LOSADA, PHD

julian.galindo@epn.edu.ec

DMQ, Julio 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Emilio Xavier Montalvo Ganchala declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Emilio Xavier Montalvo Ganchala

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Emilio Xavier Montalvo Ganchala, bajo mi supervisión.



PhD. Julián Galindo

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Emilio Xavier Montalvo Ganchala

PhD. Julián Galindo

Mateo Alejandro Díaz Pazmiño

DEDICATORIA

A Dios, Mi Madre y mi Abuelita

AGRADECIMIENTO

A mi familia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Juegos Serios para Niños con Discapacidad Psicomotriz.	5
1.4.2 Usabilidad y Experiencia de Usuario dentro de las Interfaces de Videojuegos.	6
1.4.3 Elementos de Gamificación.	7
1.4.4 Ciclo de vida de diseño de interacción simple	7
1.4.5 Kanban.....	8
2 METODOLOGÍA.....	10
2.1 Integración de Kanban con el Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple.	10
2.2 Arquitectura	11
2.2.1 Contexto	11
2.2.2 Contenedor: GestPlay	12
2.2.3 Componente: Interfaz “Body as interface del Cursor”	12
2.2.4 Componente: juego Serio Cursor	13
2.2.5 Componente: API.....	14
2.3 Herramientas	15
2.4 Desarrollo	15
2.4.1 Fase Preliminar de Investigación	15
2.4.2 Establecer Requerimientos.....	15
2.4.3 Diseños Alternativos	17
2.4.4 Prototipado.....	24
2.4.5 Evaluación.....	30

2.4.6	Producto Final y Lanzamiento.....	35
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
3.1	Resultados.....	37
3.2	Conclusiones	42
3.3	Recomendaciones	43
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
4	ANEXOS	46
	ANEXO I	47
	ANEXO II	50
	ANEXO III	55
	ANEXO IV.....	64
	ANEXO V.....	70
	ANEXO VI.....	70
	ANEXO VII.....	70
	ANEXO VIII.....	70
	ANEXO IX.....	70
	ANEXO X.....	70
	ANEXO XI.....	70
	ANEXO XII.....	70
	ANEXO XII.....	71

RESUMEN

El presente trabajo de titulación busca desarrollar el componente relacionado con el "Cursor" que será integrado dentro del sistema denominado "GestPlay", el cual tiene como objetivo ser una herramienta interactiva que mejore las habilidades motoras de sus usuarios, facilitando su interacción con dispositivos digitales. Para ello, se presenta el desarrollo de una interfaz "body as interface" que permite mapear el movimiento de la mano al cursor de la computadora. Además, se incluye un juego serio que permite al usuario aprender a utilizar la interfaz y una API encargada de recolectar los datos capturados del juego serio para ser usados posteriormente para medir el avance del usuario.

Este trabajo está dirigido principalmente a niños con discapacidad psicomotriz y sus terapeutas. Sin embargo, también considera a otros posibles usuarios, como los tutores de los niños y personas en general, no necesariamente con discapacidad, que deseen utilizar el sistema como herramienta o simplemente como entretenimiento.

El desarrollo de este componente se basó en el modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple, haciendo uso de Kanban como método para gestionar y organizar el desarrollo del prototipo de alta fidelidad. El prototipo obtenido fue evaluado mediante pruebas heurísticas y de usabilidad, las cuales mostraron resultados positivos, demostrando el potencial de la herramienta para mejorar la calidad de vida de sus usuarios facilitando su interacción con la tecnología.

PALABRAS CLAVE: juego serio, body as interface, discapacidad psicomotriz, visión artificial, usabilidad, Kanban.

ABSTRACT

This thesis aims to develop the component related to the "Cursor" that will be integrated into the system called "GestPlay", which aims to be an interactive tool that improves the motor skills of its users, facilitating their interaction with digital devices. For this purpose, the development of a "body as interface" interface that maps hand movements to the computer cursor is presented. Additionally, a serious game is included to help users learn to use the interface, along with an API that collects data captured from the serious game for subsequent use in measuring user progress.

This work is primarily aimed at children with psychomotor disabilities and their therapists. However, it also considers other possible users, such as the children's tutors and people in general, not necessarily with disabilities, who wish to use the system as a tool or simply as entertainment.

The development of this component was based on the simple interaction design life cycle model, using Kanban as a method to manage and organize the development of the high-fidelity prototype. The resulting prototype was evaluated using heuristic and usability tests, which showed positive results, demonstrating the tool's potential to improve the quality of life of its users by facilitating their interaction with technology.

KEYWORDS: serious game, body as interface, psychomotor disability, computer vision, usability, Kanban.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Este componente se centra en el desarrollo del software que permite mapear el movimiento del niño con discapacidad al movimiento del cursor mediante gestos utilizando la webcam. Incluye un juego serio que enseñará al niño a utilizar esta característica, la generación de informes con diversas métricas establecidas durante el levantamiento de requerimientos, que indiquen el desempeño del niño en el juego, y el manejo de la autenticación en la solución, que permitirá a los terapeutas y tutores acceder al sistema.

Las características previamente mencionadas se distribuyen en los módulos descritos a continuación, que juntos constituyen el componente desarrollado.

El primer módulo se trata de la interfaz “body as interface” del cursor. Este módulo se encarga de captar los fotogramas provenientes de la webcam del usuario y traducir la posición de la primera mano en ingresar a la cámara en el movimiento del cursor del ratón. Para cumplir con esto, se hace uso de visión artificial y reconocimiento de objetos. Además, se le añade la opción de personalización, ayuda visual, así como la conexión con el juego serio para que sus configuraciones puedan ser manejadas desde una sola interfaz para la comodidad del usuario.

El segundo módulo trata del juego serio que permite a los niños con discapacidad, mediante ayuda de un terapeuta, aprender a manejar la interfaz “body as interface” del cursor con el objetivo de que después sean capaces de hacer uso de esta fuera del aplicativo para controlar la computadora. Este juego recopila datos que posteriormente serán enviados al tercer módulo del componente. Además, cuenta con ocho niveles que permiten la práctica y ejercicio del manejo del cursor controlado mediante la interfaz utilizando la mano.

El tercer módulo trata de un API encargado de la autenticación del sistema y la recopilación de los datos de las configuraciones, información del juego serio y datos enviados por el juego serio, que permiten la creación de los informes anteriormente descritos. Este API también es utilizado por la página web creada dentro del componente relacionado con el clic dentro del proyecto del que forma parte este componente, permitiendo a terapeutas y tutores observar los informes y ajustar las configuraciones de la interfaz descrita en el primer módulo para adecuarla más a las necesidades del niño, así como observar sus avances en el uso de la herramienta.

1.1 Objetivo general

Desarrollo de juego serio con interfaz "body as interface" que permita mapear el movimiento de niños con discapacidad psicomotriz al movimiento del cursor.

1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos se describen según el modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple:

1. Ejecutar un levantamiento de información en una fundación de niños que le brinde atención a niños con discapacidad psicomotriz que sea la base para crear el componente.
2. Realizar una revisión literaria de juegos "body as interface" relacionados y otro software que permita controlar el mouse con el cuerpo.
3. Diseñar y desarrollar la solución con un marco de desarrollo ágil para cumplir con el objetivo del componente, con prototipos de Baja y Alta Fidelidad.
4. Utilizar heurísticas de usabilidad y pruebas UX para analizar la interacción de los usuarios y generar retroalimentación significativa para la mejora del producto.
5. Entregar un juego serio con interfaz "body as interface" que permita mapear el movimiento de niños con discapacidad psicomotriz al movimiento del cursor.

1.3 Alcance

Se empleará el Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple para definir los requisitos, diseñar, desarrollar, evaluar y finalizar el componente del juego serio destinado a mapear el movimiento del cursor. Aunque originalmente consta de 5 fases, se incorporan una fase adicional al principio y al final del proceso.

1. Fase preliminar de investigación

- 1.1. Investigar las ventajas de utilizar un entorno virtual para mejorar las capacidades motrices de una persona.
- 1.2. Investigar los principios de usabilidad de pertinentes para mejorar la experiencia de usuario.

- 1.3. Investigar y comprender el Modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple.
 - 1.4. Investigar y comprender una metodología adecuada para la obtención de requerimientos.
 - 1.5. Investigar sobre el mapeo de captura de movimiento hacia el movimiento del cursor y herramientas disponibles.
 - 1.6. Determinar limitaciones de la solución en base a la revisión bibliográfica, observación y entrevistas con los usuarios.
- 2. Establecer Requerimientos**
- 2.1. Identificar los requerimientos necesarios para elaborar el componente a través de la metodología seleccionada.
 - 2.2. Definir las “Personas” pertinentes para el componente.
- 3. Diseños Alternativos**
- 3.1. Encontrar juegos relacionados y otro software que permita controlar el cursor con el cuerpo.
 - 3.2. Extraer ideas de juegos y software existente relacionado para facilitar la experiencia de usuario.
 - 3.3. Utilizar elementos de gamificación.
 - 4.4. Diseñar tomando en cuenta heurísticas de usabilidad.
- 4. Prototipado**
- 4.1. Realizar un prototipo de Baja fidelidad para la interfaz de los menús y funcionamiento básico de la solución.
 - 4.2. Realizar un prototipo de Alta Fidelidad utilizando las herramientas definidas en la fase de investigación con una metodología ágil.
- 5. Evaluación – ¿Cómo se va a evaluar?**
- 5.1. Evaluar el diseño en base a las heurísticas de usabilidad.
 - 5.2. Evaluar la solución utilizando las pruebas UX.
 - 5.3. Evaluar la usabilidad mediante las heurísticas de evaluación de juegos.

6. **Producto Final**

6.1. Entrega del producto completo.

7. **Lanzamiento**

7.1. Realizar un manual de usuario.

7.2. Elaborar la memoria final.

7.3. Subir la solución como proyecto de desarrollo en la página oficial de Ludolab.

Además, durante la Fase Preliminar de Investigación se obtuvo las siguientes restricciones para el componente:

- El componente está dirigido principalmente a niños con discapacidad psicomotriz y sus terapeutas. Sin embargo, también considera a otros posibles usuarios, como los tutores de los niños y personas en general, no necesariamente con discapacidad, que deseen utilizar el sistema como herramienta o simplemente como entretenimiento.
- El componente está enfocado en las manos; sin embargo, se establece un límite en la capacidad que deben tener los usuarios con discapacidad. Este límite corresponde al nivel 3 del Sistema de Clasificación de la Habilidad Manual para niños con Parálisis Cerebral (MACS) [1], ya que es la capacidad necesaria mínima para hacer uso del sistema.
- Es necesario contar con un área de juego donde el usuario pueda participar libremente y no tenga inconvenientes, incluyendo un área adecuadamente iluminada y una webcam con suficiente resolución para captar los movimientos del usuario.
- Es necesario que el niño sea capaz de seguir las instrucciones del personal médico capacitado que lo asiste.
- Se hará uso de elementos de gamificación.
- El control del movimiento del cursor con la interfaz 'body as interface' también podrá usarse fuera del juego. Sin embargo, no se considera dentro del alcance la necesidad de que todos los sistemas sean manejables con esta interfaz, especialmente aquellos con iconos pequeños y otros sistemas menos accesibles.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Juegos Serios para Niños con Discapacidad Psicomotriz.

Un juego serio es una aplicación informática que integra una finalidad seria, como la pedagógica, informativa y comunicativa, con elementos lúdicos propios de videojuegos [2]. Para los niños con discapacidad psicomotriz, los juegos serios pueden ofrecer un entorno seguro y controlado donde pueden practicar y desarrollar habilidades motoras esenciales [3].

La implementación de juegos serios en la terapia psicomotriz se basa en la gamificación de ejercicios terapéuticos, que tienen actividades repetitivas y monótonas. Mediante los juegos serios estas actividades se pueden transformar en desafíos dentro de los juegos incentivando a los niños a participar en la terapia y a aumentar su esfuerzo [4].

1.4.1.1 Aplicación de Juegos Serios en la Terapia de Extremidades Superiores.

Actualmente, se utilizan diversos sistemas para la terapia de extremidades superiores, incluyendo realidad virtual, dispositivos robóticos y hápticos, que han mostrado resultados prometedores [5]. En general, estos sistemas emplean dispositivos de entrada para capturar movimientos de las manos, gestos y la posición de los dedos. Entre los dispositivos comúnmente utilizados se encuentran los dispositivos hápticos, cámaras de video, guantes electrónicos/virtuales, el sensor Kinect de Microsoft Xbox 360, Gafas VR y el controlador Leap Motion (LMC) [5].

1.4.1.2 Tecnología de "Body as Interface"

El término "Body as Interface" hace referencia al uso del cuerpo humano como interfaz para controlar y hacer uso de sistemas digitales [6][7]. En lugar de interactuar con sistemas haciendo uso de dispositivos externos como teclados o ratones, este enfoque utiliza movimientos y posturas de la persona para interactuar directamente con el entorno digital. Este concepto se encuentra fuertemente relacionado con la interacción corporal y la kinestesia, que hace referencia a la habilidad del ser humano de ubicar sus extremidades [7].

Estas interfaces suelen utilizar de sensores de movimiento, cámaras y otros dispositivos que capturan y responden a movimientos en tiempo real. Un ejemplo de aplicación de esta tecnología es el uso de Kinect de Microsoft para la rehabilitación motora [8], demostrando cómo la tecnología "Body as Interface" puede ser aplicada.

La tecnología "Body as Interface" tiene aplicaciones significativas en varios campos, como la rehabilitación física, la educación y el entretenimiento [6]. En el ámbito de la terapia psicomotriz, permite a los terapeutas diseñar ejercicios interactivos que los niños pueden realizar utilizando sus movimientos naturales. Esta tecnología no solo hace que la terapia sea más atractiva para los niños, sino que también proporciona datos precisos sobre sus movimientos, lo que ayuda a los terapeutas a ajustar los programas de rehabilitación según sea necesario [4].

1.4.2 Usabilidad y Experiencia de Usuario dentro de las Interfaces de Videojuegos.

Tanto la usabilidad como la experiencia de usuario son aspectos esenciales en el diseño de interfaces de videojuegos. La usabilidad es definida por la norma ISO/IEC 9126 como "la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario en condiciones específicas de uso" [9]. Por otro lado, la experiencia de usuario se centra en la experiencia global que tiene el usuario al interactuar con un sistema. En el ámbito de los videojuegos, esto incluye aspectos como la satisfacción, la inmersión y el entretenimiento [10].

La experiencia de usuario dentro de los videojuegos está fuertemente relacionada con características inherentes a los mismos como el gameplay, gamificación, etc. Por lo que es importante tener en cuenta heurísticas y métodos de evaluación que aborden de manera completa las características de las interfaces pertenecientes a los juegos serios.

