

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

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

DESARROLLO DE UN JUEGO SERIO CON INTERFAZ "BODY AS
INTERFACE" QUE PERMITA MAPEAR EL MOVIMIENTO DE
NIÑOS CON DISCAPACIDAD PSICOMOTRIZ AL CLIC IZQUIERDO
DEL RATÓN

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
SOFTWARE

MATEO ALEJANDRO DÍAZ PAZMIÑO

mateo.diaz@epn.edu.ec

DIRECTOR: JULIÁN ANDRÉS GALINDO LOSADA, PHD

julian.galindo@epn.edu.ec

DMQ, Julio 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Mateo Alejandro Díaz Pazmiño 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.

Mateo Alejandro Díaz Pazmiño

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Mateo Alejandro Díaz Pazmiño, 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.

Mateo Alejandro Díaz Pazmiño

PhD. Julián Galindo

Emilio Xavier Montalvo Ganchala

DEDICATORIA

El presente trabajo de integración curricular está dedicado a mis padres y a mi hermana, quienes han sido un pilar fundamental en esta etapa y siempre han mostrado su amor y sacrificio incondicional. A ellos, por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más difíciles, y por motivarme a seguir adelante.

Dedico una mención especial a todas las amistades que he formado durante este camino, quienes me han brindado su apoyo y han compartido conmigo tanto las alegrías como los desafíos del proceso. Su compañía y palabras de aliento han sido esenciales para alcanzar esta meta.

A todos ustedes, con todo mi cariño y agradecimiento, dedico este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	4
2 METODOLOGÍA.....	9
2.1 Integración de Kanban con el Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple.....	9
2.2 Arquitectura.....	10
2.3 Herramientas	15
2.4 Fase preliminar de investigación.....	15
2.5 Establecimiento de requisitos	16
2.6 Diseños alternativos.....	18
2.7 Prototipado.....	24
2.8 Evaluación	40
2.9 Producto final	43
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
3.1 Resultados	44
3.2 Conclusiones	47
3.3 Recomendaciones	48

4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
5	ANEXOS.....	52
ANEXO I	Herramientas de desarrollo.....	52
ANEXO II	Requerimientos.....	54
ANEXO III	Aplicación de heurísticas en el prototipo de alta fidelidad.....	58
ANEXO IV	Enlace al repositorio hand-gesture-recognition-using-mediapipe ...	64
ANEXO V	Muestra de archivo csv obtenido del programa Hand Gesture Recognition	64
ANEXO VI	Capturas del módulo de gestión de perfiles	65
ANEXO VII	Capturas de los niveles del juego clic	66
ANEXO VIII	Guía del juego clic.....	69
ANEXO IX	Capturas de estadísticas generadas en la página web.....	71
ANEXO X	Capturas de las funcionalidades de la página web.....	73
ANEXO XI	Fotografías durante la evaluación de usabilidad y heurísticas.....	76
ANEXO XII	Enlace al repositorio de la página web	77
ANEXO XIII	Enlace al repositorio de la aplicación GestPlay.....	77
ANEXO XIV	Enlace al manual de usuario	77
ANEXO XV	Resultados de las pruebas de usabilidad y heurísticas	77
ANEXO XVI	Enlace al tablero Kanban	78
ANEXO XVII	Cuestionario SUS y heurísticas.....	78
ANEXO XVIII	Página de aplicaciones de Ludolab.....	78
ANEXO XIX	Arquitectura del componente Clic.....	78

RESUMEN

Este documento detalla el desarrollo del componente de clic de GestPlay, un sistema diseñado para asistir a niños con discapacidad psicomotriz mediante una interfaz "body as interface". Este componente permite mapear el movimiento del usuario al clic izquierdo del ratón utilizando gestos capturados por una cámara web. El objetivo principal es proporcionar una herramienta terapéutica interactiva.

Se revisa la literatura sobre juegos serios, su aplicación en educación y terapia, y la tecnología de "body as interface". Se describe el levantamiento de información y la retroalimentación de expertos, que fundamentan los requisitos del sistema.

El desarrollo incluye la creación de prototipos de baja y alta fidelidad, evaluados y refinados mediante pruebas de usabilidad. El juego serio desarrollado, donde los niños emparejan animales con sus sombras, se integra con las funcionalidades de mapeo de gestos. Se detalla la gestión de perfiles, permitiendo personalizar la experiencia de juego según el progreso del niño, y las configuraciones generales de la aplicación.

El documento destaca el uso del modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple, cuyo enfoque iterativo ha permitido refinar ideas y validar requisitos a través de pruebas. Las conclusiones subrayan la importancia de los prototipos de baja fidelidad para recibir retroalimentación temprana y la gestión de riesgos asociados con la dependencia de entidades externas.

Finalmente, se recomiendan futuras mejoras, como la personalización avanzada de mecánicas de juego y la extensión del reconocimiento y mapeo a otras partes del cuerpo, para adaptarse a las diversas necesidades de los usuarios.

PALABRAS CLAVE: body as interface, juegos serios, discapacidad psicomotriz, Kanban, usabilidad

ABSTRACT

This document details the development of the click component of GestPlay, a system designed to assist children with psychomotor disabilities through a “body as interface”. This component allows mapping the user's movement to the left mouse click using gestures captured by a webcam. The main objective is to provide an interactive therapeutic tool.

The literature on serious games, their application in education and therapy, and body as interface technology is reviewed. Information gathering and expert feedback are described, which inform the system requirements.

The development includes the creation of low and high fidelity prototypes, evaluated and refined through usability testing. The serious game developed, where children match animals with their shadows, is integrated with gesture mapping functionalities. Profile management, allowing to customize the game experience according to the child's progress, and general application settings are detailed.

The paper highlights the use of the simple interaction design lifecycle model, whose iterative approach has allowed refining ideas and validating requirements through testing. The conclusions underline the importance of low-fidelity prototypes for early feedback and the management of risks associated with reliance on external entities.

Finally, future improvements are recommended, such as advanced customization of game mechanics and extension of recognition and mapping to other body parts, to adapt to diverse user needs.

KEYWORDS: body as interface, serious games, psychomotor disability, Kanban, usability

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El componente del clic en el proyecto GestPlay es una parte integral de la interfaz "Body as Interface", diseñada para permitir que niños con discapacidades psicomotrices interactúen con una computadora utilizando gestos detectados a través de una cámara web. Este componente se enfoca en mapear el movimiento de la mano del niño para realizar un clic izquierdo del ratón. El desarrollo incluye varios módulos y funcionalidades que se relacionan para cumplir con todos los objetivos propuestos.

El primer módulo utiliza librerías de reconocimiento de imágenes para captar los movimientos de la mano del niño a través de la cámara web. Los gestos específicos se configuran para ejecutar un clic izquierdo, permitiendo así una interacción natural y accesible con la computadora.

El segundo módulo del componente del clic incluye un juego serio diseñado para enseñar y practicar el uso del gesto de clic. El juego consiste en un escenario de agarrar y soltar donde los niños deben arrastrar y soltar animales sobre sus correspondientes sombras en diferentes niveles, cada uno con una ambientación distinta. Este juego no solo enseña la mecánica del clic, sino que también promueve la coordinación ojo-mano y la comprensión espacial.

El componente también incluye un módulo de gestión de perfiles, que permite la creación y administración de perfiles de usuario, permitiendo a los terapeutas monitorear el progreso de cada niño de manera individual. Cada perfil almacena datos sobre el rendimiento del niño en el juego, facilitando un seguimiento personalizado y adaptaciones necesarias en la terapia. La implementación incluye configuraciones generales de la aplicación y configuración para el gesto específico que el niño utilizará para realizar el clic. Estas configuraciones permiten una personalización que puede adaptarse a las necesidades y preferencias de cada usuario.

El último módulo consiste en el desarrollo de una página web que permite a los terapeutas visualizar estadísticas detalladas sobre el desempeño de los niños. La página muestra gráficos y datos que reflejan la eficacia del uso de la interfaz y el progreso en la habilidad de realizar clics a través de gestos. El componente del clic de GestPlay no solo ofrece una herramienta innovadora para la interacción con la computadora, sino que también proporciona un entorno lúdico y educativo que mejora las habilidades motoras de los niños de una manera divertida y atractiva. Además, facilita a los terapeutas un seguimiento detallado del progreso, permitiendo adaptar las terapias según las necesidades individuales de cada niño.

1.1 Objetivo general

Desarrollar un juego serio con interfaz "body as interface" que permita mapear el movimiento de niños con discapacidad psicomotriz al clic izquierdo del ratón.

1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos se detallan en base al Modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple:

- 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.
- Realizar una revisión literaria de juegos "body as interface" relacionados y otro software que permita controlar el mouse con el cuerpo.
- 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.
- Utilizar heurísticas de usabilidad y pruebas UX para analizar la interacción de los usuarios y generar retroalimentación significativa para la mejora del producto.
- Entregar un juego serio con interfaz "body as interface" que permita mapear el movimiento de niños con discapacidad psicomotriz al clic izquierdo del ratón.
- Diseño y desarrollo de una página web que facilite al tutor del niño la visualización de los informes generados por la aplicación, con el fin de que pueda realizar un seguimiento adecuado del avance del niño.

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.

Fase preliminar de investigación

1. Investigar las ventajas de utilizar un entorno virtual para mejorar las capacidades motrices de una persona.
2. Investigar los principios de usabilidad de pertinentes para mejorar la experiencia de usuario.
3. Investigar y comprender el Modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple.

4. Investigar y comprender la Investigar y comprender una metodología adecuada para la obtención de requerimientos.
5. Investigar sobre el mapeo de captura de movimiento hacia el clic del ratón y herramientas disponibles.
6. Determinar limitaciones de la solución en base a la revisión bibliográfica, observación y entrevistas con los usuarios.

Establecer Requerimientos

1. Identificar los requerimientos necesarios para elaborar el componente a través de la metodología seleccionada.
2. Definir las “Personas” pertinentes para el componente.

Diseños Alternativos

1. Encontrar juegos relacionados y otro software que permita realizar el clic del ratón con el cuerpo.
2. Extraer ideas de juegos y software existente relacionado para facilitar la experiencia de usuario.
3. Utilizar elementos de gamificación.
4. Diseñar tomando en cuenta heurísticas de usabilidad.

Prototipado

1. Realizar un prototipo de Baja fidelidad para la interfaz de los menús y funcionamiento básico del videojuego.
2. Realizar un prototipo de Alta fidelidad utilizando las herramientas definidas en la fase de investigación con una metodología ágil.

Evaluación – ¿Cómo se va a evaluar?

1. Evaluar el diseño en base a las heurísticas de usabilidad.
2. Evaluar la solución utilizando las pruebas UX.
3. Evaluar la usabilidad mediante las heurísticas de evaluación de juegos.

Producto Final

1. Entrega del producto completo.

Lanzamiento

1. Realizar un manual de usuario.
2. Elaborar la memoria final.
3. Subir la solución como proyecto de desarrollo en la página oficial de Ludolab.

1.4 Marco teórico

1.4.1. Juegos serios y su aplicación en terapia física

Los juegos serios son aplicaciones interactivas que combinan elementos lúdicos con objetivos educativos o formativos. A diferencia de los videojuegos tradicionales, cuyo propósito principal es el entretenimiento, los juegos serios buscan desarrollar habilidades, conocimientos o actitudes específicas en los jugadores [1]. Los juegos serios han demostrado su potencial en el ámbito de la rehabilitación. Al proporcionar un entorno de juego atractivo y motivador, estos juegos permiten a los pacientes practicar actividades físicas de forma regular y alcanzar sus objetivos terapéuticos [2].

Aunque sean más asociados con niños, los juegos benefician a pacientes de todas las edades. Para ser efectivos, los ejercicios de rehabilitación deben ser motivadores, repetitivos y precisos. Los juegos cumplen estos criterios al hacer los ejercicios más divertidos y al guiar los movimientos [3].

En [2] se destaca la importancia de las configuraciones personalizadas para cada paciente, ya que, según el perfil de cada jugador y su nivel de discapacidad, realizar ciertas mecánicas en un juego puede ser más fácil o difícil. Además, mientras el jugador avanza en el juego, es posible que las configuraciones ya no sean las adecuadas y sea pertinente realizar cambios en busca de que la terapia tenga mejores resultados.

Adicionalmente, la recopilación de datos detallados sobre el desempeño del jugador permite una personalización continua de la terapia, asegurando que la dificultad del juego se adapte a las necesidades específicas del paciente y favorezca su progreso. Esta información es fundamental para el monitoreo continuo del avance del paciente y la toma de decisiones informadas por parte del terapeuta [2].

1.4.2. Tecnología de "Body as Interface"

Las interfaces no se limitan a pantallas o teclados. Cualquier medio que permita la interacción entre don entidades, ya sean objetos o seres vivos , puede considerarse una interfaz. El uso del cuerpo como interfaz se puede dividir en dos categorías principales. La primera implica entornos diseñados específicamente para la interacción corporal, donde el usuario no necesita dispositivos adicionales. La segunda categoría involucra dispositivos

que se integran directamente en el cuerpo, convirtiéndose en una extensión de este. Un ejemplo de la primera categoría es el Kinect de Microsoft [4].

Enfocándonos en la primera categoría, se puede mencionar al sistema “Camera Mouse”, el cual es un sistema diseñado para ayudar a personas con discapacidades a usar el ordenador. Funciona siguiendo los movimientos de la cabeza o de un dedo a través de una cámara web y trasladándolos al cursor del ratón en la pantalla [5]. De esta manera el sistema logra que el cuerpo del usuario sea el medio con el cual se controle el computador.

Otro sistema popular es el ya mencionado Kinect, el cual para su época fue una avanzada solución tecnológica que combina hardware y software para realizar un análisis detallado de las características físicas y vocales de una persona, utilizando cámaras RGBD, infrarrojas y sensores de profundidad [6]. La combinación del Kinect con el software de rehabilitación virtual de “Rehametrics” ofrece una solución innovadora para la fisioterapia. A través de sensores de movimiento y juegos interactivos, esta tecnología permite un seguimiento preciso de los movimientos del paciente y una personalización completa del tratamiento, mejorando así los resultados terapéuticos [7].

1.4.3. Usabilidad y experiencia de usuario en juegos

El diseño de experiencia de usuario (UX) en videojuegos se encarga de crear interfaces intuitivas y atractivas que permitan a los jugadores sumergirse completamente en la experiencia de juego. Desde los controles hasta los menús, cada elemento debe ser fácil de entender y usar, evitando cualquier tipo de frustración. El objetivo es que el jugador pueda disfrutar del juego sin interrupciones, sintiéndose conectado con el mundo virtual [8].

Para lograr una experiencia de usuario satisfactoria, existen componentes que se complementan para construir una experiencia fluida, intuitiva y gratificante. La combinación de una interfaz de usuario personalizable, tutoriales adaptados a diferentes estilos de aprendizaje y funciones de accesibilidad para diversos perfiles de jugadores garantiza una experiencia de juego única y satisfactoria para cada usuario. Los jugadores pueden ajustar el juego a sus preferencias y necesidades, sintiéndose incluidos y valorados [8].

Los juegos serios, diseñados con fines educativos o de entrenamiento, requieren una evaluación rigurosa de su interfaz para garantizar una experiencia de aprendizaje efectiva. En este sentido, las pruebas de usuario y las inspecciones de usabilidad desempeñan un papel crucial. El instrumento de evaluación propuesto por Bernal L. ofrece una evaluación exhaustiva de las interfaces de juegos serios, considerando aspectos como la narrativa, la

representación visual y las mecánicas de juego. Con sus 44 heurísticas, este instrumento permite realizar un análisis detallado de la experiencia del usuario [9].

Otro método más popular es el “System Usability Scale” o mejor conocido como SUS. El SUS funciona a través de un cuestionario de 10 preguntas que los usuarios responden en una escala de 1 a 5. Estas preguntas exploran diferentes aspectos de la experiencia del usuario, como la facilidad de uso y la satisfacción general [10]. En la se muestra la interpretación que recibe el resultado del cuestionario según su valor obtenido.

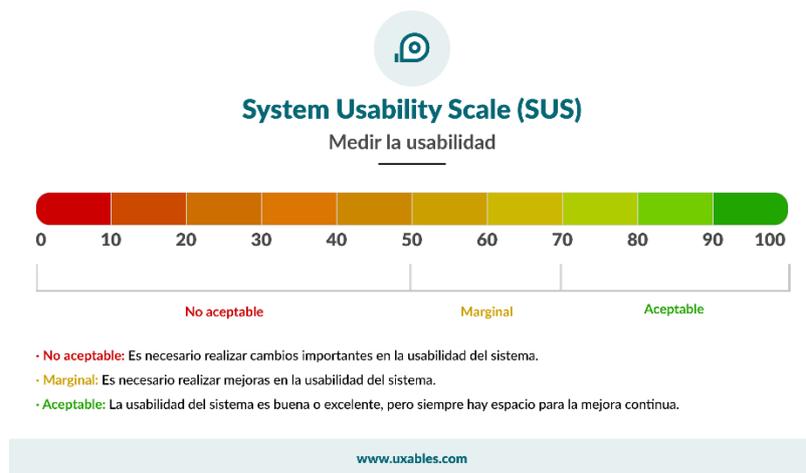


Figura 1. Interpretación del valor obtenido en el cuestionario SUS [10].

1.4.4. Elementos de gamificación

La gamificación consiste en usar elementos de los juegos para hacer más atractivas y fáciles otras actividades [11]. Herranz establece que la gamificación se sustenta en tres elementos interrelacionados: las dinámicas, que definen la interacción del jugador con el sistema; las mecánicas, que son las acciones que el jugador realiza; y los componentes del juego, que son los elementos que dan vida al juego [12].



Figura 2. Elementos de la gamificación [11].

1.4.5. Modelo de ciclo de vida de diseño de interacción simple

Este modelo representa un ciclo de diseño iterativo que comienza con la identificación de necesidades y culmina en un producto final. Cada etapa del ciclo está alineada con los principios del diseño centrado en el usuario, asegurando que el producto final satisfaga las necesidades de los usuarios [13]. A continuación, se describen cada una de las fases del modelo:

- **Establecimiento de requisitos:** Esta etapa corresponde a la primera mitad del proceso de diseño y se centra en la investigación y definición de los requisitos del producto. Se busca comprender a profundidad a los usuarios y su contexto para identificar las oportunidades de diseño [13].
- **Diseños alternativos:** En esta etapa, se exploran diferentes opciones de diseño para dar vida al producto. Se pasa de una visión general del producto (diseño conceptual) a los detalles específicos de la interfaz (diseño concreto). Adicionalmente, se buscan productos ya existentes que se relacionen con la problemática a resolver, con el fin encontrar inspiración y adoptar buenas prácticas de diseño [13].
- **Prototipado:** La etapa de prototipado permite visualizar y probar las ideas de diseño. Al crear prototipos, se obtiene valiosa retroalimentación de los usuarios para después realizar ajustes antes de invertir tiempo y recursos en el desarrollo completo del producto [13].
- **Evaluación:** La evaluación es un proceso cíclico que se retroalimenta con las etapas anteriores del diseño. Los resultados de la evaluación se utilizan para refinar los prototipos, modificar los requisitos o incluso generar nuevas alternativas de diseño [13].

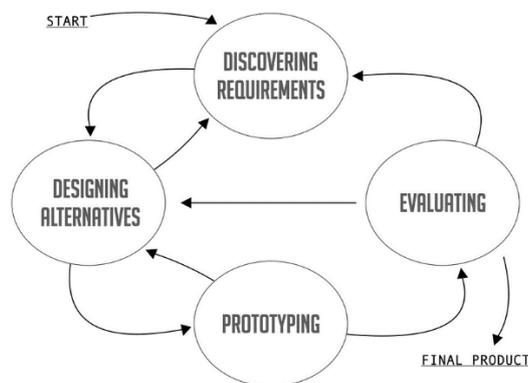


Figura 3. Modelo del ciclo de vida de diseño de interacción simple.

1.4.6. Kanban

Nacido en la industria manufacturera, Kanban es un sistema visual que ayuda a los equipos a gestionar su trabajo de manera eficiente. A través de tableros y tarjetas, se visualiza el progreso de las tareas, permitiendo una mejor planificación y coordinación [14].

Prácticas generales de Kanban

1. **Visualizar:** Visualizar el trabajo es fundamental para mejorar la transparencia y la colaboración dentro de una organización. Herramientas como los tableros Kanban nos permiten ver el panorama completo y tomar mejores decisiones [15].
2. **Limitar el trabajo en curso (WIP):** Al limitar el WIP, Kanban asegura que el trabajo avance sin interrupciones. Esto es especialmente importante en trabajos que requieren mucha concentración, ya que cambiar constantemente de tarea reduce la productividad [15].
3. **Gestionar el flujo:** Kanban busca optimizar el flujo de trabajo para entregar valor de forma más rápida y confiable. Al medir el flujo, podemos tomar decisiones basadas en datos y mejorar continuamente nuestro proceso [15].
4. **Hacer políticas explícitas:** Las políticas Kanban son como las señales de tráfico en una carretera. Indican cómo debemos movernos y colaboramos para alcanzar nuestros objetivos. Deben ser claras, flexibles y adaptables a las necesidades del equipo [15].
5. **Implementar ciclos de retroalimentación:** Los ciclos de retroalimentación son esenciales en Kanban para garantizar entregas fluidas y mejorar el servicio. Estos ciclos, basados en métricas y reuniones periódicas, permiten a las organizaciones aprender y evolucionar [15].
6. **Mejorar colaborativamente:** Kanban parte de la situación actual y fomenta la mejora continua a través de cambios pequeños y experimentales. Utilizamos métricas y retroalimentación para guiar estos cambios y asegurar que sean efectivos [15].

Elementos usados en Kanban

- **Tarjetas Kanban:** Las tarjetas Kanban son la base del método Kanban. Cada tarjeta contiene información sobre una tarea específica y su progreso. Al limitar el número de tarjetas en cada columna (WIP), podemos evitar sobrecargar al equipo y mejorar la eficiencia [16].

- Tablero Kanban:** Un tablero Kanban es una herramienta de gestión visual que ayuda a los equipos a optimizar su flujo de trabajo. Al dividir el trabajo en tarjetas y colocarlas en columnas que representan diferentes etapas del proceso, los equipos pueden visualizar el progreso de cada tarea e identificar cuellos de botella [16]. La configuración de un tablero Kanban es flexible y puede adaptarse a las necesidades de cada equipo. Aunque las columnas "To Do", "In Progress" y "Done" son comunes, los equipos pueden personalizar este flujo añadiendo o eliminando columnas según sea necesario.

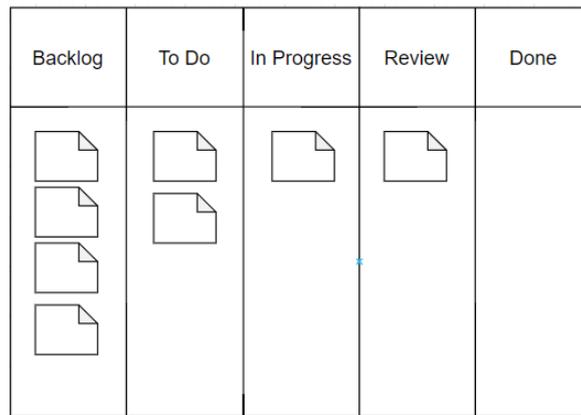


Figura 4. Ejemplo de un tablero Kanban

2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente componente y con el objetivo de asegurar que el producto final respondiera de manera óptima a las necesidades de los usuarios, se optó por un modelo de desarrollo iterativo y centrado en el usuario. Específicamente, se utilizó el ciclo de vida de diseño de interacción simple, que en combinación con Kanban, permitió realizar ajustes continuos al prototipo basados en la retroalimentación recibida y gestionar de forma eficiente las tareas del proyecto.

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

La integración de Kanban con el Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple se justifica por la necesidad de gestionar las tareas del proyecto mientras se mantiene un enfoque centrado en el usuario. En este proyecto y componente, Kanban se utiliza para la organización y priorización de tareas, específicamente durante la implementación del prototipo de alta fidelidad. Las columnas utilizadas en el tablero Kanban incluyeron: "Backlog", "To Do", "In Progress", "Review" y "Done", a continuación, se explica la función de cada una:

- **Backlog:** Aquí se almacenaron todas las tareas pendientes obtenidas desde las fases de diseño y las nuevas ideas que surgían durante el desarrollo.
- **To Do:** Esta columna incluyó las tareas que estaban completamente definidas y listas para ser trabajadas.
- **In Progress:** Aquí se encontraban las tareas que estaban siendo activamente trabajadas.
- **Review:** Esta columna se utilizó para las tareas completadas que necesitaban ser revisadas antes de ser consideradas finalizadas.
- **Done:** Esta columna incluyó las tareas que fueron revisadas y completadas exitosamente.

En la Figura 5 se puede observar una representación visual de la integración realizada entre Kanban y el Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple.

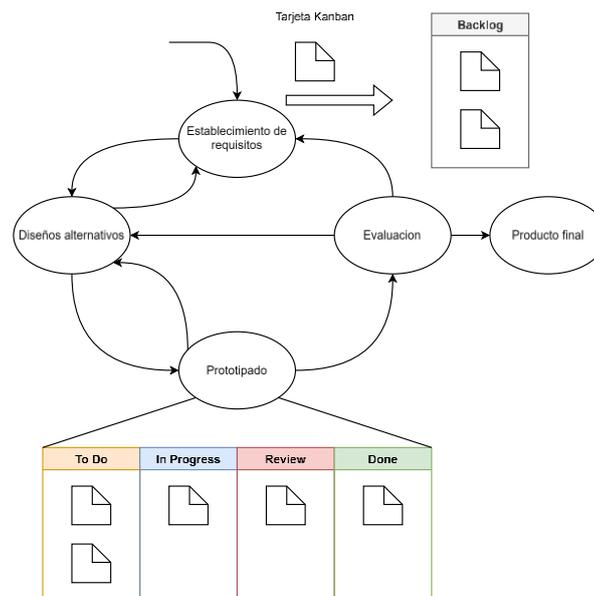


Figura 5. Integración de Kanban con el Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple.

2.2 Arquitectura

En esta sección, se presenta la arquitectura del prototipo de alta fidelidad y del sistema en general desarrollado para el proyecto. Para realizar los diagramas que exponen la arquitectura del sistema y sus componentes, se utiliza el Modelo C4 el cual permite especificar la arquitectura de un sistema de software a través de diagramas y abstracciones jerárquicas [17].

En estos diagramas, los componentes representados en gris no fueron creados específicamente para el componente clic. Estos elementos, provienen del componente complementario al proyecto (cursor) o de fuentes externas preexistentes.

Contexto

El diagrama de contexto (Figura 6) presenta al sistema “GestPlay” como una unidad completa, interactuando con sus usuarios (primarios o secundarios) y con sistemas externos como Gmail. Esta representación visual permite entender como el sistema se relaciona con su entorno.

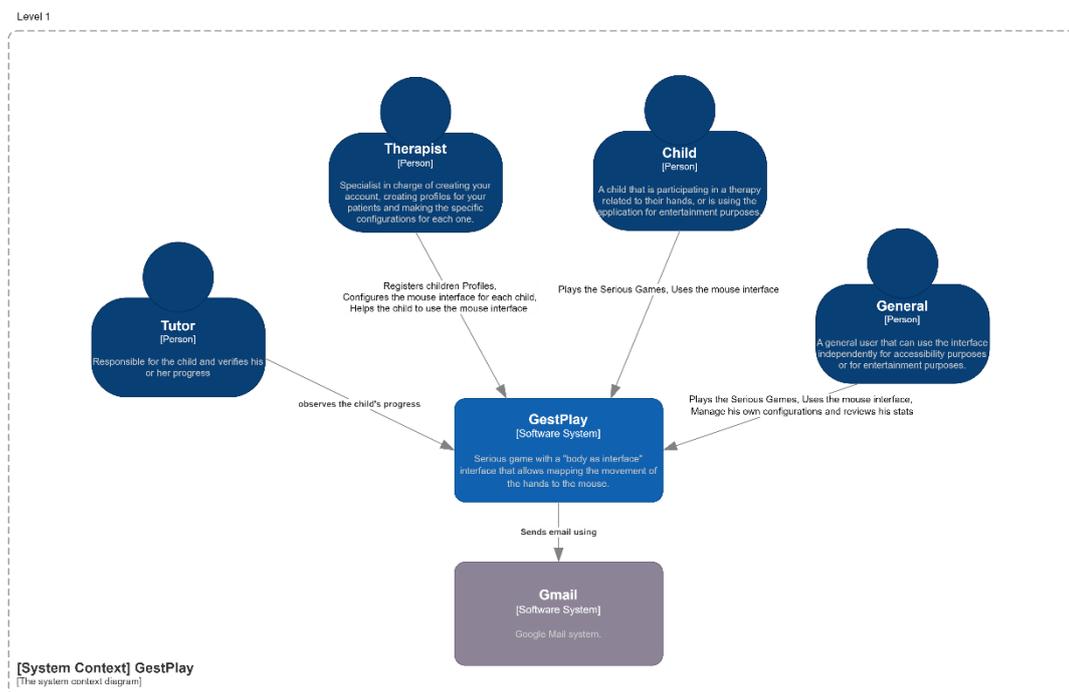


Figura 6. Diagrama de contexto del sistema GestPlay.