Para la evaluación de las interfaces de juegos serios, Bernal L. propone un instrumento de evaluación heurística que cuenta con cuarenta y cuatro heurísticas, las cuales abordan las categorías de: objetivos serios, visualización de la historia, visualización del mundo, visualización del personaje, técnicas de gamificación, gameplay, estética de la interfaz y multimedia[10]. Estas heurísticas pueden ser evaluadas por usuarios expertos mediante el uso de un cuestionario, permitiendo abordar e identificar problemas de usabilidad dentro de juegos serios.

Otra herramienta utilizada dentro de la evaluación de juegos serios ha sido la Escala de Usabilidad del sistema (System Usability Scale – SUS)[11]. Esta evaluación está compuesta por 10 ítems que ayudan a medir la percepción subjetiva del usuario a través de la escala de Likert. El cuestionario sus permite evaluar los siguientes aspectos del sistema [12]:

- Eficacia: ¿los usuarios pueden lograr sus objetivos con éxito?

- Eficiencia: ¿cuánto esfuerzo se requiere para alcanzar esos objetivos?
- Satisfacción: ¿el uso del sistema fue satisfactorio?

A diferencia de otros métodos de investigación, el SUS ya tiene enunciados predefinidos y es fácil calcular el resultado final. También es breve para quienes responden, ya que no es necesario redactar las respuestas ni dedicar mucho tiempo a comprender los enunciados [12]. El uso de esta herramienta en conjunto con la evaluación heurística permite obtener una visión más completa de la usabilidad y experiencia de usuario en juegos serios.

1.4.3 Elementos de Gamificación.

“La gamificación consiste en el uso de elementos de juegos y técnicas de diseño de juegos en contextos no lúdicos” [13]. Es importante tener en cuenta los elementos que conforman la gamificación para encajarlos con las actividades que se diseñen dentro del sistema. Estas actividades se encuentran clasificadas en tres categorías: dinámicas, mecánicas y componentes [13], como se observa en la Figura 1.1.

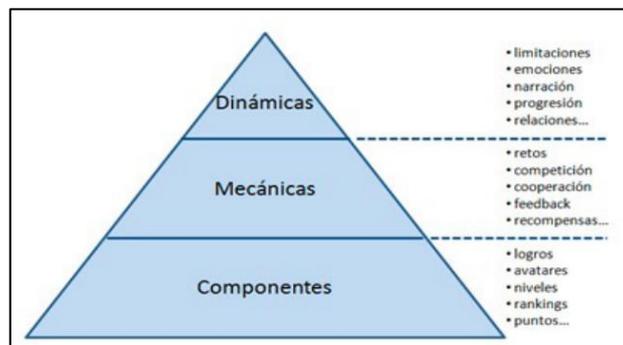


Figura 1.1. Elementos de la gamificación [13].

Las mecánicas se refieren a las características base del juego, como sus reglas y funcionamiento. Las dinámicas son la forma en la que se ponen en marcha las mecánicas, determinando el comportamiento del usuario. Finalmente, los componentes se refieren a los recursos y herramientas disponibles para el diseño de una actividad [13].

1.4.4 Ciclo de vida de diseño de interacción simple

El ciclo de vida de diseño de interacción simple es un modelo propuesto por Sharp, Rogers y Preece [14], que muestra cómo las cuatro actividades de diseño de interacción están interrelacionadas. Este modelo incorpora los tres principios del diseño centrado en el usuario: enfoque temprano en usuarios y tareas, medición empírica y diseño iterativo [14].

A continuación, se describen las fases del modelo de ciclo de vida de interacción simple, presentadas en la Figura 1.2.

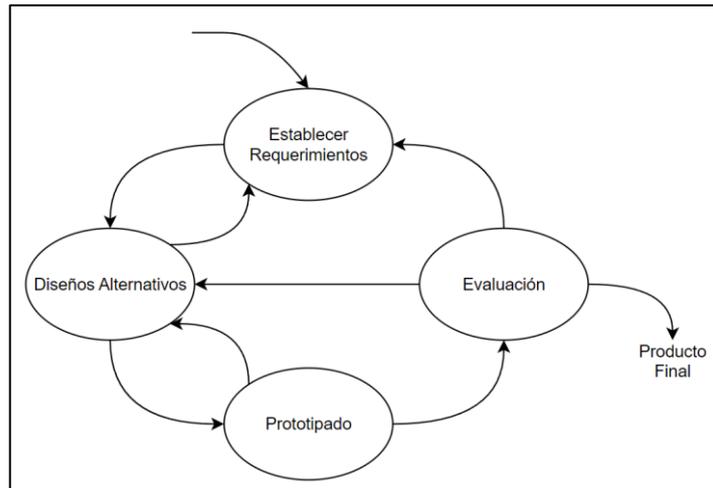


Figura 1.2. Modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple. Adaptado de [14].

- **Establecer Requisitos:** La primera fase se centra en explorar el problema y definir qué se desarrollará. En el diseño de interacción, esto requiere comprender las necesidades y capacidades de los usuarios objetivo. Estos requisitos pueden ser plasmados de manera explícita a través de historias de usuario o implícitamente mediante prototipos [14]. Además, es común el uso de “Personas” que son descripciones ricas de usuario tipos del sistema[14].
- **Diseños Alternativos:** Es la actividad principal dentro del diseño consiste en proponer ideas para cumplir con los requisitos. También se investigan ideas existentes que resuelven problemas similares para encontrar inspiración y adoptar buenas prácticas de diseño [14].
- **Prototipado:** Forma parte de la fase de desarrollo del diseño de interacción. Implica el diseño de productos interactivos y su apariencia. La forma más eficaz para que los usuarios evalúen estos diseños es mediante la interacción, sin necesariamente requerir un software funcional para esta fase [14].
- **Evaluación:** Considerada una fase de desarrollo, es el proceso que permite determinar la usabilidad del producto y su aceptabilidad en términos de criterios de uso y experiencia de usuario [14].

1.4.5 Kanban

Desde el manifiesto ágil se han presentado varias metodologías que ayudan a mejorar la gestión de proyectos de software, una de estas es Kanban [15]. Kanban, dentro del

desarrollo de software, se considera un método ágil para mejorar la forma en la que los equipos construyen software. A diferencia de metodologías ágiles como Scrum y XP, que se centran en la gestión de proyectos y el desarrollo de software respectivamente, Kanban se enfoca en mejorar el proceso de trabajo. Kanban se basa en los principios del pensamiento Lean, que incluyen la eliminación de desperdicios en el proceso (como la irregularidad, la sobrecarga y la inutilidad) [16].

1.4.5.1 Principios y Prácticas de Kanban

Kanban se Basa en los principios de: "empezar con lo que se hace ahora", "acordar buscar cambios evolutivos e incrementales" y "respetar inicialmente los roles, responsabilidades y títulos de trabajo actuales". Además, tiene practicas fundamentales como: visualización, limitar el trabajo en proceso (WIP), gestionar el flujo, hacer explícitas las políticas del proceso, usar bucles de retroalimentación y mejorar de manera colaborativa y experimental [16].

- **Tarjetas Kanban:** Son elementos visuales utilizados en el tablero Kanban para representar características, tareas o elementos de trabajo. La información en las tarjetas puede incluir el nombre de la tarea, el responsable y la prioridad [15].
- **Tablero Kanban:** Es una herramienta visual utilizada para coordinar y visualizar el trabajo en equipo. El tablero cuenta con varias columnas que representan el flujo de trabajo por el que las tarjetas van a pasar [15]. Una forma común de organizar este flujo de trabajo es en tres etapas de izquierda a derecha: "To Do", "In Progress" y "Done". Un tablero Kanban detallado puede contener también las etapas de "Backlog", "Test" y "Review", dependiendo del flujo que el equipo elija [17]. Un ejemplo de un flujo de trabajo en un tablero Kanban puede visualizarse en la Figura 1.3.

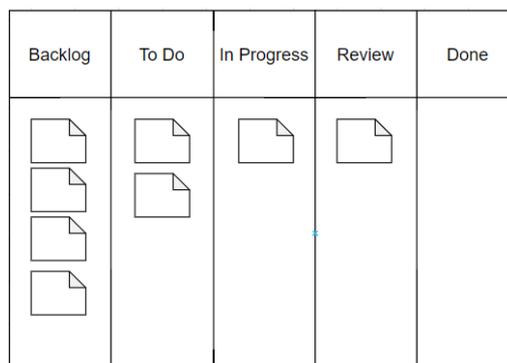


Figura 1.3. Ejemplo de flujo de trabajo en tablero Kanban.

2 METODOLOGÍA

Para la creación del componente de desarrollo de un juego serio con interfaz "body as interface" que permite mapear el movimiento de niños con discapacidad psicomotriz al movimiento del cursor, se siguió un enfoque de desarrollo basado en el modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple. Este modelo fue elegido por su enfoque iterativo y centrado en el usuario, lo que permite una adaptación continua a las necesidades específicas de los niños y una mejora constante del prototipo basado en la retroalimentación. Además, se utilizó Kanban para gestionar y organizar el desarrollo del prototipo de alta fidelidad.

Los requisitos fueron establecidos utilizando métodos sugeridos dentro del ciclo de vida simple de diseño de interacción por Sharp, Rogers y Preece [14], incluyendo entrevistas, prototipos y opinión de expertos.

2.1 Integración de Kanban con el Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple.

Kanban requiere de un proceso existente para ser utilizado dentro del ciclo de vida de desarrollo del software[16]. En este sentido, Kanban se utiliza dentro del Modelo de ciclo de vida de desarrollo de interacción simple en la fase de desarrollo de prototipo de alta fidelidad. Para las columnas del tablero Kanban se usará el flujo de trabajo de: "Backlog", "To Do", "In Progress", "Review" y "Done".

Esta integración es posible debido a la naturaleza iterativa con retroalimentación del ciclo de vida de diseño de interacción simple[16]. Esta Integración, para el desarrollo del prototipo de alta fidelidad, es mostrada dentro de la Figura 2.1. La columna "Backlog" es alimentada con tarjetas Kanban obtenidas de las dos fases de diseño del ciclo, permitiendo utilizarlas posteriormente para el prototipado que correspondería a las columnas de "To Do" e "In Progress". Al pasar las tarjetas a la columna de "Review", se pasaría a la revisión de las tarjetas, pasando finalmente a "Done". Una vez completadas estas características obtenidas del backlog, se procederá a la evaluación con el usuario, finalizando o retomando de nuevo el ciclo para la mejora del prototipo.

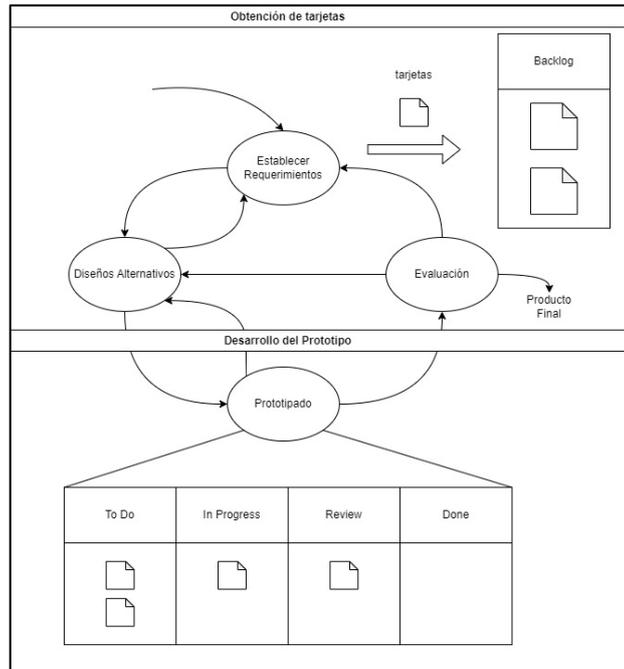


Figura 2.1. Kanban para el desarrollo de prototipo de alta fidelidad.

2.2 Arquitectura

A continuación, se explica la arquitectura (Anexo X), planteada para el prototipo de alta fidelidad, presente en el Anexo IV. La arquitectura se muestra utilizando el Modelo C4, una manera de describir la arquitectura de un sistema de software mediante diagramas jerárquicos [18]. El modelo tiene cuatro niveles: Contexto, Contenedores, Componentes y Código. El último de estos niveles se considera opcional.

Dentro de esta notación, los elementos externos o desarrollados por terceros se representan con el color gris. Por lo tanto, todos los componentes de este color no fueron creados durante el desarrollo de este componente ("cursor") y corresponden a otro componente ("clic") del proyecto que forma parte del componente actual ("cursor") o, a su vez, son dependencias externas.

2.2.1 Contexto

El diagrama de contexto permite ver el sistema como un todo, junto con una representación de sus usuarios, que pueden ser personas, actores o roles. En el diagrama de la Figura 2.2 se muestra el sistema, que fue denominado "GestPlay", como un todo. En él se visualiza la interacción de las personas definidas para el proyecto, tanto primarias como suplementarias, y el uso de sistemas externos, en este caso Gmail, que son utilizados por el sistema.

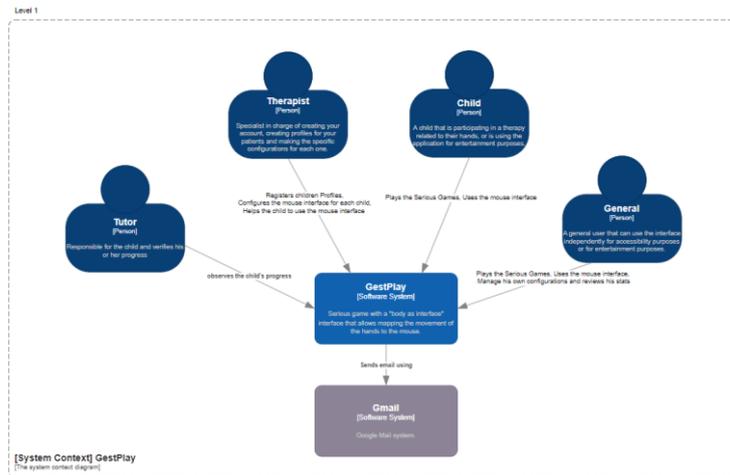


Figura 2.2. Diagrama de contexto.

2.2.2 Contenedor: GestPlay

GestPlay es el nombre del sistema del que este componente forma parte. En la Figura 2.3 se muestra el diagrama de contenedores que forman parte de este sistema, incluyendo los módulos mencionados en la sección de DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO. Estos módulos incluyen el juego serio del cursor, la interfaz "body as interface" del cursor, y la API, así como la manera en que estos se relacionan.