Contenedor: Sistema GestPlay

El sistema GestPlay se compone de varios módulos interconectados, representados visualmente en el diagrama de contenedor (Figura 7). Estos módulos incluyen el juego serio, la interfaz “Body as Interface” y la página web, los cuales trabajan en conjunto para lograr la funcionalidad del sistema.

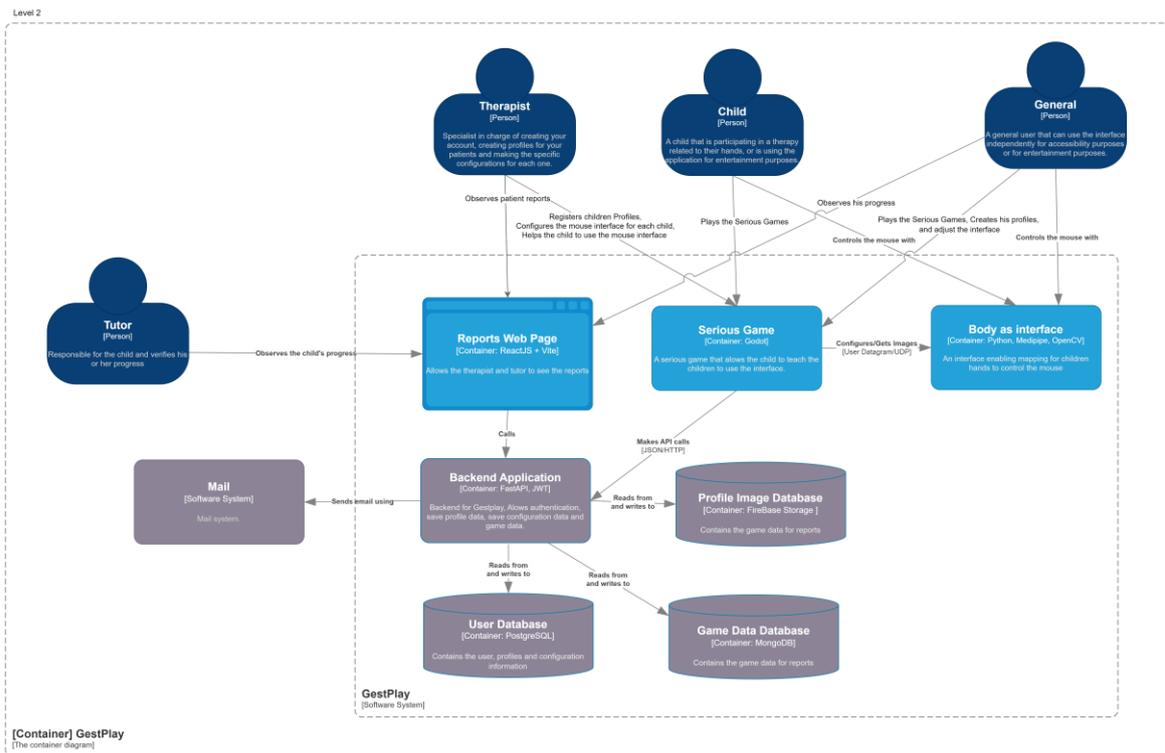


Figura 7. Diagrama de contenedor del sistema GestPlay.

Componente: Interfaz “Body as Interface Clic”

La interfaz 'Body as Interface' implementa una arquitectura tipo pipeline. Captura imágenes de la cámara en tiempo real, las analiza para identificar las manos del usuario y luego traduce los gestos de estas manos en comandos para realizar el clic.

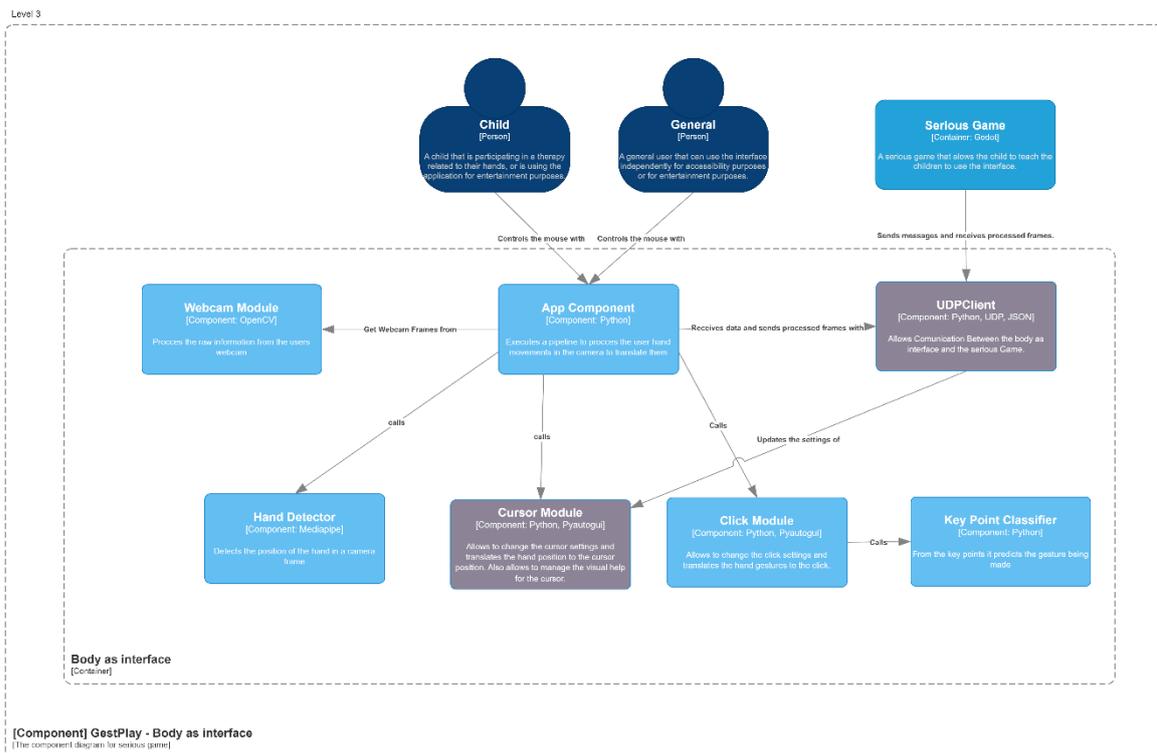


Figura 8. Diagrama del componente: Interfaz "Body as Interface Clic".

Componente: Juego serio Clic

El juego serio del clic, desarrollado en Godot y siguiendo el patrón MVC (Modelo Vista Controlador), enseña a los niños a utilizar la interfaz "Body as Interface" para realizar los clics e interactuar con el computador. Se comunica con la interfaz "Body as Interface" para traducir los movimientos de las manos en acciones dentro del juego. Además, permite personalizar la experiencia del usuario al configurar el gesto específico con el que se realiza el clic y gestionar perfiles para cada niño o usuario.

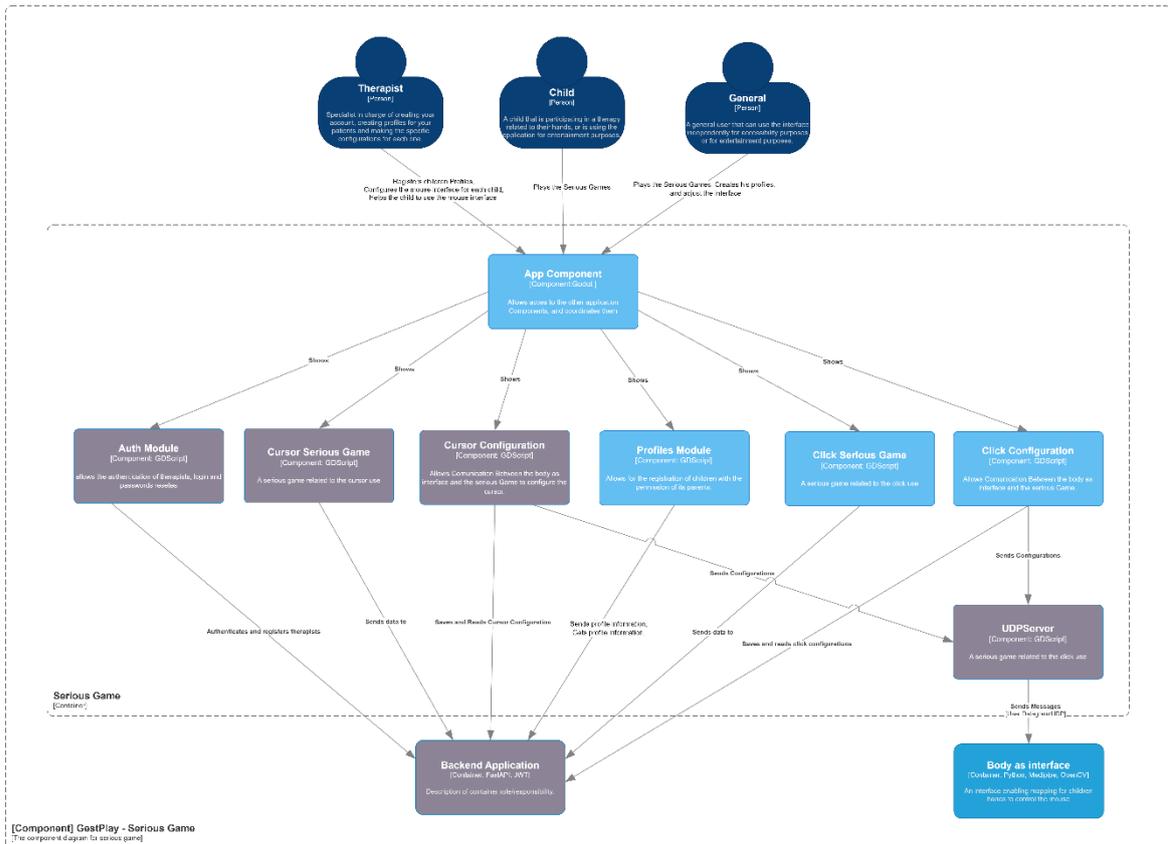


Figura 9. Diagrama del componente: Juego serio Clic.

Componente: Página web

La página web que permite a los tutores y terapeutas revisar las estadísticas y el progreso de los niños en los juegos. Esta desarrollada en React con Vite, y se comunica con la API desarrollada en el componente complementario (cursor) para obtener la información de cada cuenta con sus perfiles y los datos relacionados a ellos.

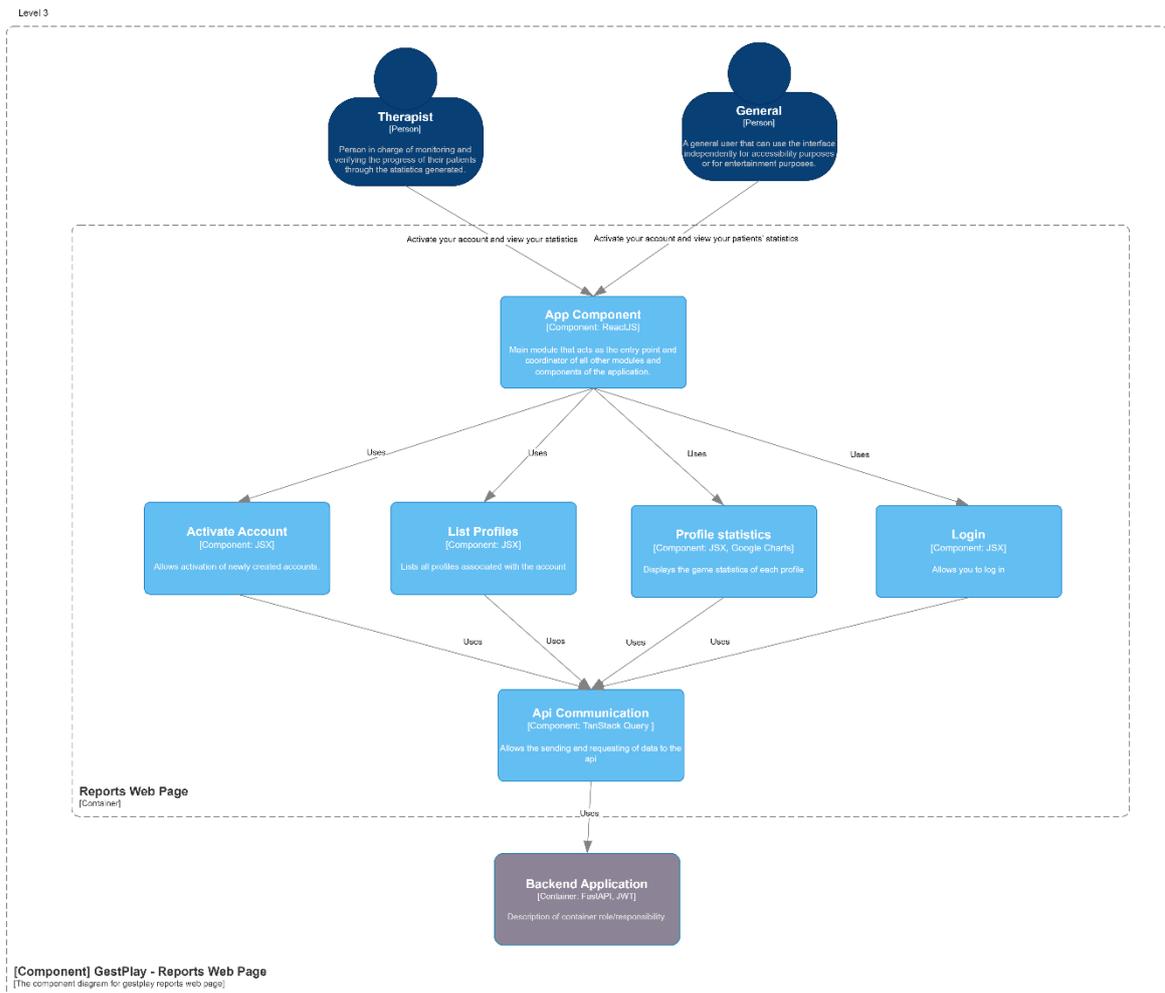


Figura 10. Diagrama del componente: Página web.

En el ANEXO XIX se encuentran todos los diagramas presentados para el presente componente, para su mejor visualización.

2.3 Herramientas

Las herramientas, tecnologías y páginas web utilizadas para el desarrollo de cada módulo del componente se encuentra detallado en el ANEXO I

2.4 Fase preliminar de investigación

La fase preliminar de investigación ha sido fundamental para establecer una base sólida para el desarrollo del componente clic del proyecto GestPlay. Esta fase incluyó una exhaustiva revisión literaria e investigación para comprender el entorno en el que se trabaja y empezar a delinear los requisitos necesarios para el proyecto.

Adicionalmente, con base en la revisión literaria realizada, se obtiene parte de la sección de Marco teórico y se establecieron las limitaciones del proyecto, las cuales se detallan en

la sección Alcance. Estas limitaciones han permitido definir claramente los límites del proyecto y asegurar que los objetivos sean alcanzables dentro de los recursos y tiempo disponible.

2.5 Establecimiento de requisitos

En esta sección se presentan los requerimientos obtenidos durante las fases iniciales de diseño y posteriores fases en donde se han descubierto nuevos y se han redefinido o mejorado otros.

Métodos de obtención de requerimientos

En esta fase, se llevó a cabo una interacción con el Centro San Juan de Jerusalén, una ONG especializada en atención a niños con diversas discapacidades [18]. Esta colaboración permitió recopilar información valiosa para definir los requisitos funcionales y no funcionales del componente de clic de GestPlay, asegurando así que el sistema se adapte a las necesidades específicas de este grupo poblacional. Adicionalmente, a través de la investigación previa realizada se obtiene y refinan algunos de ellos requerimientos.

A continuación, se exponen los métodos que ha sido utilizados para obtener los requerimientos del sistema:

- **Opinión de expertos:** Se consultó en el área del desarrollo de software y HCI para obtener información y sugerencias que ayudaran a la creación de un prototipo inicial de baja fidelidad.
- **Observación:** Mediante videos e imágenes se observó el comportamiento durante sus actividades diarias y terapéuticas, lo cual permitió identificar necesidades específicas durante su interacción con la tecnología.
- **Revisión bibliográfica:** Se llevó a cabo una investigación bibliográfica sobre interfaces naturales y tecnologías asistivas en el ámbito de las terapias psicomotrices, además de un análisis del contenido existente en internet sobre la fundación.
- **Prototipos:** Se desarrolló un prototipo de baja fidelidad del componente de clic con el objetivo de validar las primeras ideas de diseño y requisitos. Este prototipo fue presentado a un grupo de expertos y a un representante de la fundación, quienes proporcionaron observaciones que permitieron refinar el diseño y las especificaciones funcionales del sistema.

- **Entrevista:** A través de una entrevista informal con un representante de la fundación, se logró obtener una mejor comprensión de sus necesidades y expectativas, lo cual permitió ajustar los requisitos del proyecto.

El ANEXO II se presenta los requerimientos, desglosados en épicas e historias de usuario, que se transformaron en tarjetas Kanban y se utilizaron para construir el prototipo final. Además, en el 0se encuentra el tablero Kanban utilizado durante la fase de desarrollo del prototipo de alta fidelidad.

Definición de personas

En el proceso de desarrollo del presente, se han definido dos personas primarias y dos personas suplementarias para guiar el diseño y la funcionalidad del sistema.

Las dos primarias se tratan de un terapeuta y un niño con discapacidad psicomotriz, su descripción detallada se muestra en las figuras Figura 11 y Figura 12.



Figura 11. Definición de persona el usuario 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.

A pesar de sus desafíos físicos, Lucas es un niño curioso y sociable. Le encanta interactuar con otros niños y participar en actividades recreativas.

Demografía

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

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.

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 12. Definición de persona del usuario niño.

Personas Suplementarias

Además de estas personas primarias, también se han identificado dos personas suplementarias importantes para el desarrollo del sistema. Estas personas pueden beneficiarse de las interfaces diseñadas para las personas primarias y son parte de los usuarios que se muestra en la sección Arquitectura.

- **Tutor del niño:** Un tutor responsable del niño que utiliza el sistema para monitorear el progreso y apoyar en las actividades terapéuticas.
- **Usuario general:** Se considera un usuario que busca tanto funcionalidades de accesibilidad para facilitar su interacción con el sistema, como opciones de personalización para adaptar la experiencia a sus preferencias personales y de entretenimiento.

2.6 Diseños alternativos

Una vez definidos los requisitos iniciales, se lleva a cabo una búsqueda y análisis de aplicaciones o productos con características similares. Esta etapa es crucial para identificar soluciones existentes que puedan inspirar y guiar el desarrollo del proyecto. Analizar diseños alternativos permite aprovechar las mejores prácticas y evitar errores comunes, asegurando así que el producto final sea tanto innovador como funcional. Además, extraer ideas de otras aplicaciones exitosas facilita la incorporación de elementos probados que mejoran la experiencia del usuario.

Aplicaciones y productos analizados

The Camera Mouse

El programa "Camera Mouse" fue desarrollado para permitir a personas con discapacidades severas interactuar con computadoras utilizando únicamente movimientos corporales, capturados a través de una cámara de video. El sistema se basa en algoritmos de seguimiento visual, capaces de detectar y seguir con precisión características corporales como la punta de la nariz o los dedos [5]. "Camera Mouse" incluye varias configuraciones que permiten al usuario ajustar las diversas características de la aplicación a sus necesidades y limitaciones, destacando especialmente las configuraciones para realizar clic y controlar el cursor.

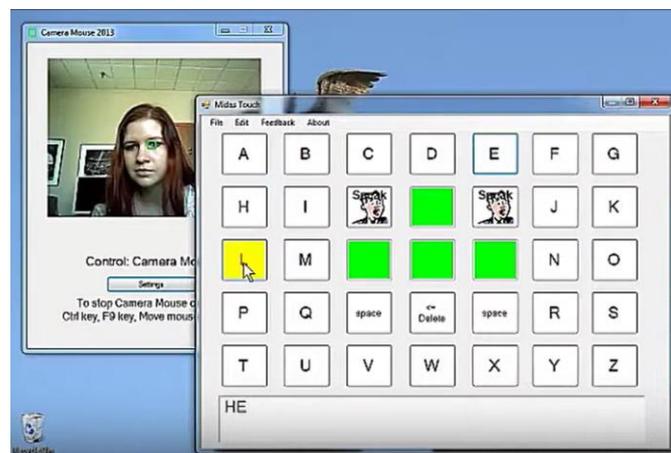


Figura 13. Captura del uso del programa "The Camera Mouse".

Tango: H

"Tango: H" es una plataforma de juegos educativos accesibles basada en Kinect, que permite la interacción mediante el reconocimiento de gestos corporales sin contacto físico. Altamente configurable, facilita la creación y personalización de ejercicios según las necesidades de cada usuario. Su objetivo es ofrecer una experiencia agradable y no repetitiva, incentivando a los usuarios a avanzar continuamente. Incluye un sistema de recomendación de ejercicios gamificados y modos de juego tanto individuales como multijugador [19].



Figura 14. Imagen promocional de "Tango: H" en uso.

MIRA: Medical Interactive Recovery Assistant

MIRA es un sistema de juegos interactivos diseñado específicamente para la rehabilitación de las extremidades superiores. Inicialmente concebido para apoyar la recuperación de discapacidades ortopédicas, MIRA ha ampliado su alcance para abarcar también discapacidades neurológicas [20].

El sistema utiliza movimientos del hombro para motivar al jugador a lograr los objetivos del tratamiento. Estos movimientos cuidadosamente diseñados contribuyen a mejorar una serie de aspectos, tales como reflejos, coordinación de las extremidades superiores, flexibilidad, coordinación ojo-mano y velocidad de movimientos [20].



Figura 15. Niño realizando terapia física con el programa MIRA.

Apple Vision Pro

Las Apple Vision Pro son gafas de realidad mixta desarrolladas y comercializadas por Apple, que permiten superponer imágenes virtuales sobre el mundo real, creando una experiencia híbrida entre lo digital y lo físico. Estas gafas, ligeras y cómodas, ofrecen a los

usuarios una nueva forma de interactuar con el mundo digital. Este innovador producto tiene el potencial de revolucionar diversos campos, como la educación, el entretenimiento, el trabajo y la comunicación [21].



Figura 16. Uso de las Apple Vision Pro durante una videoconferencia.

Extracción de ideas y componentes aplicables

A continuación, se presentan los elementos extraídos de las aplicaciones y productos analizados que son aplicables para el desarrollo del presente componente. Estos elementos fueron seleccionados considerando su relevancia, innovación y viabilidad de implementación. El objetivo de esta sección es proporcionar una visión clara de cómo cada idea y componente contribuirá a mejorar la funcionalidad y efectividad del componente GestPlay.

Tabla 1. Extracción de ideas y componentes de las aplicaciones o productos y su aplicación al componente.

Aplicación o producto	Ideas o componentes	Descripción	Aplicación en el componente
The Camera Mouse	Personalización del clic	Configuraciones que permiten adaptar la funcionalidad del clic según las necesidades del usuario.	Implementación de opciones de personalización del clic para adaptarse a las preferencias de cada usuario.
	Guardado de configuraciones	Posibilidad de guardar las configuraciones personalizadas para su uso futuro.	Guardar las configuraciones personalizadas para cada usuario, proporcionando una experiencia continua y consistente cada vez que se inicie la aplicación.
Tango: H	Juego de emparejamiento	Juego en donde los jugadores emparejan	Mecánica del juego serio en donde se emparejan

Aplicación o producto	Ideas o componentes	Descripción	Aplicación en el componente
		objetos según su color correspondiente.	animales con su sombra correspondiente.
	Retroalimentación durante el juego	En los juegos, al acertar, los bordes se pintan de color verde, y al fallar se pintan de color rojo.	Al colocar un animal en su sombra correcta, su contorno se pinta de color verde y en caso incorrecto se pinta de color rojo.
	Puntuación durante el juego	Durante el juego se muestra la puntuación que se va obteniendo mediante estrellas.	Mostrar la puntuación obtenida en forma de estrellas durante el juego.
	Resultados al finalizar el juego	Al finalizar el juego se muestra la puntuación obtenida y el tiempo transcurrido.	Al finalizar cada nivel, mostrar la puntuación obtenida y el tiempo transcurrido.
MIRA	Puntuación durante el juego	Durante el juego se muestra la puntuación que el usuario va obteniendo.	Mostrar la puntuación obtenida en forma de estrellas durante cada nivel.
	Información al finalizar el juego	Al finalizar el juego se muestran datos como la puntuación obtenida, el tiempo transcurrido y estadísticas del jugador, como la rapidez y el porcentaje de movimiento.	Al finalizar cada nivel, mostrar los datos esenciales como la puntuación, el tiempo transcurrido, y almacenar estos datos, incluyendo también los errores cometidos y la hora y fecha.
Apple Vision Pro	Gestos para el control de interfaces	Para controlar las interfaces se pueden realizar varios gestos, el más destacable es juntar los dedos para realizar un clic.	Uno de los gestos para realizar clic es el "pinza", que consiste en juntar el dedo índice con el pulgar.

Elementos de gamificación

Esta sección tiene como objetivo identificar y proponer elementos de gamificación que pueden aplicarse al juego serio del componente. Estos elementos se basan en el análisis de las aplicaciones presentadas anteriormente y en los requerimientos establecidos para el desarrollo del juego.

Tabla 2. Elementos de gamificación para el juego serio.

Elemento	Descripción	Aplicación en el juego serio	Categoría
Progresión de niveles	Sistema que desbloquea niveles progresivamente a medida que el jugador avanza y completa objetivos.	Desbloqueo de niveles sucesivos tras completar el nivel anterior, comenzando con el nivel 1 y avanzando hasta el nivel 6.	Dinámica
Tematización de niveles	Cada nivel está ambientado en diferentes biomas y paisajes de la naturaleza, ofreciendo variedad y novedad.	Ambientación de los niveles en biomas como bosque templado, mar, desierto, jungla, granja y playa.	
Contador de tiempo	Reloj que mide el tiempo transcurrido, introduciendo una dimensión de urgencia y desafío.	Mostrar el tiempo en segundos durante el nivel y al finalizar, como parte de la evaluación del desempeño.	
Recolección de puntos	El jugador acumula puntos al completar tareas específicas, motivando la precisión y el esfuerzo.	Sumar puntos al colocar animales en sus sombras correctas y recolectar comida específica para cada animal.	Mecánica
Puntuación y estrellas	Sistema de puntuación que se representa a través de estrellas, recompensando el desempeño del jugador.	Asignación de hasta 3 estrellas por nivel basado en la colocación de animales y recolección de comida.	
Desafíos secundarios	Objetivos adicionales que ofrecen puntos extra o recompensas, incentivando la exploración y el esfuerzo adicional.	Recolección de comida específica para cada animal como desafío adicional para obtener la máxima puntuación.	
Retroalimentación visual y sonora	Indicadores visuales y sonoros que proporcionan al jugador información inmediata sobre sus acciones.	Contornos verdes y rojos para indicar acierto o error, y sonidos de confirmación o error al colocar animales.	Componente
Animación de los animales	Movimientos animados de los animales que añaden realismo y atractivo visual al juego.	Animación de los animales al ser colocados correctamente en sus sombras.	