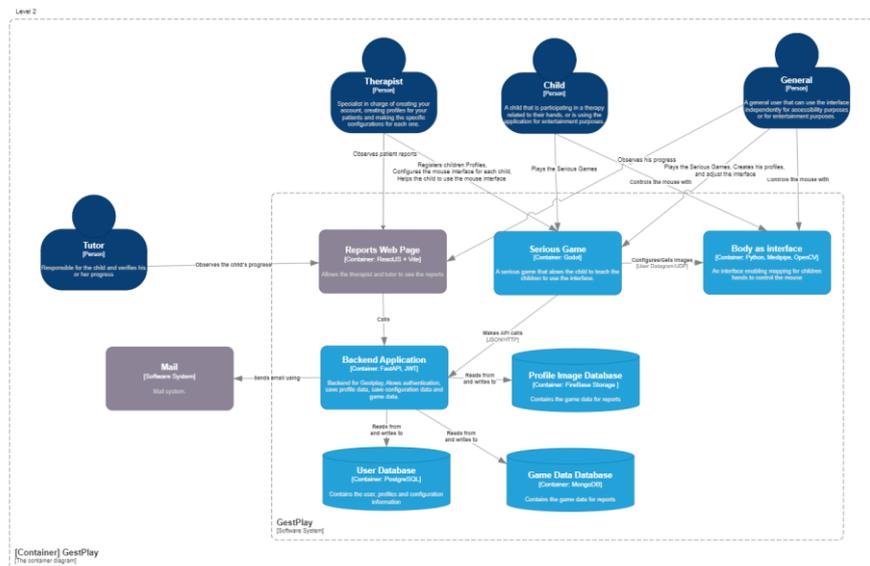


Figura 2.3. Diagrama de contenedor.

2.2.3 Componente: Interfaz "Body as interface del Cursor"

La interfaz "Body as Interface" hace uso de una arquitectura de tipo pipeline, recibiendo y procesando los frames que llegan a través del módulo de la webcam, pasando por el detector de manos y el traductor de posición del cursor. Además, esta se conecta a través del protocolo UDP, que es un método estandarizado para transferir datos en redes de

computadoras más rápido que TCP, aunque puede ser menos confiable en conexiones que no son LAN[19]. Sin embargo, esto no representa un inconveniente, ya que la interfaz "Body as Interface" se ejecuta en el mismo computador que el aplicativo con el juego serio.

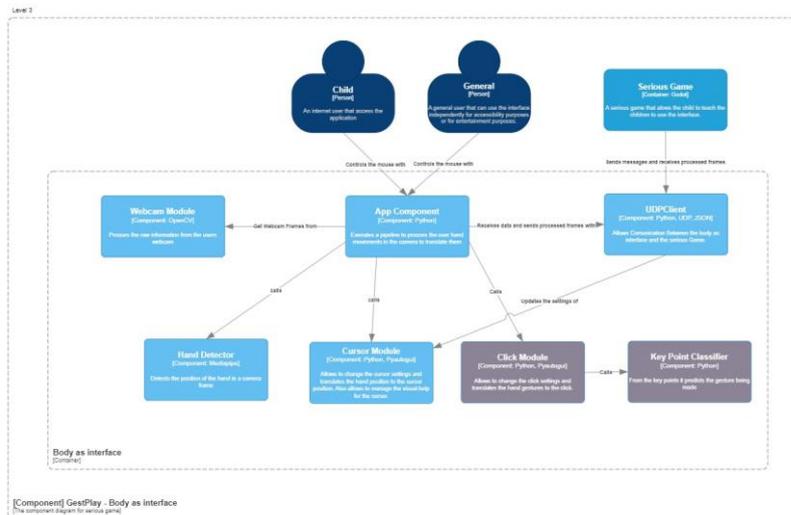


Figura 2.4. Diagrama de componente: Interfaz "Body as interface del Cursor".

2.2.4 Componente: juego Serio Cursor

Al profundizar en el nivel dentro del contenedor del juego serio, en la Figura 2.5 se muestra la arquitectura del juego serio y los elementos que lo componen. Este incluye un módulo de autenticación que llama a la API del backend, el juego serio del cursor que envía datos hacia la API, y la configuración del cursor que actualiza la interfaz "Body as Interface".

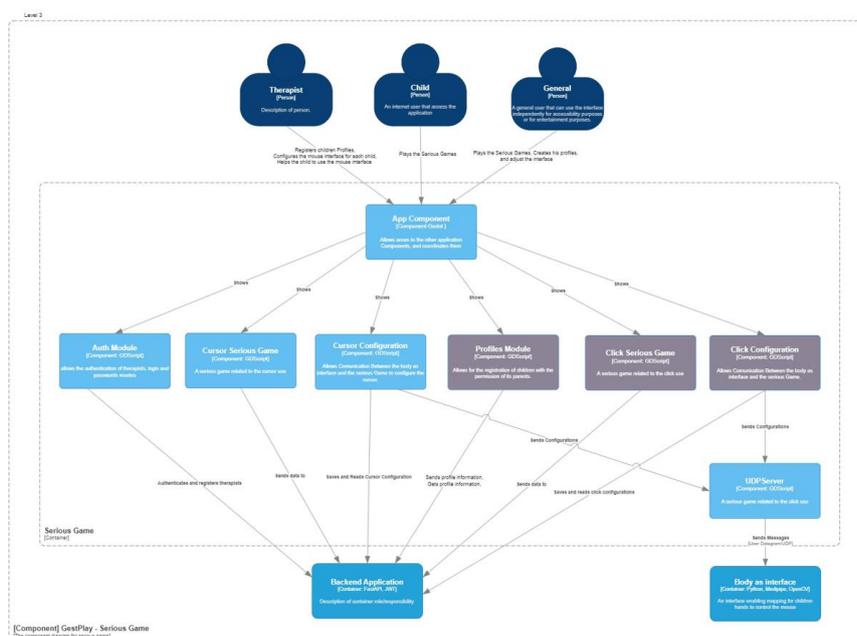


Figura 2.5. Diagrama de componente: Juego Serio Cursor.

El desarrollo se realizó siguiendo el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC). El Modelo abarca los scripts relacionados con los datos, como configuraciones y datos recopilados durante los juegos. La Vista está representada por las escenas de Godot, incluyendo los HUD de niveles y las interfaces. Por último, el Controlador utiliza scripts para gestionar las escenas y responder a las entradas del usuario. Como se ve en la Figura 2.6 donde se observa el diagrama de robustez del juego serio cursor.

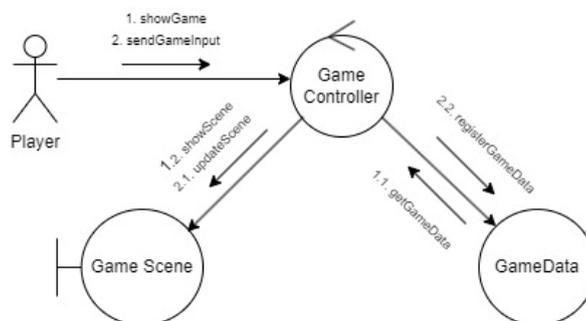


Figura 2.6. MVC en juego serio.

2.2.5 Componente: API

La API se encarga de manejar la autenticación para el sistema en general y el manejo de los datos de la aplicación, incluyendo: Datos del Usuario, Configuraciones, Perfiles, e Información enviada por los juegos serios. La aplicación sigue un modelo de arquitectura en capas, que incluye las capas de Aplicación, Dominio, Infraestructura y Persistencia.

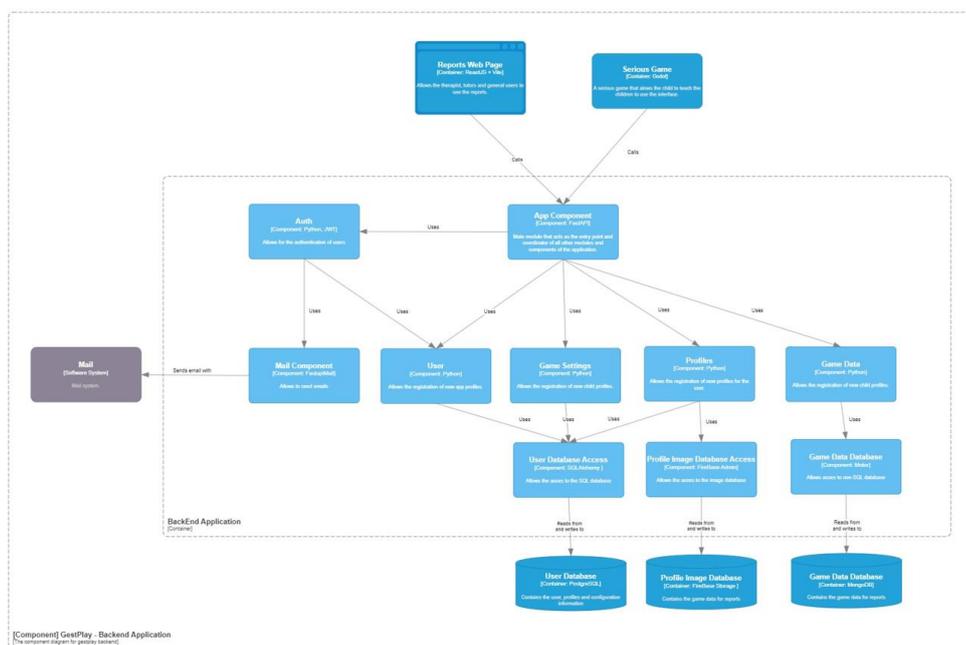


Figura 2.7. Diagrama de componente: API.

2.3 Herramientas

Dentro del Anexo I. Herramientas de desarrollo, Se presentan las herramientas de diseño, prototipado, desarrollo, gestión, así como frameworks y bases de datos utilizadas para el desarrollo del componente.

2.4 Desarrollo

La presente sección abarca las fases del Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple, así como las etapas añadidas de investigación y de lanzamiento.

2.4.1 Fase Preliminar de Investigación

La fase preliminar de investigación dio como resultado la sección 1.4 Marco teórico y la sección 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. Además, en base a la revisión se establecieron las limitaciones detalladas en la sección 1.3 Alcance.

2.4.2 Establecer Requerimientos

A continuación, describe los requisitos obtenidos durante la fase de obtención de requisitos del ciclo de vida de diseño de interacción para el componente "Desarrollo de Juego Serio con Interfaz 'Body as Interface' que Permita Mapear el Movimiento de Niños con Discapacidad Psicomotriz al Movimiento del Cursor". Este componente forma parte del sistema titulado "Gestplay", cuyo objetivo es ser una herramienta interactiva que mejore las habilidades motoras de sus usuarios, facilitando su interacción con dispositivos digitales.

2.4.2.1 Obtención de Requisitos

Los requisitos fueron obtenidos mediante un levantamiento de información en el Centro San Juan de Jerusalén, una ONG ecuatoriana especializada en la atención integral de niños, niñas y adolescentes con trastornos del neurodesarrollo, parálisis cerebral, problemas transitorios del desarrollo, dificultades en áreas socioemocionales y comportamentales[20]. Además, se hace uso de la investigación preliminar para refinar los requerimientos.

Métodos usados

- **Opinión de Expertos:** Se consultó a expertos para obtener la información necesaria para la creación de un prototipo inicial de baja fidelidad.
- **Observación:** Se analizó el comportamiento de los niños, sus actividades y su interacción con la tecnología.

- **Revisión de documentos:** Se revisaron estudios y artículos relacionados con el uso de interfaces naturales y tecnologías asistivas en terapias psicomotrices. También se consultó contenido relacionado con la fundación (página web y redes sociales) para comprender mejor sus necesidades.
- **Prototipos:** Se creó un prototipo de baja fidelidad que se presentó a un representante de la fundación y a expertos para obtener retroalimentación temprana sobre funcionalidades y requisitos.
- **Entrevista:** Se realizó una entrevista informal a un representante de la fundación para obtener información detallada sobre las necesidades específicas y expectativas de la aplicación, así como refinar el diseño del prototipo.

Consideraciones Adicionales

Para el planteamiento de los requisitos también es importante tener en cuenta que el componente "Desarrollo de Juego Serio con Interfaz 'Body as Interface' que Permita Mapear el Movimiento de Niños con Discapacidad Psicomotriz al Movimiento del Cursor" formará parte de un sistema más grande llamado "GestPlay", el cual incluye también su contraparte para el clic del mouse.

Lista de Requerimientos

La lista de requerimientos se obtenidos se muestra en el Anexo II, este contiene las épicas obtenidas y las historias de usuarios obtenidas de las mismas, que se usaron como tarjetas dentro del tablero Kanban para el desarrollo del prototipo de alta fidelidad.

Definición de personas

Se definen dos personas primarias obtenidas del levantamiento de información: un terapeuta y un niño con discapacidad psicomotriz. Estas personas se pueden observar en la Figura 2.8 y Figura 2.9 con sus descripciones y características.

Carlos Guerrero



Descripción:

Carlos Guerrero es un joven con una vocación clara y significativa: es terapeuta de niños en edad preescolar, especializado en terapia ocupacional. Su dedicación se centra en brindar atención a niños que presentan una variedad de trastornos permanentes y transitorios del neurodesarrollo, así como dificultades en el desarrollo de funciones básicas y superiores.

Objetivos:

- Mejorar la calidad de vida de sus pacientes.
- Ayudar a sus pacientes a superar sus dificultades y desafíos para que logren desarrollar sus habilidades motoras.

Frustraciones:

- Falta de cooperación por parte de algunos niños o sus familias al seguir el tratamiento.
- Limitaciones económicas en el acceso a recursos como equipos, instalaciones o herramientas tecnológicas.

Demografía

Edad: 26 años
Ocupación: Terapeuta
Locación: Quito
Estado Civil: Soltero

Motivaciones:

- El deseo de marcar una diferencia positiva en la vida de los niños que atiende.
- La gratificación de ser un agente de cambio en el desarrollo de habilidades y capacidades de los niños.

Uso de Tecnología:

- Celular
- Laptop
- Herramientas de monitoreo y evaluación de pacientes.
- Dispositivos sensoriales.
- Equipos de terapia.

Figura 2.8. Creación de Persona (Terapeuta).

Lucas Cedeño



Descripción:

Lucas fue diagnosticado con parálisis cerebral a una edad temprana, afectando principalmente sus habilidades motoras finas y gruesas. A veces necesita asistencia para realizar tareas cotidianas.

Objetivos:

- Desarrollar habilidades motoras.
- Aprender de manera inclusiva, de modo que las limitaciones físicas no sean un obstáculo para su desarrollo académico.

Frustraciones:

- La sensación de estar excluido de algunas actividades por sus limitaciones.
- Las barreras en el entorno educativo.

Demografía

Edad: 5 años
Ocupación: Estudiante pre-escolar
Locación: Quito
Estado Civil: Soltero

Motivaciones:

- La posibilidad de realizar actividades por sí mismo.
- Le entusiasma al aprender de manera lúdica y divertida. La incorporación de la tecnología en sus actividades cotidianas es un estímulo adicional.

Uso de Tecnología:

- Juegos terapéuticos y educativos, con asistencia.

Figura 2.9. Creación de Persona (Niño).

A pesar de estas personas primarias, también es importante tener en cuenta que se plantearon dos personas suplementarias para el desarrollo, que se observan en la sección de Arquitectura. Estas personas suplementarias, que pueden hacer uso y beneficiarse de las interfaces diseñadas para las personas primarias[21], incluyen un tutor del niño y un usuario general que podría utilizar el sistema como herramienta de accesibilidad o para propósitos de entretenimiento.

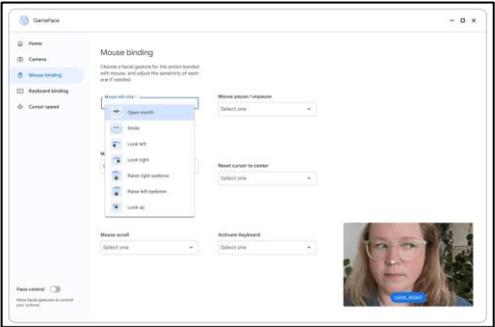
2.4.3 Diseños Alternativos

Una vez establecidos los requisitos iniciales, se exploran alternativas de diseño y software con características y funciones similares a las del producto que se busca desarrollar. A continuación, se describen algunas de estos aplicativos encontrados, así como las ideas extraídas de los mismos para usarse dentro del componente.

2.4.3.1 Software Analizado

En la Tabla 2.1 se presenta el software analizado, una imagen de uso y una descripción de este.

Tabla 2.1. Software Similar Analizado.

Software	Imagen de Uso	Descripción
<p>Project Gameface</p>	 <p>Figura 2.10. Project Gameface para el control del ratón [22].</p>	<p>Project Gameface de Google es un ratón manos libres de código abierto enfocado en juegos. Fue desarrollado por ingenieros de Google para Lance Carr, un creador de contenido de videojuegos cuádruple, para reemplazar el costoso equipo anterior que había perdido [22]. La aplicación utiliza las soluciones de Mediapipe para reconocer los movimientos de la cabeza y mapearlos al movimiento del cursor, y los gestos faciales al clic del ratón y a las teclas del teclado [22].</p>
<p>StableHand VR</p>	 <p>Figura 2.11. StableHand VR siendo usada por un paciente [23].</p>	<p>Es un juego serio en realidad virtual para rehabilitación de las manos, creado para detectar dedos, reconocer gestos, recoger parámetros de evaluación y estadísticas de los pacientes usado para</p>

Software	Imagen de Uso	Descripción
		la terapia en una amplia variedad de pacientes, incluyendo aquellos con malformaciones [5].
TANGO:H	 <p data-bbox="448 1003 994 1037">Figura 2.12. Ejercicios con Tango:H [24].</p>	Es una aplicación diseñada para entretenimiento y rehabilitación física de menores con discapacidad o en situación de enfermedad. Sirve como herramienta de promoción de salud, permitiendo a pacientes aprender y ejercitarse [25].
CursorFX	 <p data-bbox="437 1451 1010 1518">Figura 2.13. Cambio de icono de cursor en CursorFX [26].</p>	Es una aplicación que permite customizar el cursor del ratón, en características como icono, tamaño, sombras y color.

De este software analizado se extraen y adaptan ideas como se describe a continuación dentro de la Tabla 2.2. Estos elementos se seleccionaron considerando el aporte que tienen a la experiencia del usuario, mejorando características del componente como jugabilidad y usabilidad.

Tabla 2.2. Extracción de ideas de diseños alternativos.

Software	Ideas Extraídas	Adaptación dentro del Componente
Project Gameface	Configuraciones de cursor	Se extrajeron las configuraciones relevantes dentro de Project Gameface que sirvieran para mejorar la personalización del usuario.
	Indicador de captura de cursor en vista de cámara para el rostro	Se añadió un indicador dentro de la vista de cámara que indica con qué mano se está controlando la interfaz, dándole una mejor guía al usuario.
StableHand VR	Parámetros de evaluación y estadísticas	Se utilizan estadísticas extraídas de los datos de las sesiones de juego para dar retroalimentación del avance del usuario en el uso de la interfaz.
TANGO:H	Retroalimentación	Se extrajo la característica de mostrar la puntuación del jugador durante la sesión del juego y al final.
	Estilo de juego 2d basado en el movimiento del usuario	Se utilizó un juego en 2D, con un entorno similar al de un computador, para que el juego serio enseñe al niño a utilizar la interfaz moviéndose de un objetivo del juego a otro.

Software	Ideas Extraídas	Adaptación dentro del Componente
CursorFX	Personalización del cursor	Para no interferir con el propio cursor que utiliza la persona dentro de su computadora y afectar otras posibles herramientas de accesibilidad que se utilicen, se incluyó una ayuda visual personalizable para el cursor.
	Configuración de cursor	Se tomaron opciones para la personalización de la ayuda visual del cursor como el color y tamaño, pero además se añadió la opción de cambio de opacidad.

2.4.3.2 Gamificación

A continuación, en la Tabla 2.3, se identifican y proponen elementos basados en la gamificación para aplicarse dentro del desarrollo del módulo del juego serio del componente. Estos elementos se extrajeron del análisis presentado en la Tabla 2.2 y de los requisitos extraídos. Se encuentran clasificados según la pirámide mostrada en la Figura 1.1.

Tabla 2.3. Elementos de Gamificación.

Nivel	Categoría	Elemento de Gamificación	Descripción
Dinámicas	Emociones	Satisfacción	Satisfacción al rescatar a los animales en cada nivel y obtener buena puntuación.

Nivel	Categoría	Elemento de Gamificación	Descripción
	Narración	Historia del Juego	Se atraviesan dos mundos a través de los cuales el jugador debe usar sus habilidades para controlar el cursor y rescatar a los animales atrapados al final de cada nivel.
	Restricciones	Restricción de Movimientos	Si el jugador choca con un muro, suelta la pala y pierde puntos, lo que limita el avance y añade dificultad al juego.
	Progresión	Desbloqueo de Niveles	A medida que se avanza se desbloquen más niveles y se mejora en el manejo de la interfaz.
	Relaciones	interacción entre Terapeuta y Niño	La participación conjunta del niño y el terapeuta para superar los retos del juego.
Mecánicas	Desafíos	Recolección de Llaves y Puntos	El jugador debe recolectar llaves y puntos para avanzar y completar el nivel.
	Cooperación	Asistencia del Terapeuta	El apoyo del terapeuta durante el juego para guiar al niño en el avance de los niveles.

Nivel	Categoría	Elemento de Gamificación	Descripción
	Estrategia	Movimiento Estratégico	El jugador debe planear sus movimientos para evitar colisiones con los muros y recolectar llaves y puntos de manera eficiente, para completar el nivel en el menor tiempo posible.
	Retroalimentación	Puntuación y Estrellas	El juego proporciona una puntuación basada en los puntos recolectados y el tiempo tomado, con una clasificación en estrellas.
Componentes	Logros	Niveles y Mundos Desbloqueables	8 niveles repartidos en dos mundos que se desbloquean progresivamente.
	Puntos	Sistema de Puntuación	Puntos a recolectar a lo largo del nivel que afectan la puntuación final.
	Recompensas	Estrellas y Puntuaciones	Estrellas otorgadas según la cantidad de puntos recolectados y el tiempo tomado para completar el nivel.
	Progreso Visible	Medidor de Tiempo y Puntuación en Pantalla	El tiempo tomado para completar el nivel se muestra en pantalla, proporcionando una medida visible del progreso. Además, desde la vista del terapeuta es posible observar cómo ha avanzado el niño.

Nivel	Categoría	Elemento de Gamificación	Descripción
	Estímulos Auditivos	Efectos de Sonido y Música de Fondo	Efectos de sonido para acciones específicas (chocar con un muro, recolectar puntos/llaves, salvar al animal, ganar el nivel) y música de fondo temática del mundo que mejora la inmersión en el juego.

2.4.4 Prototipado

Haciendo uso de los requisitos definidos, los resultados del análisis de diseños alternativos y los elementos de gamificación planteados, se inicia el desarrollo de los prototipos. Inicialmente, se plantea un prototipo de baja fidelidad inicial. Posteriormente, se implementa el prototipo de alta fidelidad (compuesto por tres módulos) utilizando Kanban.

2.4.4.1 Baja Fidelidad

Inicialmente, se comienza con la creación de wireframes para establecer la distribución de los botones y la navegación inicial de las interfaces del componente. A continuación, en la Figura 2.14 se presenta el prototipo de baja fidelidad de las interfaces y la navegación hacia el juego de cursor.

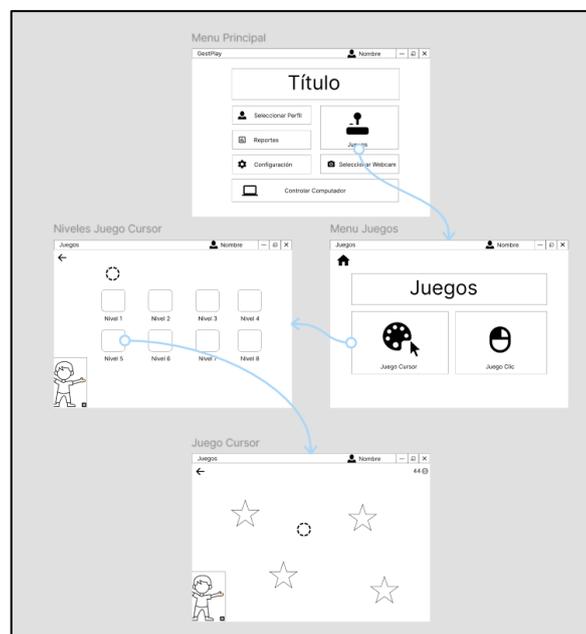


Figura 2.14. Navegación Hacia el Juego Cursor.

En la Figura 2.15 se muestran las interfaces para la configuración del cursor de la interfaz "Body as interface", o simplemente configuración del cursor.



Figura 2.15. Navegación Hacia la Configuración del Cursor.

Posteriormente, se desarrolló el moodboard de la Figura 2.16 para comenzar con el diseño de colores y para la segunda versión del prototipo, ya con un estilo más definido para la implementación del prototipo de alta fidelidad.



Figura 2.16. Moodboard del componente.

Se obtuvo como resultado la guía de estilo de la Figura 2.17, que establece las pautas visuales del proyecto, incluyendo colores, tipografía y el logo del proyecto.

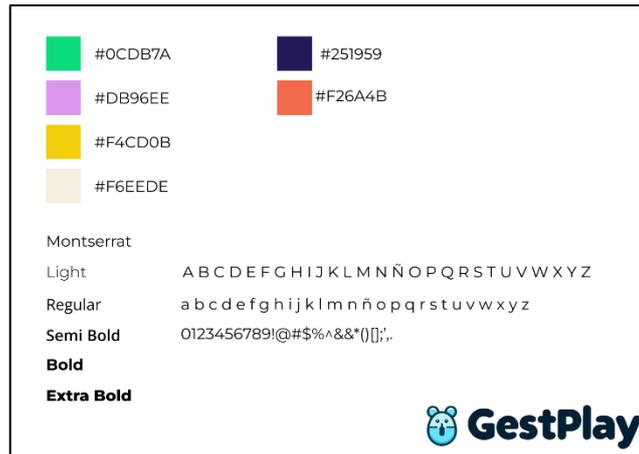


Figura 2.17. Guía de Estilo del Proyecto.

2.4.4.2 Alta Fidelidad

Dentro de este prototipo de alta fidelidad se tomaron las correcciones, ideas y sugerencias que se tomaron de expertos para mejorar la experiencia de usuario. Además, se hizo uso de heurísticas de usabilidad conforme se muestra en el Anexo III para la mejora de las interfaces de usuario. Como se explicó previamente Kanban fue el método que se usó para la gestión y desarrollo de esta parte del proyecto. En el Anexo IV se encuentran capturas completas de las interfaces del prototipo.

Módulo 1: interfaz “Body as Interface” del Cursor

Como se mostró en la sección de Arquitectura, este módulo hace referencia al aplicativo en Python que detecta y traduce los movimientos de la mano al movimiento del cursor, el cual es controlado por las interfaces de la Figura 2.18 a la Figura 2.20 , a las cuales está conectado mediante el protocolo UDP descrito anteriormente. La interfaz de la Figura 2.19 además cuenta con un minijuego que permite probar las configuraciones a medida que se crean.

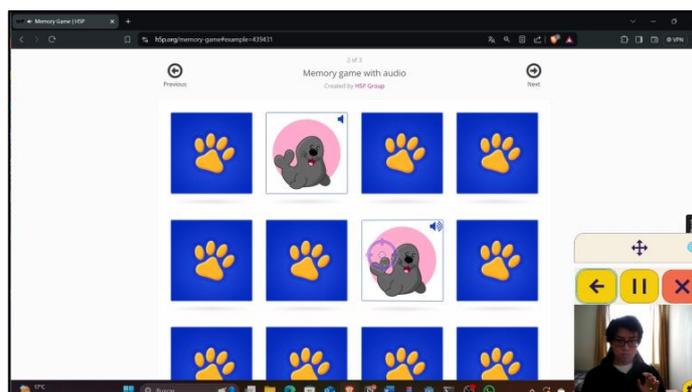


Figura 2.18. Control de la computadora con la interfaz.

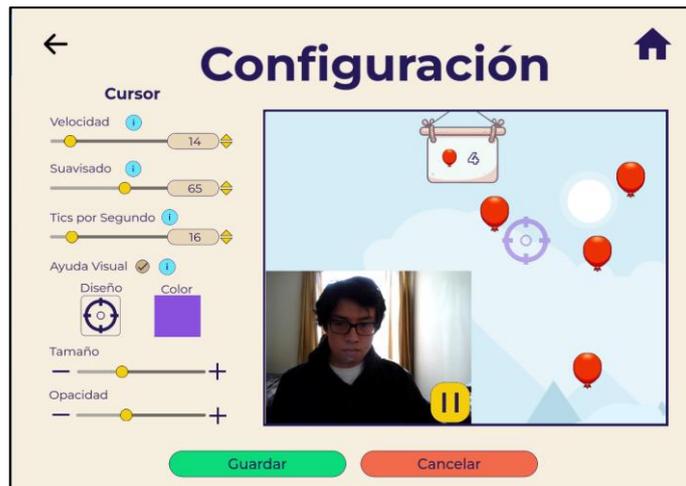


Figura 2.19. Pantalla de configuración del Cursor.