Elemento	Descripción	Aplicación en el juego serio	Categoría
Música y efectos de sonido	Música temática y efectos de sonido que mejoran la inmersión y el disfrute del juego.	Canciones infantiles temáticas y efectos de sonido que indican aciertos, errores y finalización de niveles.	
Pantalla de resultados	Interfaz que muestra el desempeño del jugador al finalizar cada nivel, incluyendo puntaje, tiempo y opciones de navegación.	Presentación de estrellas obtenidas, tiempo transcurrido, y botones para regresar, repetir o avanzar al siguiente nivel.	

2.7 Prototipado

Con los requisitos obtenidos y los componentes y elementos extraídos de la etapa de diseños alternativos, se inicia el desarrollo del componente. Este proceso comienza con prototipos de baja fidelidad, los cuales permiten establecer la estructura y estética general del proyecto. Posteriormente, se procede con la implementación de prototipos de alta fidelidad que integran todos los requisitos y funcionalidades, garantizando el cumplimiento de los objetivos del componente.

Prototipos de baja fidelidad

Inicialmente, se diseñaron wireframes para establecer la disposición de los elementos en la interfaz de usuario. Estos bosquejos proporcionan una visión clara de la estructura y el flujo de navegación sin considerar los detalles de diseño.

Como se muestra en la Figura 17, se presentan los wireframes correspondientes al menú principal y las interfaces relacionadas con el juego de clic, donde se destacan la interfaz con el menú de juegos, el selector de nivel y el primer bosquejo del juego, que inicialmente trataba de emparejar a los animales con su respectivo sonido.

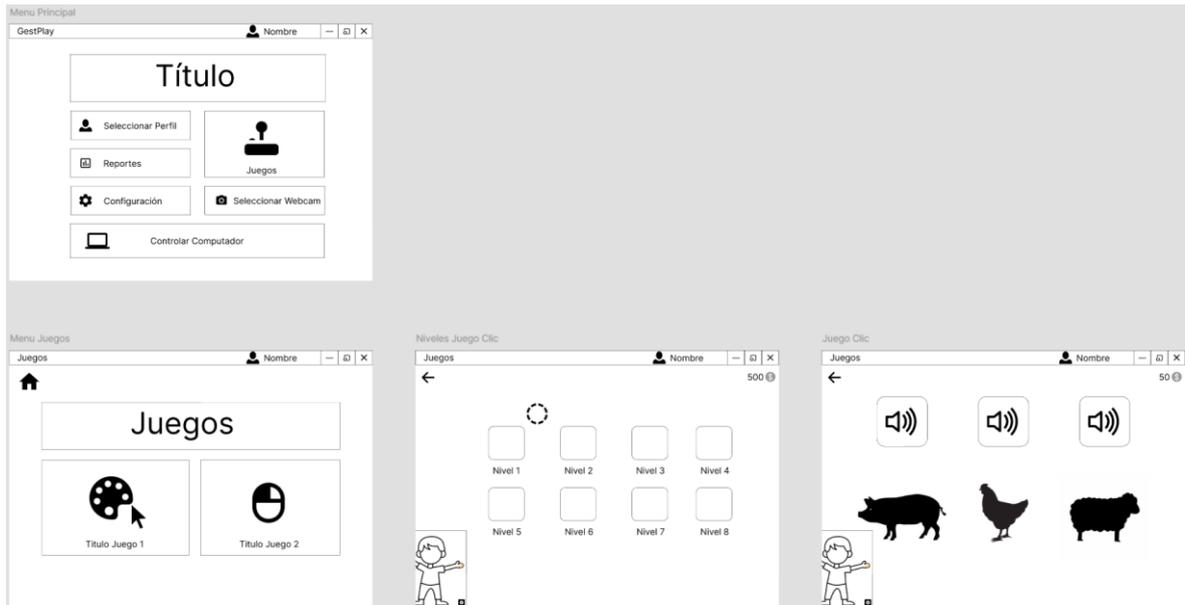


Figura 17. Wireframes del menú principal y navegación hacia el juego clic.

A continuación, en la Figura 18, se muestran los wireframes correspondientes al menú de configuraciones, desde el cual se accede a la configuración del clic. Por otro lado, se presenta el menú de perfiles, donde se selecciona el perfil del niño con el que se desea trabajar, además de la interfaz para la creación de nuevos perfiles, donde se destacan los campos que se consideraron inicialmente para guardar la información esencial del niño.



Figura 18. Wireframes del menú de configuración y perfiles.

Con la estructura y la navegación de las interfaces definidas, se desarrolló un moodboard que representa de manera visual imágenes y materiales de diseño. Esto permite plantear una idea general y consolidar las ideas que guiarán el diseño estético de la aplicación y el componente [22].

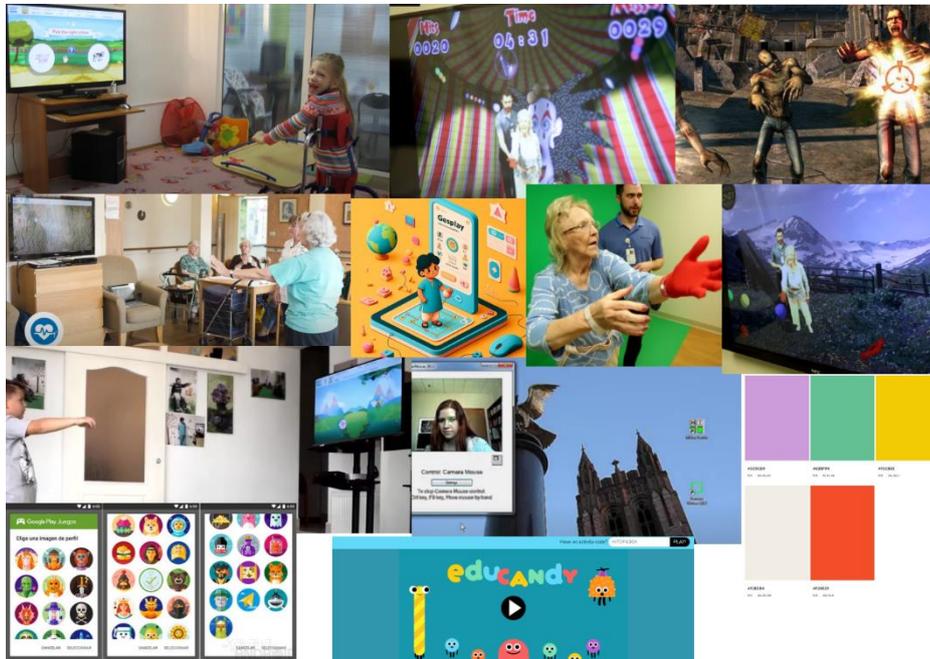


Figura 19. Moodboard diseñado.

Con el moodboard desarrollado se selecciona una paleta de colores que se alinea a los objetivos del componente y una tipografía que asegura legibilidad y coherencia visual.



Figura 20. Paleta de colores y tipografía seleccionada.

Prototipo de alta fidelidad

En esta sección se detalla la creación del producto final y funcional, describiendo el proceso seguido para alcanzar los objetivos del componente.

Obtención de los modelos

Para lograr el objetivo de transformar los gestos realizados con la mano en clics del ratón, se utilizaron modelos Keras con la ayuda de TensorFlow y Mediapipe. Estos modelos predicen el gesto realizado con la mano a través de puntos de referencia obtenidos de la imagen de una mano utilizando Mediapipe. El proceso seguido para obtener los modelos se divide en tres etapas: obtención de datos, entrenamiento de los modelos y evaluación.

Obtención de datos

Para entrenar los modelos que reconocen los gestos de la mano, primero es necesario recopilar las coordenadas de los puntos clave o de referencia que permitirán entrenar el modelo para predecir los gestos. Para lograrlo, se utiliza una aplicación basada en Mediapipe, disponible en el repositorio de GitHub indicado en el ANEXO II . Como se muestra en la Figura 21, al ser ejecutado el programa y detectar una mano, dibuja en ella cada uno de los puntos clave. Mediante la ubicación de estos puntos, se puede predecir el gesto realizado con la mano.

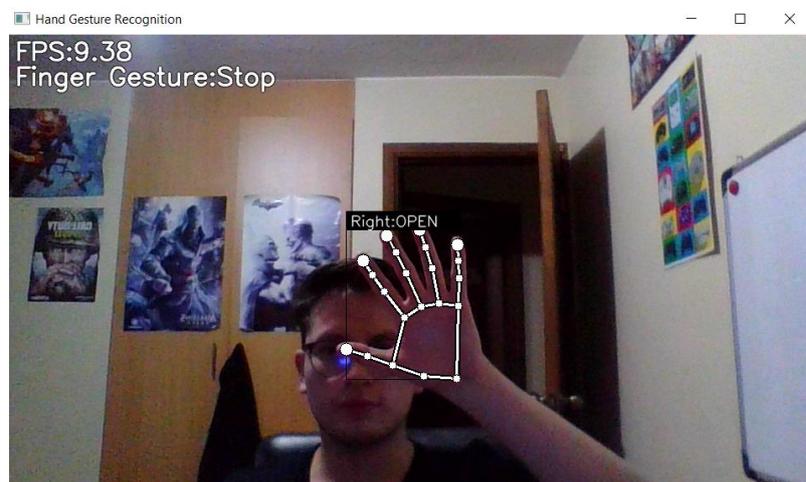


Figura 21. Muestra de los puntos clave de la mano que reconoce el programa Hand Gesture Recognition.

La aplicación contiene un modo que permite recolectar las coordenadas de los puntos clave y almacenarlas en un archivo CSV (ver ANEXO V para un ejemplo). Estas coordenadas son clasificadas por el usuario utilizando un índice numérico entero que puede ser del 0 al 9, donde cada índice representa un gesto.

Para cada gesto, se recolectan aproximadamente 800 muestras de las coordenadas pertenecientes a los puntos clave. De igual manera, se recolectan alrededor de 800 muestras para el gesto que representa tener la mano abierta. De esta manera se obtiene dos archivos con extensión CSV, los cuales contienen cada uno las coordenadas de los puntos que representan el gesto de tener la mano abierta y después las coordenadas de los puntos que representan el gesto correspondiente (agarrar o pinza).

Entrenamiento de los modelos

Con los datos recopilados, se procede al entrenamiento de los modelos. Para ello, se utiliza un notebook de Jupyter proporcionado en el mismo repositorio de GitHub (ver ANEXO II) llamado `keypoint_classification_EN.ipynb`. En este notebook, se ingresa la ruta del archivo CSV generado, que servirá como dataset; la ruta y el nombre del archivo con extensión .keras, que será el modelo resultante; y el número de clases, que corresponde al número de gestos en el archivo CSV, en este caso 2. A continuación, se ejecutan cada una de las celdas del notebook hasta obtener el modelo entrenado.

Evaluación

Finalmente, para evaluar los modelos obtenidos se genera una matriz de confusión en el mismo notebook en el que se entrenan los modelos, usando las librerías pandas, seaborn, matplotlib y sklearn.

Los resultados para el modelo del gesto agarrar son los siguientes, en donde la clase "0" representa el gesto de tener la mano abierta y "1" el gesto de agarrar:

- **True Positives (TP):** Los casos en los que el modelo predijo correctamente el gesto de agarrar. En la matriz, hay 189 instancias en esta categoría (posición [1,1]).
- **True Negatives (TN):** Los casos en los que el modelo predijo correctamente el gesto de tener la mano abierta. En la matriz, hay 211 instancias en esta categoría (posición [0,0]).
- **False Positives (FP):** Los casos en los que el modelo predijo incorrectamente el gesto de agarrar cuando la mano estaba abierta. En la matriz, no hay instancias en esta categoría (posición [0,1]).
- **False Negatives (FN):** Los casos en los que el modelo predijo incorrectamente el gesto de tener la mano abierta cuando en realidad era el gesto de agarrar. En la matriz, hay 8 instancias en esta categoría (posición [1,0]).

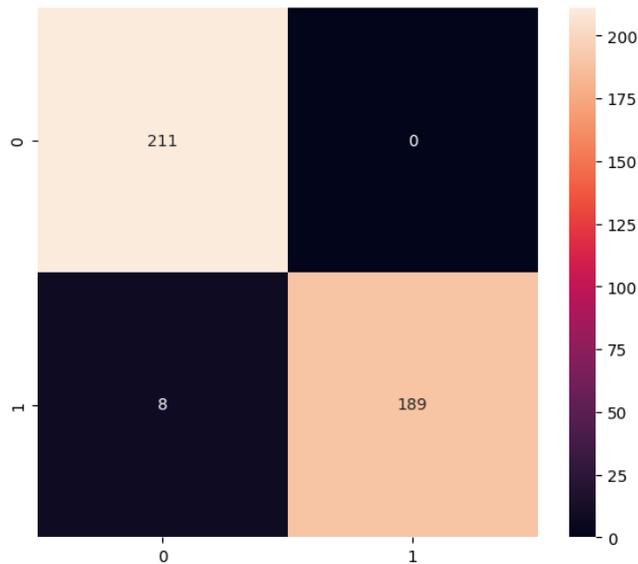


Figura 22. Matriz de confusión para el modelo del gesto agarrar.

En la Tabla 3 se puede observar que la precisión global del modelo es del 98%, lo que indica que el modelo es efectivo en la predicción tanto del gesto de tener la mano abierta como del gesto de agarrar.

Tabla 3. Reporte de clasificación para el modelo del gesto agarrar.

Clase	Precisión	Recall	F1-Score	Soporte
0	0.96	1.00	0.98	211
1	1.00	0.96	0.98	197
Total	0.98	0.98	0.98	408

Los resultados para el modelo del gesto pinza son los siguientes, en donde la clase “0” representa el gesto de tener la mano abierta y “1” el gesto pinza:

- **True Positives (TP):** Los casos en los que el modelo predijo correctamente el gesto de pinza. En la matriz, hay 197 instancias en esta categoría (posición [1,1]).
- **True Negatives (TN):** Los casos en los que el modelo predijo correctamente el gesto de tener la mano abierta. En la matriz, hay 190 instancias en esta categoría (posición [0,0]).
- **False Positives (FP):** Los casos en los que el modelo predijo incorrectamente el gesto de pinza cuando la mano estaba abierta. En la matriz, hay 21 instancias en esta categoría (posición [0,1]).

- **False Negatives (FN):** Los casos en los que el modelo predijo incorrectamente el gesto de tener la mano abierta cuando en realidad era el gesto de pinza. En la matriz, no hay instancias en esta categoría (posición [1,0]).