Figura 2.20. Selección de Webcam para controlar la interfaz.

Módulo 2: Juego Serio Cursor

El juego creado cuenta con 8 niveles, seleccionables en el menú de la Figura 2.21. Los primeros 4 niveles tienen una temática de bosque, mientras que los últimos tienen una temática del Ártico. Para avanzar en el juego, el jugador deberá excavar por las zonas agrietadas del terreno, evitando chocar con los muros, recolectar puntos y llaves para liberar al animal de cada nivel. En la Figura 2.22 se muestran capturas de dos de los niveles del juego. Fueron creados incluyendo los elementos de gamificación de la Tabla 2.3. En el Anexo IV se pueden observar capturas de todos los niveles creados.



Figura 2.21. Selección de Niveles.



Figura 2.22. Captura de niveles.

Módulo 3: API

La API permite el almacenamiento de datos para generar reportes, el almacenamiento de la configuración para que el usuario acceda a esta solo ingresando con su cuenta, y manejo de la autenticación utilizando JWT según lo planteado en la sección de Arquitectura. En la Figura 2.23 se muestra la documentación creada con SwaggerUI mediante el uso del framework FastAPI.

Gestplay API <small>API REST</small>	
Authorize	
User Routes	
POST	/register Register a new user
POST	/token Login For Access Token
POST	/logout Logout a user
GET	/users/me Get current user
GET	/confirm-email/{token}/ User Verification
Profile Routes	
GET	/profiles/me Get current user profile
POST	/profiles/me Create a new profile
GET	/profiles/me/{profile_id}/ Get a profile
PUT	/profiles/me/{profile_id}/ Update a profile
PUT	/profiles/me/{profile_id}/image Set profile image
DELETE	/profiles/{profile_id}/ Delete a profile
GET	/profiles/last Get last used profile
PUT	/profiles/last Set last used profile
Game Settings Routes	
POST	/game-settings Create a new game settings
GET	/game-settings Get current user game settings of a profile
PUT	/game-settings Update current user game settings of a profile
Game Data Routes	
POST	/profiles/{profile_id}/game-data/{game} Create a new game data
GET	/profiles/{profile_id}/game-data/{game} Get current user game data of a profile
PUT	/profiles/{profile_id}/game-data/{game} Update a game data
POST	/profiles/{profile_id}/game-data/{game}/level/{level} Add a game data entry
default	
GET	/healthcheck Healthcheck

Figura 2.23. Documentación de Endpoints de la API.

En la Figura 2.24 se ve un ejemplo de cómo el aplicativo se consume estos endpoints para el inicio de sesión en la aplicación, y el Figura 2.25 del proceso de registro, donde se envía.



Figura 2.24. Registro.



Figura 2.25. Inicio de Sesión.

Además, los datos son utilizados para la generación de reportes que se muestran en la Figura 2.26.



Figura 2.26. Reportes de Juego Cursor.

2.4.5 Evaluación

Diversas evaluaciones se realizaron a lo largo del desarrollo del componente, incluyendo tanto usuarios como expertos, debido a la naturaleza no lineal del Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple. Estos cambios y mejoras continuas se implementaron mediante el uso de Kanban para el prototipo de alta fidelidad. Sin embargo, esta sección se enfoca en la última evaluación realizada utilizando el prototipo que se muestra en el Anexo IV.

Para la evaluación final se hizo uso del cuestionario SUS y el cuestionario de evaluación heurística de juegos descrito en la sección de Usabilidad y Experiencia de Usuario dentro de las Interfaces de Videojuegos del marco teórico, el cuestionario usado se muestra en el Anexo V. Para el uso del cuestionario SUS se recomienda al menos 15 usuarios si se utiliza otra técnica de evaluación [9]. En este caso, se contó con 26 evaluadores capacitados para realizar pruebas de usabilidad y experiencia de usuario, además de ser posibles usuarios de la aplicación. El detalle del resultado se encuentra presente en la sección 3.1 Resultados, las respuestas a las encuestas se encuentran en el Anexo VI.

A continuación, se detalla cómo se llevó a cabo la evaluación.

General

El método utilizado para la recopilación de datos fue una encuesta. Se pidió a los participantes que interactuaran con el componente desarrollado y realizarán tareas específicas. Finalmente, se les proporcionó una encuesta para recopilar su retroalimentación sobre el componente.

Diseño de evaluación

Los objetivos de la evaluación fueron determinar el nivel de usabilidad del componente que abarca este documento, así como conocer el grado de satisfacción de los usuarios, así como identificar problemas a corregir con su grado de severidad.

Como instrumento de recolección de datos se implementó un cuestionario que consta de dos partes, la primera basado en el modelo SUS, compuesto por 10 preguntas de opción múltiple. Las preguntas abordan diferentes aspectos de la usabilidad del componente, como la facilidad de uso, la eficiencia, la satisfacción y la capacidad de aprendizaje [12]. La segunda parte corresponde a el cuestionario de evaluación de heurísticas de juegos serios que consta de 26 preguntas que permiten identificar problemas a corregir según el grado de severidad haciendo uso de heurísticas propias de juegos serios.

Para la recolección de datos, se solicitó la colaboración de un grupo de personas para llenar el cuestionario. Se explicó el propósito de la evaluación y se brindaron instrucciones detalladas para completarlo. Se les proporcionaron tareas con el tiempo adecuado para realizarlas, así como tiempo suficiente para completar el cuestionario.

Preparación de la evaluación

Previo a la evaluación se preparó el laboratorio T AU-L de la Escuela Politécnica Nacional, se explicó los objetivos de la evaluación a los usuarios y se preparó las tareas de la Tabla 2.4 para completar previo a realizar los cuestionarios.

Tabla 2.4. Tareas planteadas.

Tarea	Tiempo (minutos)	Subtarea	Nombre de la escena
T1. Registrarse	5	1.1. Ingresar a la pantalla de registro	Registro
		1.2. Ingresar correo, contraseña y confirmación de contraseña	

Tarea	Tiempo (minutos)	Subtarea	Nombre de la escena
T2. Activar Cuenta	2	2.1. Una vez registrado ingresar al enlace enviado al correo 2.2. Activar la cuenta	Activar Cuenta
T3. Ingresar al juego con cuenta de usuario	3	3.1. Con la cuenta creada ingresar a la aplicación	Inicio de Sesión
T4. Crear un perfil	2	4.1. Ingresar Información del perfil 4.2. Seleccionar una imagen para el usuario	Perfiles
T5. Ingresar a las configuraciones del Cursor	2		Menú Principal
T6. Cambiar configuración	5	6.1. Seleccionar un icono diferente al por defecto de la ayuda visual 6.2. Cambiar el color de la ayuda visual 6.3. Cambiar la velocidad del cursor	Configuración de Cursor
T7. Ingresar al menú de niveles de Juego Cursor	2		Menú de Juegos
T8. Abrir Guía	2	8.1. Leer la guía del juego Cursor	Niveles Juego Cursor
T9. Jugar los niveles de Juego Cursor	15	9.1. Completar los niveles del 1 al 8	Juego Cursor / Nivel 1 al 8
T10. Volver al menú principal	3		Menú Principal
	5	11.1. Seleccionar una webcam	Pop Up de Opciones de Webcam

Tarea	Tiempo (minutos)	Subtarea	Nombre de la escena
T11. Abrir Opciones de Webcam			
T12. Controlar Computador	5	12.1. Cambiar configuraciones de la ventana	Controlar Computador
		12.2. Abrir alguna aplicación haciendo uso de la interfaz "body as interface"	
Total	44		

Selección de Participantes

Se seleccionaron usuarios capacitados para realizar evaluaciones de usabilidad, quienes además pueden ser posibles usuarios de la aplicación, ya que encajan con el perfil de persona suplementaria descrito anteriormente. Estos usuarios pertenecen a la Escuela Politécnica Nacional. Se contó con 26 participantes, cantidad que permite aumentar la detección de problemas. Con 5 usuarios se detecta en promedio 85% de los problemas de usabilidad, pero esos hallazgos podrían representar una muestra débil, por lo que se recomienda hacer uso de al menos 15 usuarios para estas evaluaciones [10]. El nombre de los participantes, así como sus respuestas, se puede observar en el Anexo VII.

Datos para recolectar

La primera parte de la evaluación (Cuestionario SUS) se enfocó en las variables de interés: facilidad de uso, eficiencia y satisfacción del usuario. Para medir estas variables se usó la escala de Likert descrita en la Tabla 2.5. Esta escala proporcionó un marco claro para que los participantes expresaran su grado de desacuerdo o acuerdo con las afirmaciones de facilidad de uso, eficiencia y satisfacción del usuario.

Tabla 2.5. Escala de Likert en cuestionario SUS.

Respuesta	Valor
Totalmente en desacuerdo	1

Respuesta	Valor
En desacuerdo	2
Neutro	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Con el cuestionario se heurísticas se buscó evaluar e identificar los problemas a corregir dispuestos por grado de severidad mostrado en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Escala de severidad de cuestionario de Heurísticas.

Significado	Severidad
No es considerado, en su totalidad, un problema de usabilidad	0
Problema apenas estético: no necesita ser modificado, al menos que haya tiempo disponible.	1
Problema menor de usabilidad: la solución de ese problema deberá tener baja prioridad.	2
Problema mayor de usabilidad: es importante resolverlo, para eso deberá ser dado alta prioridad	3
Catástrofe	4
No aplica	N/A

Ambiente de Evaluación

La evaluación se llevó a cabo de manera presencial en las instalaciones de la Escuela Politécnica Nacional, en el Laboratorio TAU-L. Previo a la evaluación, se prepararon las máquinas con la aplicación instalada.

Al iniciar la evaluación, se explicó detalladamente a los participantes el propósito de la encuesta y se les proporcionaron las instrucciones necesarias para su correcta realización. Se explicaron las tareas del componente y se comenzó con la evaluación.

Para llevar a cabo la evaluación, se utilizó Google Forms para la creación del cuestionario en línea. Esta plataforma facilitó la recopilación y análisis de los datos.

Ejecución de la Evaluación

La evaluación del componente se realizó durante la reunión presencial planificada con los evaluadores (Figura 2.27), en conjunto con la evaluación de otro componente de este

proyecto. Los usuarios recibieron máquinas con la aplicación ya instalada, se le dio una introducción al funcionamiento del componente y se les asignaron las tareas de la Tabla 2.4.



Figura 2.27. Fotografías de la reunión de evaluación.

Una vez completadas estas tareas, se les entregó el cuestionario del Anexo IV, cuya primera parte corresponde al cuestionario SUS y la segunda al cuestionario de Heurísticas. Finalmente, los resultados obtenidos se presentan en la sección de Resultados.

2.4.6 Producto Final y Lanzamiento

2.4.6.1 Producto Final

Los problemas y recomendaciones encontrados en la etapa anterior no están presentes en la última versión considerada dentro de la planificación, por lo que no se han implementado en la iteración actual.

Para el lanzamiento del producto final se preparó la documentación para el despliegue del API dentro del repositorio de esta (Anexo VIII) y el ejecutable que abarca los módulos de la interfaz “body as interface” y el juego serio. Además, se procedió con la construcción del Manual de Usuario que se encuentra en el Anexo VI, la portada de este se aprecia en la Figura 2.28.



Figura 2.28. Portada de Manual de Usuario.

2.4.6.2 Lanzamiento

El Api se desplego en los servidores de LudoLab. Mientras que la aplicación ejecutable se colocó disponible para su descarga en la página oficial del LudoLab que se encuentra en el Anexo XII, identificada por la imagen de la Figura 2.29.



Figura 2.29. Imagen identificadora de GestPlay dentro de la página de ludolab.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

3.1.1.1 Resultado de cuestionarios

A continuación, se muestra los resultados obtenidos durante la etapa de Evaluación así como su análisis, las respuestas recibidas a los cuestionarios aplicados, con el nombre de los participantes. se encuentran disponibles en el Anexo VII.

Cuestionario SUS

En la Figura 3.1 se muestra la puntuación promedio obtenida de cada uno de los ítems del cuestionario SUS aplicado a un total de 26 participantes.

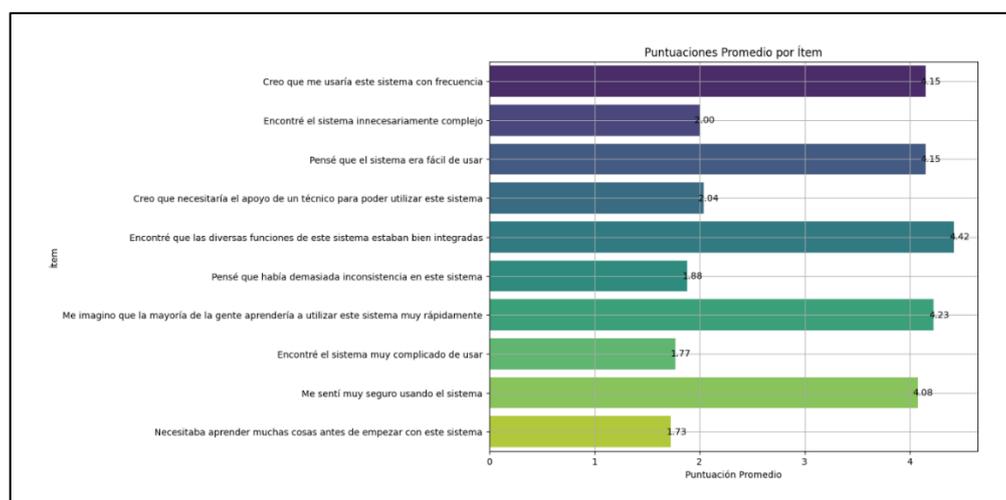


Figura 3.1. Puntuación promedio por pregunta.

La medición de los resultados obtenidos del cuestionario SUS es la siguiente [12]:

- Se toma el valor de las preguntas impares y se resta 5.
- Se suma las respuestas de los enunciados pares y se resta el total a 25.
- Finalmente, se suman los resultados y se multiplican por 2,5.

Al aplicar este cálculo a los datos obtenidos se obtiene la Tabla 3.1 que muestra el resultado por cada participante y el promedio obtenido de la evaluación.

Tabla 3.1. Resultado de cuestionario SUS, promedio y por participante.