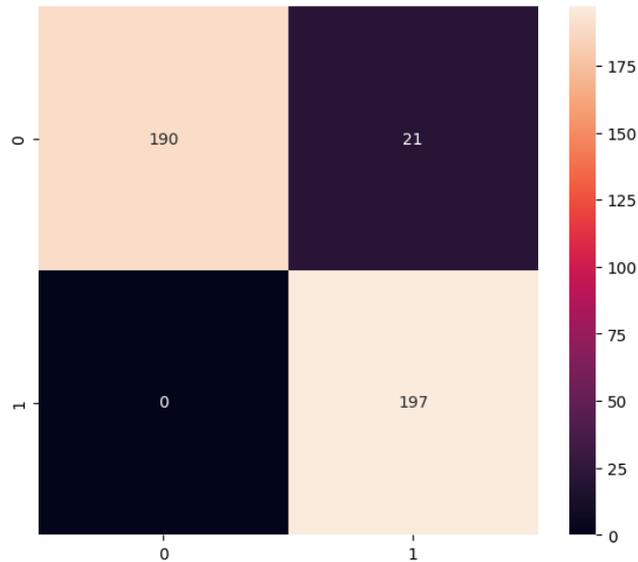


Figura 23. Matriz de confusión para el modelo del gesto pinza.

Como se muestra en la Tabla 4, la precisión para la clase 1 que corresponde al gesto de pinza es del 90% y la precisión para la clase cero es del 100%, estos resultados indican que el modelo es bastante efectivo en la predicción de los dos gestos, con una precisión general del 95%. Sin embargo, existe un margen de error en la clasificación del gesto de mano abierta como pinza, que puede ser considerado para futuras mejoras del modelo.

Tabla 4. Reporte de clasificación para el modelo del gesto pinza.

Clase	Precisión	Recall	F1-Score	Soporte
0	1.00	0.90	0.95	211
1	0.90	1.00	0.95	197
Total	0.95	0.95	0.95	408

Adicionalmente, se prueba la correcta predicción del modelo cargando los modelos en la aplicación Hand Gesture Recognition y realizando los gestos con la mano, observando el gesto que el modelo reconoce a través de la etiqueta que muestra la aplicación.

Como se muestra en la Figura 24, al cargar el modelo que reconoce el gesto de "agarrar" y colocar la mano abierta frente a la cámara web, el programa indica que se está realizando el gesto de "mano abierta" al mostrar la etiqueta "OPEN". En la Figura 25, al realizar el gesto de "agarrar", el modelo predice correctamente y la etiqueta cambia a "CATCH".

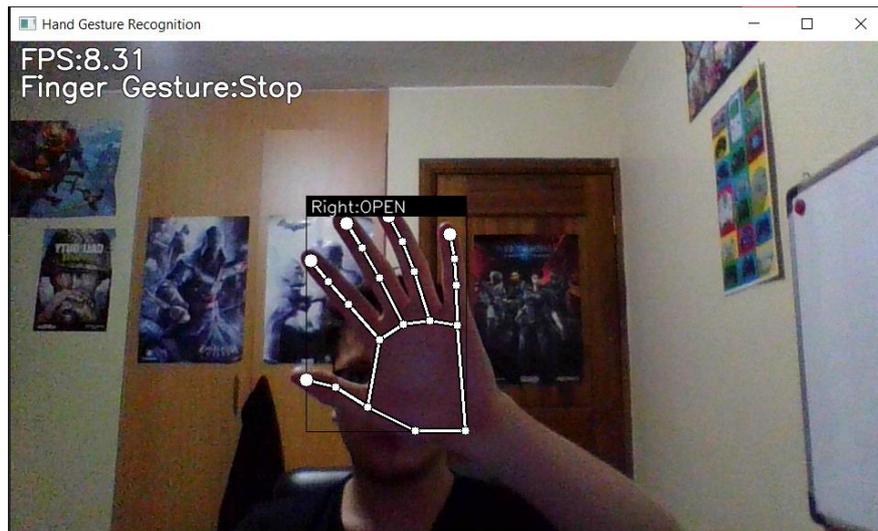


Figura 24. Gesto de mano abierta ejecutando el programa Hand Gesture Recognition con el modelo que reconoce el gesto agarrar.

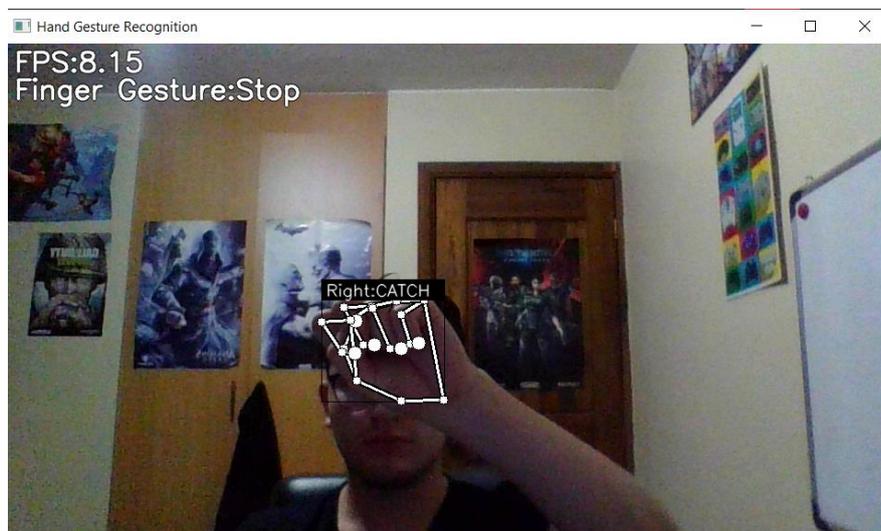


Figura 25. Gesto agarrar ejecutando el programa Hand Gesture Recognition con el modelo que reconoce el gesto agarrar.

Por otro lado, al cargar el modelo que reconoce el gesto de "pinza" en la aplicación y realizar el gesto frente a la cámara web, como se muestra en la Figura 26, el programa indica la etiqueta "NIP", lo cual confirma una correcta predicción del gesto.

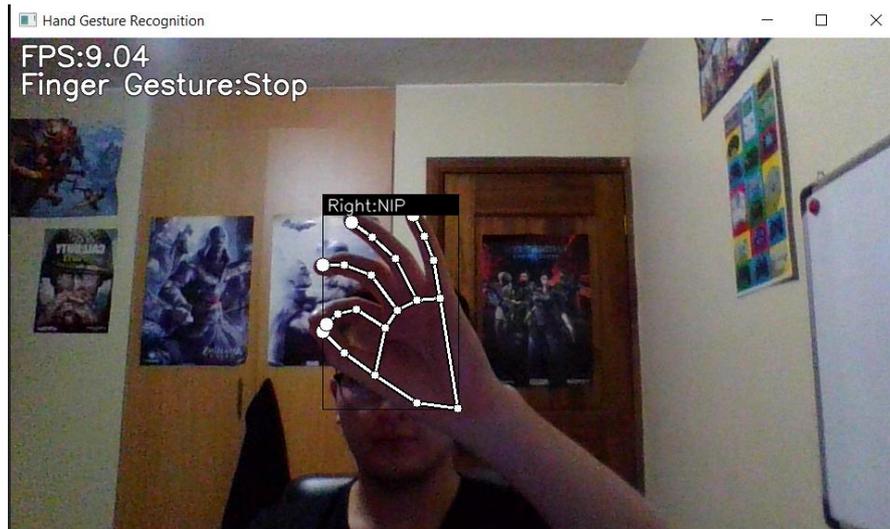


Figura 26. Gesto pinza ejecutando el programa Hand Gesture Recognition con el modelo que reconoce el gesto pinza.

Desarrollo de la aplicación y juego serio

En esta sección se describe el proceso de integración de los modelos en la interfaz "body as interface" desarrollada en Python, la cual se encarga de realizar clics según los gestos reconocidos por los modelos. También se aborda el desarrollo del programa en Godot, que incluye los menús y funcionalidades esenciales para la configuración del clic, el manejo de perfiles y la implementación del juego serio.

Para lograr que los gestos reconocidos por los modelos ejecuten las acciones deseadas, se desarrolló la interfaz "body as interface", un programa desarrollado en Python. Este programa carga los modelos entrenados y utiliza la biblioteca MediaPipe para detectar los puntos clave de la mano en tiempo real. A continuación, se describe el flujo del programa:

1. **Carga del modelo:** El programa carga el modelo entrenado para reconocer los gestos de la mano desde un archivo .keras, según un número de índice. El índice 0 indica que se carga el modelo que reconoce el gesto de "agarrar", y el índice 1 indica que se carga el modelo que reconoce el gesto de "pinza". Este índice es parte de la configuración de cada perfil y puede ser modificado desde la aplicación de Godot.
2. **Captura del video en tiempo real:** Utilizando la librería OpenCV, el programa accede a la cámara web del computador y permite obtener cada fotograma del video.
3. **Detección de puntos clave:** Se utiliza la librería MediaPipe para detectar los puntos clave y sus coordenadas en cada fotograma del video.

4. **Procesamiento de puntos clave:** Las coordenadas obtenidas de los puntos clave pasan por un proceso que las convierte en coordenadas relativas. Estas coordenadas se transforman en una lista unidimensional que finalmente se normaliza con respecto al valor máximo de la lista.
5. **Predicción del gesto:** La lista de coordenadas de los puntos clave procesadas es enviada al modelo, el cual predice el gesto realizado y retorna el valor 0 o 1. Si se obtiene el valor 0, indica que el gesto realizado es el de “mano abierta”, y si se obtiene el valor 1, indica que se está realizando el gesto correspondiente (“agarrar” o “pinza”), según el modelo cargado.
6. **Ejecución del clic:** Según la predicción del gesto, se utiliza la librería PyAutoGUI para realizar el clic. Si el modelo devuelve el valor 1 y no se está realizando un clic, se ejecuta la acción de realizar el clic izquierdo y mantenerlo hasta que el modelo devuelva el valor 0, lo cual ejecuta la acción de soltar el clic izquierdo, completando así el clic izquierdo con éxito.

El desarrollo del programa en Godot se centra en crear una aplicación interactiva que permita a cada terapeuta crear su cuenta y acceder a la misma, así como crear y administrar el perfil de cada niño. Para cada perfil, se pueden realizar configuraciones personalizadas de la aplicación y del clic según las preferencias y necesidades del niño. Además, la aplicación incluye el juego serio que permite al niño practicar y familiarizarse con el uso de la interfaz, específicamente con la realización del clic.

En el desarrollo del prototipo de alta fidelidad se toma en cuenta la inclusión de heurísticas de usabilidad, la implementación de cada una de detalla en el ANEXO III . A continuación, se detallan los módulos creados para el desarrollo del componente.

Gestión de perfiles

Este módulo permite a los terapeutas crear, editar y eliminar perfiles de los niños. Cada perfil contiene información esencial del niño, lo que permite personalizar las configuraciones y seguir su progreso de manera individual.

Al iniciar sesión por primera vez en la aplicación, como se muestra en la Figura 27, se solicita la creación del primer perfil. La información que se almacena inicialmente para cada perfil es el nombre y apellido del niño y una imagen de perfil, la cual puede ser una de las 8 predeterminadas o si así se desea se puede selección la opción que le permite seleccionar una imagen desde el ordenador.



Figura 27. Interfaz de creación de primer perfil.

Después de creado el primer perfil, se redirecciona al menú de perfiles, en esta interfaz se listan todos los perfiles que se han creado en la cuenta y se permite la creación de nuevos perfiles, la edición o eliminación de cada uno. En el ANEXO VI

Configuraciones de la aplicación

En este módulo, los terapeutas pueden realizar configuraciones generales de la aplicación, como seleccionar el modo de pantalla y ajustar los sonidos y la música.

En la Figura 28, se muestra el menú de configuraciones de la aplicación. Esta interfaz proporciona acceso a diversas opciones de configuración: configuración general, configuración del cursor y configuración del clic. Además, se muestra la imagen y el nombre del perfil actualmente seleccionado, así como un botón que redirige a la edición del perfil.



Figura 28. Menú de configuraciones de la aplicación.

Al acceder a la configuración general, se muestra la interfaz de la Figura 29. En esta interfaz, se pueden establecer configuraciones que afectan a toda la aplicación, incluyendo:

- **Modo de pantalla:** Permite seleccionar entre ventana y pantalla completa.
- **Configuración de sonido:** Permite aumentar o disminuir el sonido general de toda la aplicación o ajustar específicamente la música y los efectos de sonido.

Estas configuraciones se integran en la configuración específica de cada perfil. De este modo, al seleccionar un perfil, la configuración correspondiente se carga automáticamente, manteniendo la consistencia cada vez que se utiliza la aplicación con un determinado perfil.



Figura 29. Interfaz de configuraciones generales de la aplicación.

Configuración del clic

En este módulo, los terapeutas pueden seleccionar el gesto que deseen utilizar para realizar el clic (agarrar o pinza). Como se muestra en la Figura 30, en el panel izquierdo se presentan los dos gestos disponibles, cada uno con una animación ejemplificadora para que tanto terapeutas como niños puedan ver cómo debe ejecutarse el gesto.

El gesto seleccionado se integra en la configuración del perfil, almacenándose individualmente para cada uno y cargándose automáticamente según el perfil seleccionado



Figura 30. Interfaz de configuración del clic en la aplicación.

Se incluye un botón informativo que, al ser presionado, despliega un panel con información adicional sobre la configuración que se está realizando, como se muestra en la Figura 31.

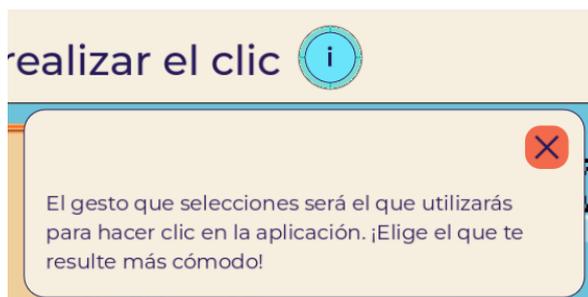


Figura 31. Panel informativo de la interfaz de configuración del clic.

Adicionalmente, se incorpora un juego de prueba, donde se puede evaluar el funcionamiento del gesto seleccionado para realizar el clic. Este juego es una muestra del juego serio implementado, en el que se practican las mecánicas de tomar el animal y arrastrarlo hacia su respectiva sombra, además de recoger su comida, como se ilustra en la Figura 30.

Juego serio clic

El juego desarrollado incluye 6 niveles, cada uno tematizado con un bioma o paisaje diferente, con animales correspondientes al bioma y música infantil temática. En la Figura 32 se muestra el menú de niveles con todos los niveles. Inicialmente, solo el nivel uno está desbloqueado, y a medida que se completan los niveles, se desbloquean los siguientes.



Figura 32. Menú de niveles del juego clic.

Para avanzar en cada nivel, se debe arrastrar y soltar a cada animal en su correspondiente sombra. Cuando todos los animales han sido colocados correctamente, el nivel se completa. Adicionalmente, se incluyen las mecánicas y elementos de gamificación presentados en la Tabla 2. Para brindar más información al usuario sobre las mecánicas del juego, se incluye un botón de información en la esquina superior derecha, como se muestra en las Figura 32 y Figura 33. Al presionar este botón, se despliega una guía sobre el juego, la cual se puede observar en el ANEXO VIII . En el ANEXO VII también se pueden ver capturas de todos los niveles creados.



Figura 33. Niveles 2 y 6 del juego clic.

Una característica destacable del juego serio desarrollado es que, al completar cada nivel, se despliega un panel indicando el puntaje obtenido a través de estrellas y el tiempo que tomó completar el nivel, como se muestra en la Figura 34. Esta información es relevante, ya que, adicionalmente, se registra la cantidad de errores cometidos, la fecha y la hora. Toda esta información se almacena y se envía a la API desarrollada como parte del componente complementario. Esta información se utiliza para generar estadísticas que se muestran en la página web.



Figura 34. Información del nivel al ser completado en el juego clic.

Desarrollo de la página web

La página web propuesta en los objetivos del presente componente fue desarrollada utilizando React JS junto con Vite, aprovechando los componentes de Material UI para el diseño de la interfaz y la librería Charts de Google para la visualización de datos gráficos. La página web se comunica con la API desarrollada en el componente complementario del proyecto, permitiendo a los usuarios iniciar sesión con la misma cuenta creada en la aplicación y acceder a los perfiles asociados a dicha cuenta.

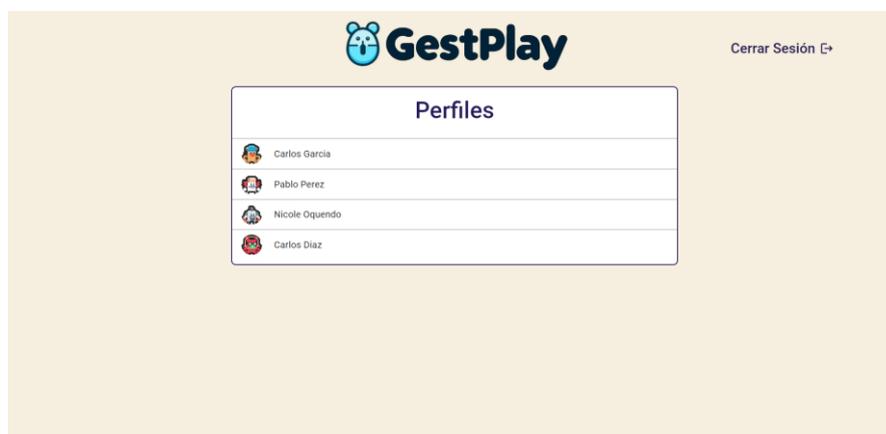


Figura 35. Lista de perfiles en la página web.

Al iniciar sesión en la página web, se muestra la lista de perfiles creados con esa cuenta, como se observa en la Figura 35. Al seleccionar un perfil, se muestra la información almacenada sobre el rendimiento en los niveles de los juegos. Los usuarios tienen la opción de filtrar la información por tipo de juego (Cursor o Clic) y pueden ver estadísticas generales de todos los niveles o estadísticas específicas de cada nivel. A continuación, se detalla el contenido de las estadísticas generales y las estadísticas por nivel:

Estadísticas generales de todos los niveles

Las estadísticas generales se presentan en una tabla con las siguientes columnas:

- **Fecha:** Indica la fecha y hora en la que se completó el nivel.
- **Nivel:** Indica el nivel al que pertenece el intento.
- **Errores:** Indica la cantidad de errores cometidos durante ese intento.
- **Tiempo:** Indica el tiempo en segundos transcurrido desde que inició el nivel hasta que se completó.
- **Puntuación:** Indica la puntuación obtenida.
- **Estrellas:** Indica la puntuación obtenida en forma de estrellas.

Debajo de la tabla, se muestran las siguientes gráficas:

1. Gráfica de barras de errores promedio por nivel.
2. Gráfica de barras de puntuación promedio por nivel.
3. Gráfico de pastel de errores totales por nivel.
4. Gráfica del tiempo promedio para completar el nivel, filtrada por fecha y nivel.

Estadísticas específicas por nivel

Para las estadísticas específicas por nivel, se presenta la misma tabla mencionada anteriormente, junto con tres gráficas adicionales:

1. Gráfica de línea del tiempo transcurrido para completar el nivel por fecha.
2. Gráfica de línea de la puntuación obtenida en el nivel por fecha.
3. Diagrama de dispersión que muestra la puntuación obtenida en el nivel en función del tiempo.

En el ANEXO IX se puede observar las interfaces con las estadísticas mencionadas.

A continuación, se enlistan las funcionalidades que posee la página web:

- **Inicio de sesión:** Permite a los terapeutas iniciar sesión con la misma cuenta creada en la aplicación.
- **Gestión de perfiles:** Lista todos los perfiles creados en la cuenta y permite seleccionar uno para ver las estadísticas sobre su rendimiento en los juegos.
- **Filtrado de estadísticas:** Permite seleccionar el tipo de juego (Cursor o Clic) y visualizar estadísticas generales o específicas por nivel.
- **Verificación y activación de cuenta:** Tras el registro en la aplicación, se envía un correo electrónico con un enlace que redirige a la página web para verificar y activar la cuenta.

En el ANEXO X se encuentran capturas de pantalla de todas las funcionalidades mencionadas.

2.8 Evaluación

En esta sección, se detallan las evaluaciones realizadas para verificar que el producto cumpla con los objetivos planteados y posea un nivel de calidad aceptable. Estas evaluaciones se llevaron a cabo con la participación de usuarios y expertos, utilizando métodos de pruebas de usabilidad y experiencia de usuario. Las evaluaciones se centraron en medir la usabilidad, la satisfacción del usuario y la identificación de problemas de usabilidad, con el fin de encontrar posibles mejoras en el producto.

El desarrollo de esta sección se enfoca en la última evaluación realizada sobre el prototipo de alta fidelidad descrito en la sección anterior. La evaluación se llevó a cabo con 25 estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, todos ellos capacitados en evaluación de usabilidad y experiencia de usuario, y con potencial para ser usuarios de la aplicación. El lugar donde se realizó la evaluación fue un laboratorio de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, equipado con computadoras, a las cuales, previo al inicio de la evaluación, se les instaló la aplicación a evaluar.

Herramientas de evaluación

- **Google forms:** Utilizado para crear y distribuir los cuestionarios de evaluación. Esta plataforma facilitó la recopilación de los datos obtenidos.
- **Cuestionario SUS:** Un cuestionario estándar para evaluar la usabilidad, compuesto por 10 preguntas de opción múltiple que miden diferentes aspectos de

la usabilidad del componente. Para realizar la medición se usa la escala de Likert, que se describe en la Tabla 5, la cual permite que los evaluadores expresen su nivel de acuerdo o desacuerdo con las preguntas planteadas.

- **Cuestionario de evaluación heurística de juegos:** Un cuestionario de 26 preguntas diseñado para identificar problemas de usabilidad específicos de juegos serios, clasificándolos por su grado de severidad. La escala de severidad que se utiliza se divide en 5 niveles, los cuales se encuentran descritos en la Tabla 6.

Tabla 5. Escala de Likert.

Opción de respuesta	Valor
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Neutro	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Tabla 6. Escala de severidad para la evaluación heurística de juegos.

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

Proceso de evaluación

El proceso de evaluación consistió en una serie de tareas específicas que los participantes debían completar usando la aplicación y página web. Estas tareas estaban diseñadas para cubrir las principales funcionalidades del componente y recoger datos relevantes sobre la experiencia del usuario.

El proceso de evaluación se desarrolló en varias fases:

- **Introducción y explicación:** Se explicó a los participantes el propósito de la evaluación y se les proporcionaron instrucciones detalladas.
- **Realización de tareas:** Los participantes completaron una serie de tareas predeterminadas, detalladas en la Tabla 7. Estas tareas incluían gestión de perfiles, configuración de sonido, modo de pantalla y clic, probar el juego clic e ingresar a la página web.
- **Cuestionarios:** Después de completar las tareas, los participantes respondieron el cuestionario SUS (System Usability Scale) y el cuestionario de evaluación heurística de juegos. En el ANEXO XVII se presenta el cuestionario respondido por los participantes.
- **Observación:** Durante la realización de las tareas, se realizaron observaciones sobre el comportamiento de los usuarios y se solventaron problemas y dudas que se generaron en el proceso.

Tabla 7. Tareas definidas para la evaluación.

Tarea	Tiempo (minutos)	Subtarea	Nombre de la escena
T1. Crear un nuevo perfil	5		Creación de perfil
T2. Editar un perfil	5		Edición de perfil
T3. Eliminar un perfil	2		Menú de perfiles
T4. Configurar el sonido y el modo de pantalla	5	Ingresar al menú de configuraciones generales	Configuraciones generales
		Cambiar el modo de pantalla	
		Cambiar la configuración de sonido	
T5. Cambiar el gesto del clic y probarlo	10	Ingresar a la configuración de clic	Configuración Clic
		Cambiar el gesto del clic	
	20	Ingresar al menú de juegos	Menú de juegos, Niveles Clic, Juegos Clic

Tarea	Tiempo (minutos)	Subtarea	Nombre de la escena
T6. Jugar los juegos del juego Clic		Ingresar a juego Clic	
		Seleccionar algún nivel	
		Jugar los niveles	
T7. Ingresar a la sección de reportes	10	Abrir la página de reportes	Login reportes, Lista de perfiles, Estadísticas de perfil
		Iniciar sesión en la página de reportes	
		Seleccionar un perfil	
		Visualizar las estadísticas generadas para el perfil	
		Cerrar sesión	
Total	57		

En el ANEXO XI se pueden observar fotografías capturadas durante la evaluación.

2.9 Producto final

Finalmente se presenta el producto final que ha sido desarrollado, probado y mejorado a lo largo de las etapas previas del proyecto. Los problemas y recomendaciones identificados en la etapa de evaluación no han sido implementados en su totalidad ya que la mayoría han quedado fuera del alcance y la planificación inicial del proyecto. Sin embargo, se pueden tomar en cuenta para futuras actualizaciones y mejoras del producto.

El producto final incluye la implementación completa de la interfaz “Body as interface” y el juego serio, así como la página web. Para el lanzamiento del producto final, se ha preparado la documentación para el despliegue de la página web, la cual se encuentra detallada junto con el código fuente en el repositorio del proyecto (ANEXO XII), la página web se despliega en los servidores de Ludolab. Por parte de la interfaz “Body as interface” y el juego serio, su código fuente se encuentra en el repositorio del proyecto (ANEXO XIII) y la aplicación ejecutable está disponible para su descarga en la página oficial de Ludolab (ANEXO XVIII).

Adicionalmente se redactó un manual de usuario que se encuentra en el ANEXO XIV , el cual detalla el uso de cada módulo implementado en el proyecto.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas durante la etapa de evaluación. Las respuestas obtenidas para los dos cuestionarios se encuentran en el ANEXO XV .

Resultados cuestionario SUS

En la Figura 36 se presenta la puntuación promedio obtenida para cada ítem de cuestionario SUS, el cual fue aplicado a un total de 25 participantes.

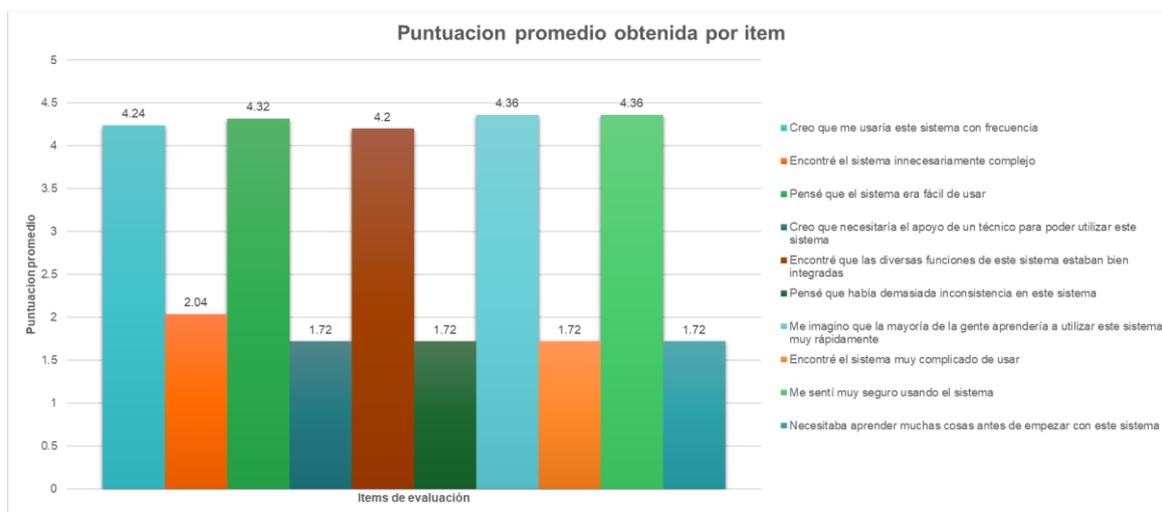


Figura 36. Puntuación promedio por cada ítem del cuestionario SUS.

Para obtener los resultados finales del SUS se suman las respuestas de los enunciados impares y al resultado se le resta 5, después sumar las respuestas de los enunciados pares y restar 25 a ese total, y por último sumar los dos resultados obtenidos y multiplicarlo por 2.5 [23]. Esta operación se aplica a los resultados del cuestionario de cada uno de los participantes, de esta manera obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultados del cuestionario SUS por cada participante y promedio.