Participante	Resultado de cálculo SUS
Sebastián Suárez	100
Matthew Guerrero	87,5

Participante	Resultado de cálculo SUS
Fernando Cárdenas	92,5
Allan Molina	62,5
Madelyn Fernández	82,5
Cesar duque	97,5
Diego Arias	90,0
Paola Aucapiña	75,0
Jeniffer Ichau	90,0
Jean Pierre Zambrano Zúñiga	52,5
Erick Pérez	90,0
Byron Carpio	77,5
Jair Sánchez	47,5
Karen Guaña	95,0
Cristina Molina	75,0
Nicolás Baquero	87,5
Paul Lora	82,5
Geovanny luna	90,0
Jefferson Toapanta	72,5
Pablo Arcos	95,0
Kevin Valle	70,0
Kevin Maldonado	65,0
Dylab Villarroel	77,5
Diego Suquillo	60,0
Carlos Xavier Sánchez López	80,0
Klever Saavedra	60,0
Promedio de Evaluación	79,04

Se obtuvo un nivel de usabilidad para el sistema de **79,04**, lo que indica que el sistema cuenta con una usabilidad de buena a excelente. Este puntaje lo coloca dentro de un rango percentil de 85-89, lo que significa que el sistema se desempeña mejor que entre el 85% y el 89% de los sistemas, de acuerdo con el benchmark realizado por Jeff Sauro en diferentes sistemas[12]. En la Figura 3.2 se muestra la gráfica de este estudio comparando la puntuación obtenida en el cuestionario SUS y su percentil correspondiente.

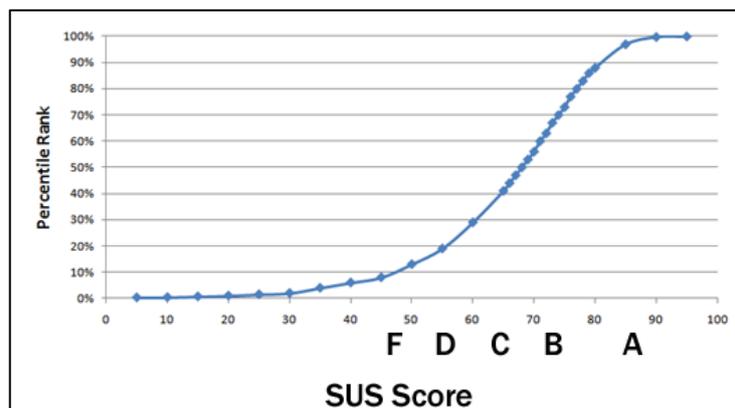


Figura 3.2. Los rangos percentiles que se asocian con las puntuaciones del SUS [12].

Heurísticas de Juegos Serios

En base a la evaluación de Heurísticas de juegos serios aplicada se identificaron y clasificaron los problemas detectados en la Tabla 3.2 por la severidad considerada.

Tabla 3.2. Problemas por severidad.

Severidad	Descripción	Conteo
0	No es considerado un problema de usabilidad	376
1	Problema apenas estético: no necesita ser modificado, al menos que haya tiempo disponible.	205
2	Problema menor de usabilidad: la solución de ese problema deberá tener baja prioridad.	87
3	Problema mayor de usabilidad: es importante resolverlo, para eso deberá ser dado alta prioridad	4
4	Catástrofe	0
N/A	No aplica	3

Se deben identificar las áreas con mayor cantidad de problemas detectados. Para ello, se realiza una revisión de las respuestas que representan al menos la mitad de los participantes con respuestas de severidad 0. Por lo tanto, se deben evaluar ítems que posean menos de 13 respuestas de severidad 0. Como se ve en la Figura 3.3 esos corresponderían a las preguntas 9, 13, 15 y 19.

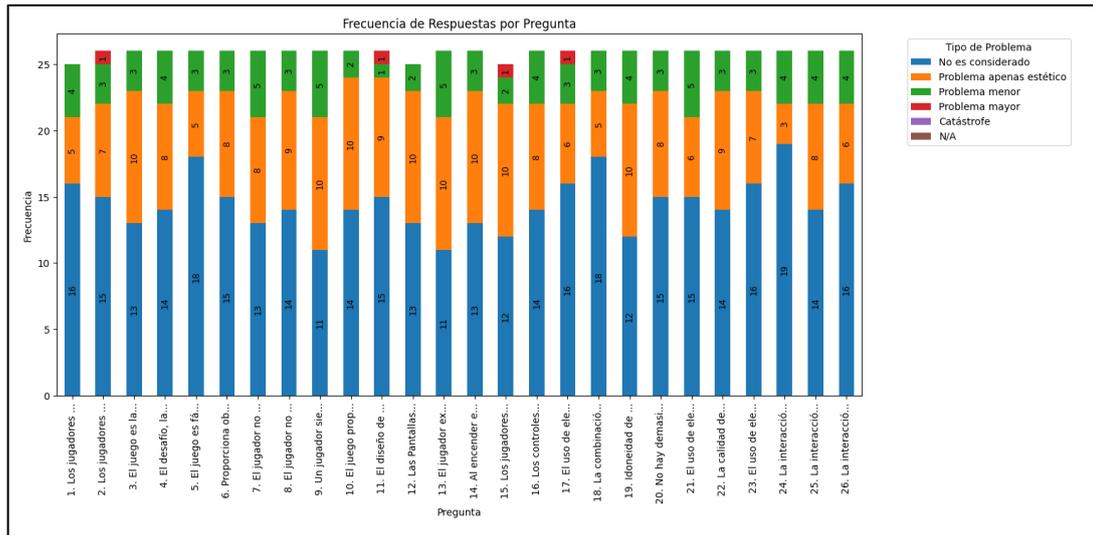


Figura 3.3. Frecuencia de respuestas por pregunta.

Los problemas encontrados con heurísticas de evaluación de juegos[10] se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Problemas encontrados.

Categoría	Característica de la categoría	Heurística	Retroalimentación
Game Play	Retroalimentación	Un jugador siempre debe poder identificar su puntuación / estado y objetivo en el juego.	En el nivel final del juego, en lugar de mostrar un mensaje de "Juego completado", el sistema vuelve al nivel 1, lo cual puede resultar confuso para el usuario.
Arte/Estética de interfaz	Navegación	El jugador experimenta la interfaz de usuario/navegación HUD (información que en todo momento se muestra en pantalla durante la partida, generalmente en forma de íconos y	Dentro del HUD no se incluyó la cantidad de llaves recogidas por el jugador, lo que puede hacer que las llaves sean pasadas por alto. Además, se debe añadir un efecto visual al soltar la pala dentro del HUD, además del efecto sonoro ya existente.

Categoría	Característica de la categoría	Heurística	Retroalimentación
		números. El HUD suele mostrar el número de vidas, puntos, nivel de salud y armadura, mini mapa, y otros, dependiendo del juego.) como lógica y minimalista.	
	Prevención de errores	Los jugadores deben recibir ayuda sensible al contexto mientras juegan para que no se atasquen y necesiten confiar en un manual para obtener ayuda.	A pesar de que se incluyó una guía en la actividad inicial sobre el uso de la pala, no se implementaron guías visuales suficientemente claras para indicar la necesidad de recoger las llaves de los niveles para avanzar.
Multimedia	Multimedia aceptable	Idoneidad de los elementos multimedia para un uso específico.	Los puntos a lo largo del nivel no son lo suficientemente claros para indicar la ruta que debe seguir el jugador. Pueden perderse con el fondo.

El sistema en general presenta un buen nivel de usabilidad; sin embargo, hay áreas de mejora. Aunque la mayoría de los problemas detectados fueron calificados como menores o estéticos, indican oportunidades para mejorar la experiencia del usuario. Abordar estos problemas puede elevar aún más la usabilidad del sistema. Por tanto, se considera que el componente es funcional y adecuado para su publicación y despliegue, permitiendo a usuarios beneficiarse de sus funcionalidades.

3.2 Conclusiones

- El proyecto logró desarrollar un juego serio con una interfaz "body as interface" que permite mapear el movimiento de niños con discapacidad psicomotriz al movimiento del cursor, integrado dentro de un sistema llamado "GestPlay". El proceso de creación tuvo en cuenta heurísticas de usabilidad y técnicas de gamificación para mejorar la experiencia del usuario.
- Se ejecutó un levantamiento de información en la fundación Centro San Juan de Jerusalén que brinda atención a niños con discapacidad psicomotriz, que se usó como base para la creación del componente.
- Se realizó una revisión literaria de juegos "body as interface" relacionados y otro software que permite controlar el mouse con el cuerpo, lo cual sirvió para obtener un listado de diseños alternativos que permitió extraer y adaptar ideas para el componente.
- Se diseñó y desarrolló la solución utilizando el Modelo de diseño de interacción simple en conjunto con Kanban, permitiendo un enfoque iterativo y centrado en el usuario, para el desarrollo de prototipos de baja y alta fidelidad.
- Se hizo uso de heurísticas de usabilidad y pruebas UX que permitieron analizar la interacción de los usuarios y obtener retroalimentación que mejorará el producto.
- Se realizó la entrega del juego a través de la plataforma oficial de Ludolab, permitiendo a sus usuarios acceder libremente a la aplicación para darle uso.
- El uso del Modelo de Diseño de Interacción Simple permitió la creación de una interacción eficaz entre el usuario y el computador mediante el movimiento detectado con la webcam. Esto resultó en una interfaz humano-computador de tipo "body as interface" natural, sin la necesidad de sensores u otro hardware atado al cuerpo que pudiera causar incomodidad a los usuarios. Esta solución tiene la capacidad de mejorar significativamente la accesibilidad y la interacción de los usuarios con dispositivos digitales, facilitando un uso más cómodo y natural.
- El uso de prototipos de baja fidelidad al inicio del desarrollo fue de gran ayuda para identificar y refinar el prototipo. Estos prototipos permitieron discutir y visualizar con los usuarios lo que realmente querían del producto, facilitando así la alineación de las expectativas y necesidades con el diseño final.

- Kanban resultó ser un método de gestión bastante útil y compatible con el Modelo de Diseño de Interacción Simple, permitiendo la mejora continua y ayudando con la organización y priorización de las tareas. Este enfoque facilitó la adaptación ágil a los cambios y necesidades emergentes durante el desarrollo del proyecto, asegurando que se mantuviera un flujo de trabajo eficiente.
- La evaluación del producto permitió identificar mejoras valiosas para la experiencia de usuario y determinar la importancia de implementar dichas mejoras. Además, permitió evaluar el nivel de usabilidad del prototipo de alta fidelidad en comparación con otros sistemas, proporcionando una guía clara para futuras iteraciones del producto.

3.3 Recomendaciones

- Se recomienda aplicar estudios adicionales con una muestra más amplia y variada de usuarios para obtener resultados más robustos permitiendo verificar la efectividad del sistema en una más amplia variedad de contextos.
- La implementación de la recopilación de datos fuera del juego serio, durante el uso de la interfaz para controlar el computador, supondría una mejora significativa en las herramientas disponibles para que los terapeutas puedan monitorear el avance de los niños en entornos digitales más amplios. Permitiendo tener una visión más completa y precisa de su progreso.
- Se recomienda la implementación del manejo de diferentes partes del cuerpo para controlar el cursor, permitiendo tener una herramienta de accesibilidad más completa. Ampliando la adaptabilidad del sistema a otros usuarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A.-C. Eliasson *et al.*, "The Manual Ability Classification System (MACS) for children with Cerebral Palsy: scale development and evidence of validity and reliability," *Dev Med Child Neurol*, vol. 48, pp. 549–554, Feb. 2006, doi: 10.1017/S0012162206001162.
- [2] H. Ben Rebah and others, "The educational effectiveness of serious games," *Médiations et médiatisations*, no. 2, pp. 131–155, 2019.
- [3] P. Abellard and A. Abellard, "Serious games adapted to children with profound intellectual and multiple disabilities," in *2017 9th International Conference on*

Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games), 2017, pp. 183–184. doi: 10.1109/VS-GAMES.2017.8056597.

- [4] B. Sabino and J. Márquez, “Rehabilitación virtual mediante interfaces naturales de usuario,” *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 12, Jan. 2014.
- [5] M. F. Pereira, C. Prahm, J. Kolbenschlag, E. Oliveira, and N. F. Rodrigues, “A Virtual Reality Serious Game for Hand Rehabilitation Therapy,” in *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, IEEE, Aug. 2020, pp. 1–7. doi: 10.1109/SeGAH49190.2020.9201789.
- [6] P. Ehn and P. Linde, “Embodied Interaction - Designing Beyond the Physical-Digital Divide,” 2005.
- [7] C. Apartoglou, “Kinaesthetic Pleasure Permeating the Sense of Play: Vicarious Kinaesthesia and the Body-as-Interface,” in *Abstract Proceedings of DiGRA 2020 Conference: Play Everywhere*, 2020.
- [8] A. Da Gama, P. Fallavollita, V. Teichrieb, and N. Navab, “Motor Rehabilitation Using Kinect: A Systematic Review,” *Games Health J*, vol. 4, no. 2, pp. 123–135, Apr. 2015, doi: 10.1089/g4h.2014.0047.
- [9] Organización Internacional de Normalización, “ISO/IEC 9126,” 2001.
- [10] L. D. Bernal Iza, “Propuesta de un instrumento de evaluación de usabilidad para juegos serios,” EPN, Quito, 2021.
- [11] G. P. Tolentino, C. Battaglini, A. C. V. Pereira, R. J. de Oliveria, and M. G. M. de Paula, “Usability of Serious Games for Health,” in *2011 Third International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications*, IEEE, May 2011, pp. 172–175. doi: 10.1109/VS-GAMES.2011.33.
- [12] J. Sauro, “Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS) – MeasuringU.” Accessed: Jun. 19, 2024. [Online]. Available: <https://measuringu.com/sus/>
- [13] L. A. Biel and A. M. García Jiménez, “Gamificar el uso de los elementos del juego en la enseñanza del español,” in *La cultura hispánica: de sus orígenes al siglo XXI : actas del I Congreso Internacional de la AEPE (Asociación Europea de Profesores de Español)*, 2016, pp. 73–82.
- [14] H. Sharp, J. Preece, and Y. Rogers, *Interaction design: Beyond human-computer interaction*, 5th ed. Nashville, TN, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, 2023.
- [15] J. Fuentes-Del-Burgo and M. A. Sebastián, “Comparative analysis of the board tool in the agile methodologies Scrum, Kanban and Scrumban in software projects,” 2022.
- [16] A. Stellman, *Learning agile: Understanding scrum, xp, lean, and kanban*. Sebastopol, CA, Estados Unidos de América: O’Reilly Media, 2021.

- [17] S. Nakazawa and T. Tanaka, "Development and Application of Kanban Tool Visualizing the Work in Progress," in *2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*, 2016, pp. 908–913. doi: 10.1109/IIAI-AAI.2016.156.
- [18] "The C4 model for visualising software architecture." Accessed: May 21, 2024. [Online]. Available: <https://c4model.com/>
- [19] "¿Qué es el User Datagram Protocol (UDP)? | Cloudflare." Accessed: May 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/ddos/glossary/user-datagram-protocol-udp/>
- [20] "Fundación Centro San Juan de Jerusalén | Ayuda Social - Ecuador." Accessed: Jul. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.sjerusalen.org/es/>
- [21] A. Cooper, R. Reimann, D. Cronin, and C. Noessel, *About face: The essentials of interaction design*, 4th ed. Nashville, TN, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, 2014.
- [22] A. Clavera and L. Moroney, "Google Project Gameface: A new hands-free AI-powered gaming mouse." Accessed: Aug. 16, 2023. [Online]. Available: <https://blog.google/technology/ai/google-project-gameface/>
- [23] C. Prahm *et al.*, "StableHand VR – PlayBionic." Accessed: Mar. 21, 2024. [Online]. Available: <https://playbionic.org/stablehand-vr/>
- [24] C. S. González-González, N. Gómez del Río, P. A. Toledo-Delgado, and F. J. García-Peñalvo, "Active Game-Based Solutions for the Treatment of Childhood Obesity," *Sensors*, vol. 21, no. 4, p. 1266, Feb. 2021, doi: 10.3390/s21041266.
- [25] C. S. González, P. Toledo, M. Padrón, E. Santos, and M. Cairos, "TANGO:H: Creating Active Educational Games for Hospitalized Children," 2013, pp. 135–142. doi: 10.1007/978-3-319-00569-0_17.
- [26] "Stardock CursorFX: Customize and Change your mouse cursor." Accessed: Mar. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.stardock.com/products/cursorfx/>

4 ANEXOS

ANEXO I. Herramientas de desarrollo

ANEXO II. Requerimientos

ANEXO III. Uso de Heurísticas de Nilsen en prototipo de Alta Fidelidad

ANEXO IV. Interfaces del Prototipo de Alta Fidelidad

ANEXO V. Cuestionario de Usabilidad

ANEXO VI. Manual de Usuario

ANEXO VII. Respuestas de evaluación

ANEXO VIII. Repositorio del API de GestPlay

ANEXO IX. Repositorio de GestPlay

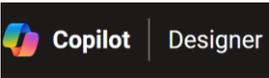
ANEXO X. Diagramas de Arquitectura

ANEXO XI. Tablero Kanban

ANEXO XII. Página de Aplicaciones de LudoLab

ANEXO XII. Video Demo

ANEXO I

	Herramientas		
	Nombre	Logo	Uso
Assets y multimedia	Itch.io		Tienda de juegos indie y “assets” para los mismos. Permitted obtener algunos de los “assets” usados en el desarrollo.
	Kenney		Plataforma que ofrece recursos gratuitos para el desarrollo de videojuegos.
	Pixabay		Plataforma que ofrece una colección de contenido multimedia libre de derechos de autor, que se pueden descargar y utilizar de manera gratuita
	Copilot Designer		Herramienta de generación de imágenes de IA, utilizada para la generación de assets más específicos.
Prototipado y diseño	Figma		Herramienta de diseño que permite crear prototipos de aplicaciones y diseños de interfaces.
	Gimp		Programa de edición de imágenes de código abierto y gratuito. Utilizado para edición de assets, fondos y logos.
Desarrollo	VSCoDe		Editor de código fuente
	Godot		Motor de videojuegos de código abierto que permite el desarrollo de juegos 2D y 3D.

	Herramientas		
	Nombre	Logo	Uso
	Python		Lenguaje de programación de alto nivel, utilizado en desarrollo web y visión por computador.
	Mediapipe		Marco de trabajo para construir pipelines de aprendizaje automático.
	FastApi		Marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones web en Python
Bases de datos	MongoDB		Base de datos NoSQL orientada a documentos.
	PostgreSQL		Sistema de gestión de bases de datos relacional y objeto-relacional.
	Firebase Storage		Servicio de almacenamiento en la nube proporcionado por Firebase para almacenar y servir archivos.
Gestión	Notion		Herramienta de productividad y organización. Cuenta con la capacidad de usar y crear plantillas personalizables para la gestión de proyectos.

	Herramientas		
	Nombre	Logo	Uso
Control de Versiones	Git		Se usó como sistema de control de versiones distribuido.
	GitHub		Plataforma en la nube para almacenar repositorios de Git.
Recopilación y tratamiento de de datos	Google Forms		Creación de encuestas y recopilación de respuestas.
	Matplotlib		Biblioteca de generación de gráficos 2d.

ANEXO II

Historias de Usuario Épicas

ID	HU-001
Título	Detección de Movimiento de la Mano
Como terapeuta, quiero que la interfaz detecte el movimiento de la mano de mis pacientes mediante una webcam, para que interactúe con el computador sin necesidad de dispositivos adicionales.	

ID	HU-002
Título	Control del Cursor con el Movimiento de la Mano
Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero controlar el cursor del computador con el movimiento de mi mano, para poder interactuar con juegos y aplicaciones.	

ID	HU-003
Título	Juego Serio Interactivo
Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero que el juego me permita practicar y mejorar mis habilidades motoras de manera divertida, y aprender a usar la interfaz del cursor.	

ID	HU-004
Título	Registro de Desempeño
Como terapeuta, quiero que el sistema registre los datos de desempeño de mis pacientes mientras usan el juego serio con la interfaz, para evaluar su progreso con esta.	

ID	HU-006
Título	Modo Invitado
Como usuario, quiero tener la opción de usar el juego en modo invitado, para probarlo sin necesidad de contar con conexión.	

ID	HU-007
-----------	--------

Título	Modo Invitado
Como terapeuta, quiero registrarme en el sistema, para acceder a los perfiles y configuraciones de mis pacientes desde otros dispositivos con la aplicación.	

Historias de Usuario/Backlog de tablero Kanban del componente

ID	HU-001a
Título	Detección de Movimiento de la Mano
Prioridad	Alta
Como terapeuta, quiero que la interfaz detecte y siga el movimiento de la mano de mis pacientes en tiempo real, para que puedan interactuar con el computador.	
Criterios de aceptación:	
<ul style="list-style-type: none"> • La interfaz debe detectar y seguir el movimiento de la mano del usuario en tiempo real. • La interfaz no debe requerir el uso de sensores adicionales atados al cuerpo. 	

ID	HU-002a
Título	Control del Cursor con Movimiento de la Mano
Prioridad	Alta
Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero controlar el cursor del computador con el movimiento de mi mano.	
Criterios de aceptación:	
<ul style="list-style-type: none"> • La interfaz debe permitir el control del cursor con el movimiento de la mano del usuario. 	

ID	HU-003b
Título	Práctica del Uso del Cursor
Prioridad	Alta
Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero que un juego serio me permita practicar el uso del cursor de la interfaz.	

Criterios de aceptación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El juego debe permitir practicar el uso del cursor de la interfaz. • El juego deber tener en cuenta elementos de gamificación 	

ID	HU-004a
Título	Registro de Datos de Desempeño en Tiempo Real
Prioridad	Alta
Como terapeuta, quiero que el sistema registre datos de desempeño en tiempo real mientras los pacientes usan el juego.	
Criterios de aceptación:	
<ul style="list-style-type: none"> • Se debe registrar datos de desempeño en tiempo real durante el uso del juego • Estos datos deben estar accesibles para su uso. 	

ID	HU-007a
Título	Formulario de Registro para Terapeutas
Prioridad	Alta
Como terapeuta, quiero un formulario de registro que solicite mi información básica, para acceder al sistema.	
Criterios de aceptación:	
<ul style="list-style-type: none"> • El formulario debe solicitar correo electrónico y contraseña. • El formulario debe incluir validación de datos. 	

ID	HU-002b
Título	Personalización de la Interfaz
Prioridad	Media
Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero que la interfaz sea personalizable para adaptarse a mis necesidades.	
Criterios de aceptación:	
<ul style="list-style-type: none"> • La interfaz debe ser personalizable, con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> ○ Velocidad ○ Suavizado ○ Tics por Segundo 	

ID	HU-002c
Título	Ayuda Visual para la Posición del Cursor
Prioridad	Media
Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero una ayuda visual para ver la posición del cursor.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Debe existir una ayuda visual. • Se debe ser capaz de personalizar las características de: <ul style="list-style-type: none"> ○ Icono ○ Color ○ Opacidad 	

ID	HU-003a
Título	Retroalimentación Visual y Auditiva
Prioridad	Media
Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero que el juego proporcione retroalimentación visual y auditiva en tiempo real, para saber si llevo a cabo las acciones correctas.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se debe incluir feedback visual y auditivo al completar un objetivo del juego. • Se debe incluir feedback visual y auditivo al momento de cometer un error. 	

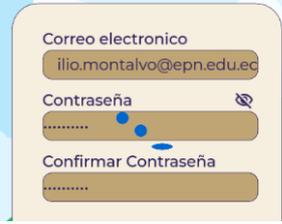
ID	HU-007b
Título	Verificación de Correo Electrónico
Prioridad	Media
Como terapeuta, quiero recibir un correo de verificación tras el registro, para confirmar mi cuenta.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se debe enviar un correo de verificación al terapeuta después del registro. • El terapeuta debe poder confirmar su cuenta mediante un enlace en el correo. 	

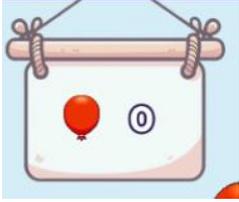
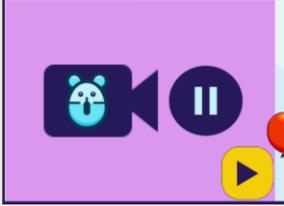
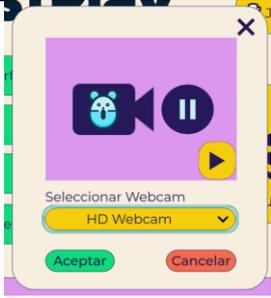
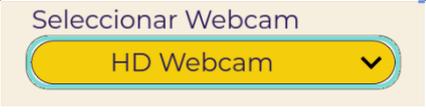
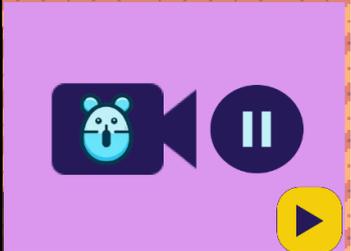
ID	HU-006a
Título	Opción de Modo Invitado
Prioridad	Bajo

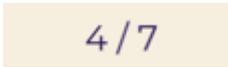
Como usuario, quiero ver una opción de "Modo Invitado" en la pantalla de inicio, para poder acceder al juego sin registrarme.
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Debe existir un modo invitado con todas las funcionalidades que no necesiten acceso a internet

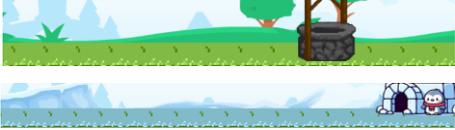
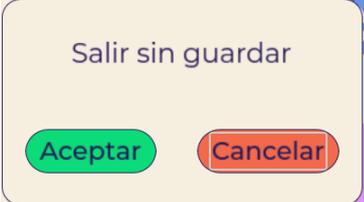
ID	HU-002d
Título	Minijuego en Configuración
Prioridad	Bajo
Como niño con discapacidad psicomotriz quiero un minijuego que me permita probar configuraciones.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • El minijuego debe encontrarse en la misma pantalla que las configuraciones. • El minijuego debe requerir el movimiento del cursor. 	

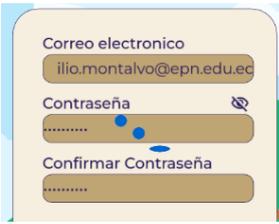
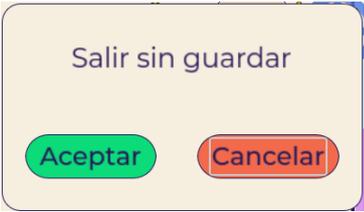
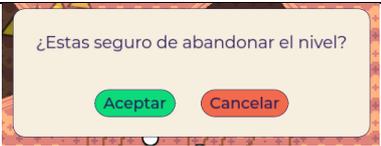
ANEXO III

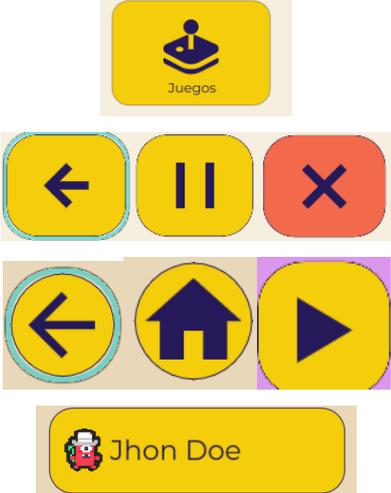
Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
Visibilidad y estado del sistema	Pantalla de Carga	Icono de carga.	
	Registro	Mensajes de error.	<p style="text-align: center; color: red;">Las contraseñas no coinciden</p> <p style="text-align: center; color: red;">Ya existe una cuenta con este correo</p>
		Mensaje de confirmación de correo.	
		Icono de carga.	
	Inicio de Sesión	Mensajes de error.	<p style="text-align: center; color: red;">Correo o contraseña incorrectos</p>
		Icono de carga.	
	Configuración del cursor	Valores actuales de configuración.	

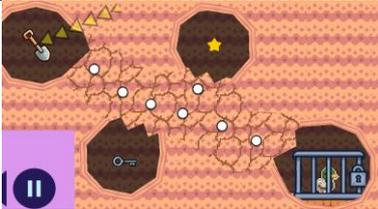
Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
		Puntuación del Minijuego.	
		Indicador de Estado de la webcam.	
	Configurar Webcam	Indicador del estado de la webcam.	
		Webcam actual seleccionada.	
	Selección de Niveles Cursor	Indicador de niveles Bloqueados.	
	Niveles 1-8	Puntuación y tiempo transcurrido.	
		Indicador del estado de la webcam.	

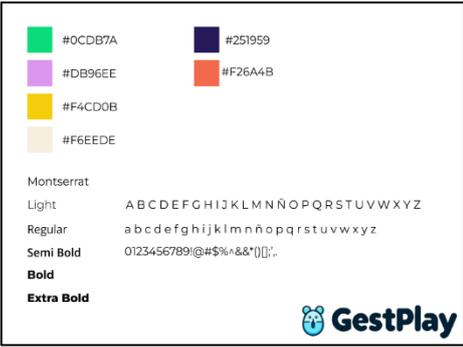
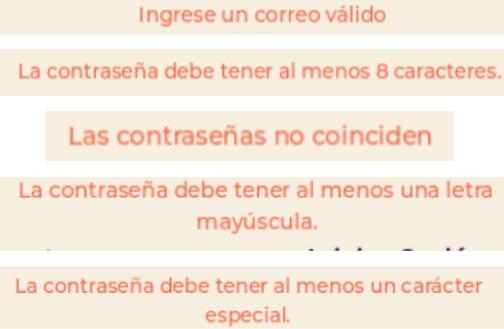
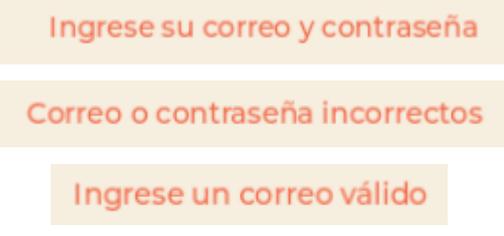
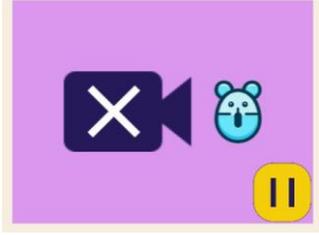
Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
		Etiqueta de nivel.	
	Pantalla de victoria	Indicador de puntaje obtenido.	
		Indicador de nivel completado.	
	Guía de Juego Cursor	Indicador de página de la guía.	
Coincidencia entre mundo real y sistema	Aplicación en general	Uso de lenguaje español.	
	Configuración Cursor, Selección de Juego, Selección de Nivel, Niveles 1-8	Icono de casa para representar la vuelta al menú principal.	
	Configurar Webcam	Icono que identifica a la cámara sirve para acceder al menú de cámara.	

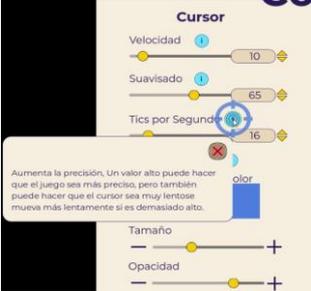
Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
	Niveles 1-8	Uso de pala para cavar.	
		Llaves sirven para abrir candados.	
		Personajes que representan animales.	
		Escenarios de Bosque y Nieve.	
Control y libertad del usuario	Configuración de controlar computador	Botón de cancelar que revierte a configuraciones anteriores.	
	Configuración de Webcam	Botón de cancelar que revierte a configuraciones anteriores.	
	Configuración de Webcam	Botón de cancelar que revierte a configuraciones anteriores.	
		Ventana de confirmación si es que se quiere salir sin guardar	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
		las configuraciones.	
	Configuración Cursor, Selección de Juego, Selección de Nivel, Niveles 1-8, Configurar Webcam	Opción de regresar a la pantalla anterior.	
Prevención de errores	Ventanas de confirmación al cerrar la aplicación	Confirmar si se desea cerrar la app.	
	Login	Bloqueo de campos de formulario y botón durante el procesamiento.	
	Registro	Bloqueo de campos de formulario y botón durante el procesamiento.	
	Configuración de Webcam	Ventana de confirmación si es que se quiere salir sin guardar las configuraciones.	
	Niveles 1-8	Confirmación al querer salir al terminar el nivel	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
		Pala se suelta al salir de la ruta planeada evitando que se lleve fuera de la sección del nivel.	
Reconocimiento para evitar el recuerdo	Aplicación en general	Se utiliza la misma forma para representar un botón en la aplicación.	
		Botón de confirmar acción y cancelar son del mismo color a lo largo de aplicación.	
	Selección de Niveles	Iconos representativos de la temática de cada nivel.	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
	Menú de Juegos	Icono representativo del juego Cursor.	
		Puntos guía del estado de la ruta a seguir del nivel.	
Flexibilidad y eficiencia de uso	Nivel 1-8	Atajo hacia las configuraciones del perfil en niveles	
		Opción para pasar al siguiente nivel, aunque el contador para cambio automático aun no termine	
		Opción para repetir el nivel al finalizarlo	
	Registro, Login	Opción para visualizar contraseña	
	Menú Principal	Atajos a la configuración y reportes	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
	Configuración de controlar Computador	Atajo al resto de configuraciones	
Diseño estético y minimalista	Aplicación en general	El diseño se mantiene simple usando una paleta de colores y tipografía específica, se procuró que cada interfaz solo posea los elementos esenciales	
Ayuda a los usuarios para reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores	Registro	Mensajes de error descriptivos	
	Inicio de Sesión	Mensajes de error descriptivos	
	Configuración de Webcam	Indicador de que no hay una cámara disponible	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
	Niveles 1-8	Sonido indicador de que se ha soltado la pala y flecha que indica la necesidad de retomarla	
Ayuda y documentación	Aplicación en general	Botones de ayuda a lo largo de la aplicación que despliegan guías e información del usuario requerirla	
	Selección de Niveles, Niveles 1-8	Guía de Juegos al seleccionar el botón de ayuda	
	Configuración de Cursor	Texto guía de configuración	

ANEXO IV

Pantalla de Carga



Registro



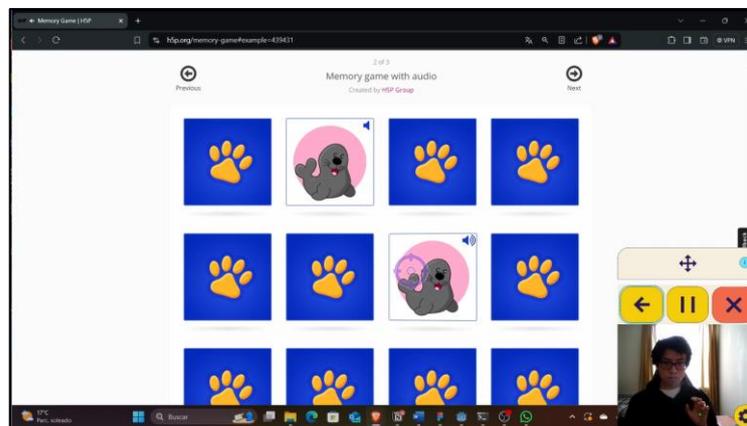
Inicio de sesión



Menú principal



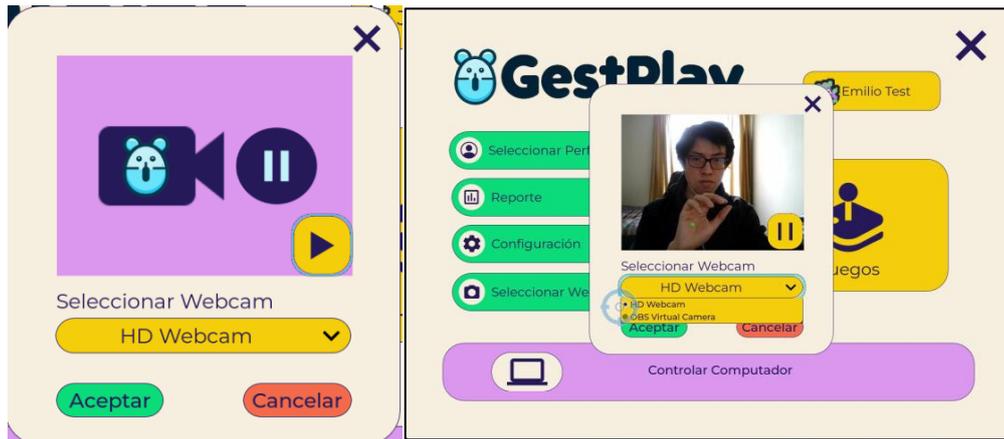
Controlar computador



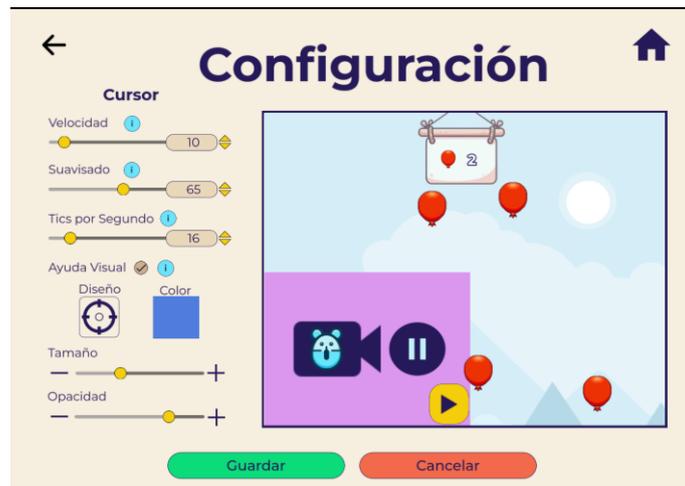
Configuración de Controlar Computador



Configuración de Webcam



Configuración del Cursor



Menú de Juegos



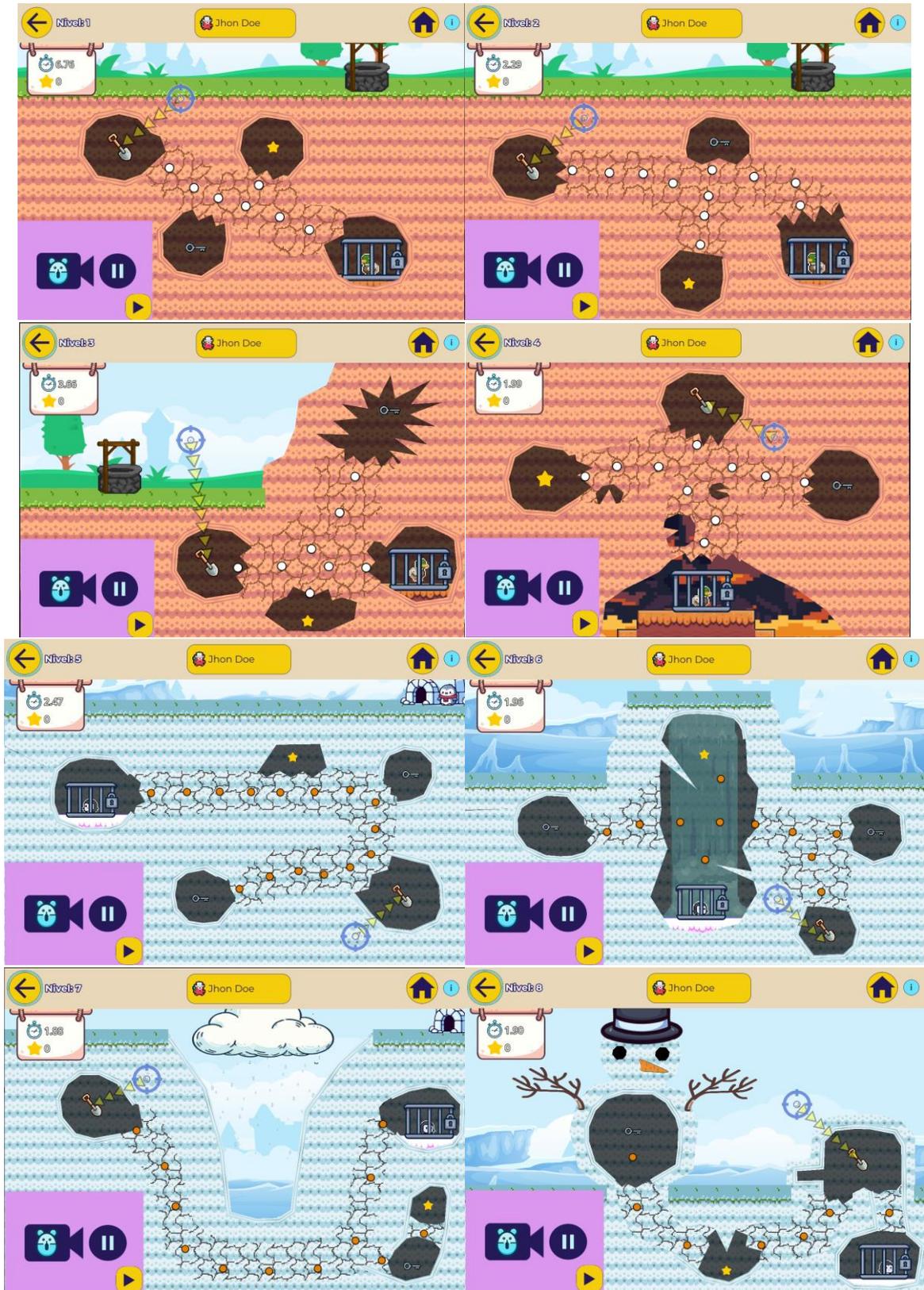
Menú de Niveles de Juego Cursor

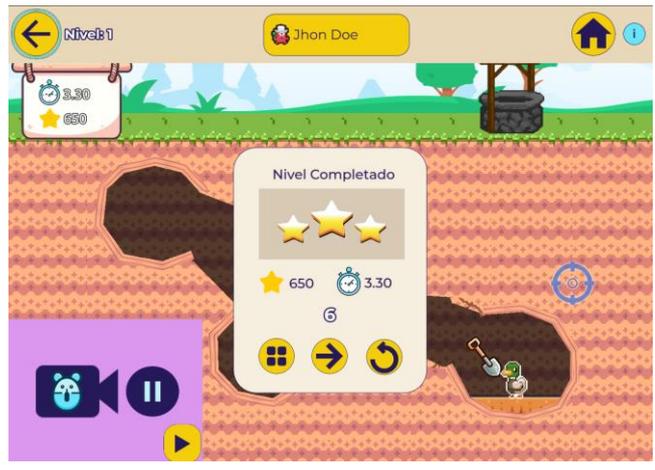


Guía de Juego Cursor



Niveles





ANEXO V

Cuestionario de Usabilidad: [Evaluación GestPlay.pdf](#)

ANEXO VI

Manual de Usuario:

https://www.canva.com/design/DAGL7legd9U/vFZZxchr2SBLJNfvbs33nA/watch?utm_content=DAGL7legd9U&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=editor

ANEXO VII

Respuestas de Evaluación: [Evaluación Cursor \(Respuestas\).xlsx](#)

ANEXO VIII

Repositorio de GestPlay: https://github.com/EmilioMontalvo/gesplay_py

ANEXO IX

Repositorio de API: https://github.com/EmilioMontalvo/gestplay_auth

ANEXO X

Diagramas de Arquitectura: [Diagramas De Arquitectura.drawio.svg](#)

ANEXO XI

Tablero Kanban:

<https://www.notion.so/mateo-diaz/12a2f366df6e4f1eb867963e5aaa6a80?v=8980a58585784ccf9fa349d52cb28b5f&pvs=4>

ANEXO XII

Página de Aplicaciones de Ludolab:

<https://polhibou.epn.edu.ec/carusel>

ANEXO XII

Video demo de tesis

[VideoDemo](#)