Participante	Resultado SUS
Erick Pérez	80.0
Jeniffer Ichau	100
Madelyn Fernández	80.0
Allan Molina	75.0
Fernando Cárdenas	100
Sebastian Suarez	100
Matthew Guerrero	97.5
Pablo Arcos	97.5
Cesar duque	100
Jean Pierre Zambrano Zúñiga	47.5

Participante	Resultado SUS
Paola Aucapiña	77.5
Kevin Maldonado	52.5
Kevin Valle	72.5
Cristina Molina	75.0
Jair Sanchez	57.5
Geovanny Luna Ger	95.0
Paul Lora	87.5
Dylan Villarroel	82.5
Byron Carpio	85.0
Jefferson Toapanta	67.5
Nicolás Baquero	92.5
Diego Arias	77.5
Byron Marcelo Ortiz Pintado	90.0
Karen Guaña	92.5
Diego Suquillo	52.5
Promedio de evaluación	81.4

El puntaje promedio obtenido es de 81.4. En la escala SUS, un puntaje por encima de 68 se considera aceptable, lo que indica que el sistema tiene una buena usabilidad. El promedio obtenido indica que los participantes encontraron el sistema fácil de usar y estuvieron generalmente satisfechos con su experiencia.

Evaluación heurística de juegos serios

La evaluación heurística de juegos serios se llevó a cabo para identificar problemas específicos de usabilidad en el juego. Se utilizaron 26 preguntas basadas en heurísticas propias de juegos serios. En la Tabla 9 se presentan los resultados del conteo de respuestas según el nivel de severidad. De estos resultados se puede deducir que la mayoría de las respuestas se encuentran en los niveles de severidad 0 y 1, lo cual indica que no hay problemas graves de usabilidad.

Tabla 9. Cantidad de respuestas obtenidas por severidad.

Severidad	Descripción	Cantidad de respuestas
0	No es considerado, en su totalidad, un problema de usabilidad	388
1	Problema apenas estético: no necesita ser modificado, al menos que haya tiempo disponible.	209
2	Problema menor de usabilidad: la solución de ese problema deberá tener baja prioridad.	49
3	Problema mayor de usabilidad: es importante resolverlo, para eso deberá ser dado alta prioridad	3
4	Catástrofe	1
N/A	No aplica	0

Para identificar las áreas con problemas más severos se buscan las preguntas con respuestas en donde menos de la mitad de los participantes hayan respondido con severidad 0. Es decir, se analizan los ítems en donde se tenga menos de 13 respuestas

con severidad 0. En este caso, como se muestra en la Figura 37, tan solo en la pregunta 7 se obtiene este resultado.

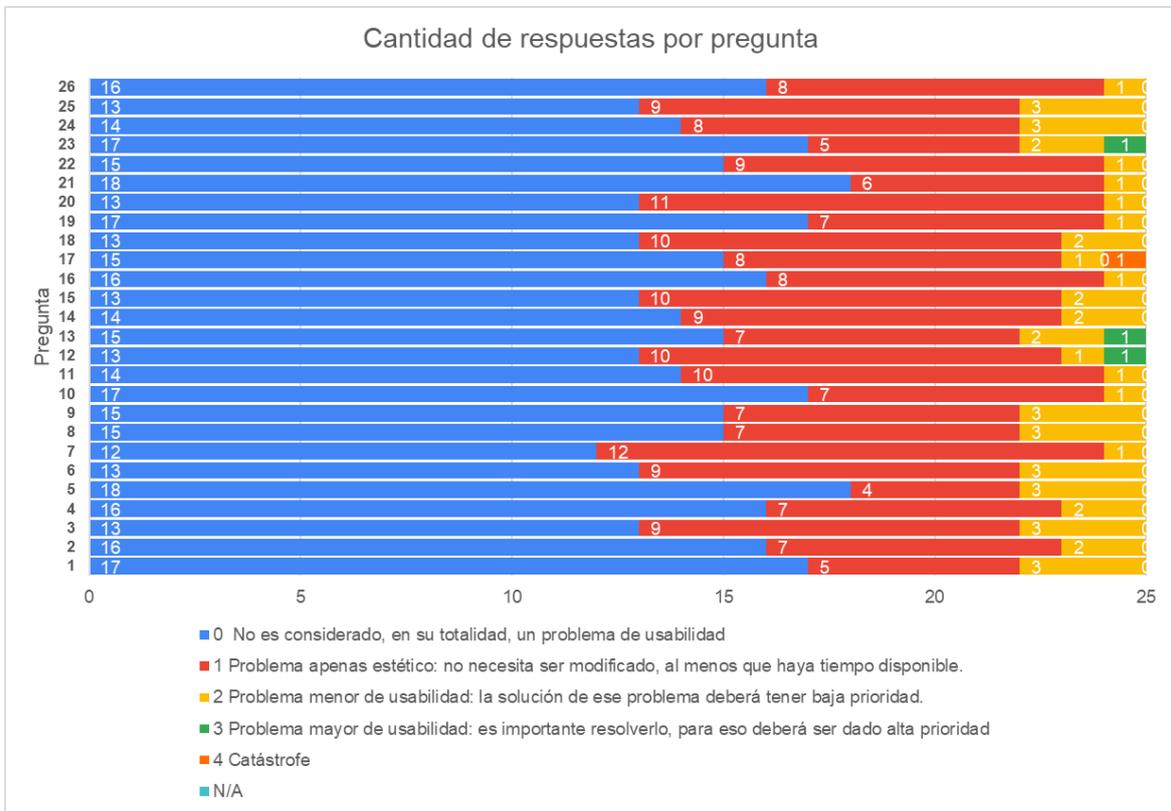


Figura 37. Conteo de respuestas por pregunta en la evaluación heurística de juegos.

A continuación, en la Tabla 10 se presentan los problemas encontrados tras la evaluación heurística, basándose en las categorías y heurísticas propuestas para la evaluación [9]. Adicionalmente, se añaden algunos problemas menores que podrían ser considerados para elevar la calidad del juego serio.

Tabla 10. Problemas encontrados después de la evaluación heurística de juegos.

Categoría	Subcategoría	Heurística	Retroalimentación
Arte / Estética de interfaz	Documentación / Tutorial	El jugador no necesita de documentación o un tutorial para poder jugar	Para los usuarios no quedó completamente claro el objetivo de recoger la comida con los animales, por lo cual se requiere indicarlo de una manera más explícita.
	Prevención de errores	Al iniciar el juego, el jugador tiene suficiente información para comenzar.	Para algunos usuarios al iniciar el juego no tenían claro todos los objetivos. Se podría considerar el iniciar automáticamente la guía al empezar el nivel 1.
Game play	Juego duradero	El juego es largo y duradero y	Se puede considerar la creación de más niveles, aumentar el número de animales a ser

Categoría	Subcategoría	Heurística	Retroalimentación
		mantiene el interés de los jugadores	colocados o crear nuevos modos de juegos como contrarreloj o un modo de generación automática de niveles.

A partir de los resultados obtenidos en las evaluaciones, se puede concluir que el sistema cumple con los objetivos de usabilidad y satisfacción del usuario en gran medida. Sin embargo, hay aspectos específicos que necesitan mejoras para alcanzar un nivel óptimo de calidad.

3.2 Conclusiones

- Al utilizar un enfoque centrado en el usuario, se ha logrado desarrollar el componente de clic de GestPlay que no solo cumple con los objetivos funcionales, sino que también ofrece una experiencia de usuario intuitiva y agradable, especialmente diseñada para niños con discapacidad psicomotriz. Esto se respalda con los resultados de las pruebas realizadas.
- El juego serio desarrollado no solo cumple con la funcionalidad de aplicar el mapeo del movimiento al clic izquierdo del ratón, sino que también proporciona un entorno lúdico y educativo que promueve el desarrollo de habilidades motoras en los niños. Los diferentes niveles y la mecánica de arrastrar y soltar con retroalimentación visual y sonora han sido diseñados para ser atractivos y motivadores para los usuarios.
- Al utilizar prototipos de baja fidelidad, se pudo identificar y resolver problemas potenciales en las primeras etapas del desarrollo, evitando rediseños posteriores. Además, estos prototipos nos ayudaron a comunicar de manera efectiva las ideas a los expertos e interesados, asegurando que todos estuvieran alineados en cuanto a la visión del producto.
- La implementación de la página web representa un paso adelante en la atención a niños con discapacidad psicomotriz. Esta herramienta proporciona a los terapeutas y tutores una plataforma intuitiva para monitorear el progreso de los niños de manera continua, identificar áreas de mejora y adaptar las terapias a las necesidades individuales de cada uno.
- La revisión literaria realizada fue fundamental para la definición de requisitos y sirvió como una valiosa fuente de inspiración para el diseño e implementación de funcionalidades. Este proceso permitió identificar las mejores prácticas y enfoques exitosos en el ámbito de los juegos serios y las interfaces "body as interface", lo que aseguró que el desarrollo del proyecto estuviera bien fundamentado en teorías y

estudios previos. Además, la revisión literaria ayudó a refinar las ideas y a alinear el proyecto con las necesidades reales de los usuarios, garantizando una solución más efectiva y adaptada a sus necesidades.

- A pesar de no establecer una colaboración directa con la Fundación San Juan de Jerusalén, la información obtenida a través de su representante fue de gran valor para el desarrollo del presente componente. Los conocimientos adquiridos permitieron refinar las ideas originales y detectar nuevas necesidades que fueron incorporadas en la implementación final.
- La implementación de Kanban, sumada al Modelo de Ciclo de Vida de Diseño de Interacción Simple, permitió una gestión de tareas altamente visual y accesible para todo el equipo. Este enfoque ágil permitió una rápida respuesta a las nuevas necesidades y mejoras, garantizando que el producto final se adaptara a las demandas cambiantes.
- Mediante la aplicación de heurísticas de usabilidad y la posterior evaluación de la experiencia del usuario, se pudo medir el grado de satisfacción de los usuarios con el producto desarrollado. Los resultados obtenidos permitieron identificar aquellas funciones que requieren mayor atención y mejoras, con el objetivo de asegurar un nivel de calidad satisfactorio y optimizar la experiencia del usuario.

3.3 Recomendaciones

- Es fundamental gestionar de manera proactiva los riesgos que puedan surgir durante el desarrollo y la implementación del proyecto, especialmente cuando se depende de entidades externas para recopilar requisitos o validar lo implementado. Se recomienda establecer acuerdos claros y cronogramas detallados con dichas entidades, además de contar con planes de contingencia para minimizar cualquier impacto negativo en el progreso del proyecto debido a posibles retrasos o cambios en la disponibilidad de los colaboradores externos.
- Explorar la inclusión de nuevas modalidades terapéuticas basadas en el movimiento y el control corporal, para ampliar el alcance y la efectividad del sistema. Integrar ejercicios y actividades que aborden diversas áreas de desarrollo motor y cognitivo puede hacer que el sistema sea más integral.
- Para lograr una mayor personalización de la experiencia de juego de los niños, sería necesario implementar nuevos módulos que permitan configurar el funcionamiento y las mecánicas del juego serio. De esta manera, según las necesidades y el

desenvolvimiento del niño dentro del juego y el uso de la interfaz, los terapeutas podrán personalizar la dificultad, los objetivos y las mecánicas del juego.

- El alcance de este proyecto podría extenderse al reconocimiento y mapeo de otras partes del cuerpo, como la cabeza o los pies, ofreciendo así mayores alternativas que podrían ser utilizadas según la discapacidad y las necesidades de cada usuario.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. W. Bates, “9.2 Juegos serios y gamificación – Enseñar en la Era Digital (tercera Edición – Spanish)”. Consultado: el 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://pressbooks.pub/teachinginadigitalagev3spanish/chapter/9-2-a-tecnologias-emergentes-juegos-serios-y-gamificacion/>
- [2] M. Ma y K. Bechkoum, “Serious games for movement therapy after stroke”, *Conf Proc IEEE Int Conf Syst Man Cybern*, pp. 1872–1877, 2008, doi: 10.1109/ICSMC.2008.4811562.
- [3] B. Bonnechère, *Serious Games in Physical Rehabilitation: from theory to practice*. 2018. doi: 10.1007/978-3-319-66122-3.
- [4] T. Chehayeb, “Body as Interface”, Scott Logic. Consultado: el 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.scottlogic.com/2016/05/25/Body-as-Interface.html>
- [5] M. Betke, J. Gips, y P. Fleming, “The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities”, *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, vol. 10, núm. 1, pp. 1–10, 2002, doi: 10.1109/TNSRE.2002.1021581.
- [6] B. Page, “Kinect, un accesorio para jugar que se ha convertido en herramienta para artistas”, La Vanguardia. Consultado: el 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20190428/461843755133/kinect-accesorio-jugar-convertido-herramienta-artistas.html>
- [7] G. Pomares, “¿Por qué usar sensor Kinect en rehabilitación?”, Rehametrics. Consultado: el 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://rehametrics.com/sensor-kinect-rehabilitacion/>

- [8] UserTesting, "Introduction to Game UX and Design | Gaming User Experience", UserTesting. Consultado: el 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.usertesting.com/blog/game-ux-design>
- [9] L. Bernal, "Propuesta de un instrumento de evaluación de usabilidad para juegos serios", Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2021.
- [10] J. Arias Del Prado, "Medir con el sistema de escala de usabilidad (SUS) - UXABLES | Blog", UXABLES.COM. Consultado: el 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.uxables.com/investigacion-ux/medir-con-el-sistema-de-escala-de-usabilidad-sus/>
- [11] P. Lobato, "¿Qué es la Gamificación? | Smartmind", Smartmind. Consultado: el 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.smartmind.net/blog/que-es-la-gamificacion/>
- [12] O. Borrás Gené, "Fundamentos de la gamificación Universidad Politécnica de Madrid Autor: Oriol Borrás Gené", Madrid, jun. 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.flickr.com/photos/89458386@N07/16124943257>
- [13] H. Sharp, Y. Rogers, y J. Preece, *Interaction design: Beyond human-computer interaction*, Fifth Edition. Indiana: John Wiley & Sons, Inc., 2019.
- [14] L. Gilibets, "Qué es la metodología Kanban y cómo utilizarla", *Thinking for Innovation*, ene. 2023, Consultado: el 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iebschool.com/blog/metodologia-kanban-agile-scrum/>
- [15] Kanban University, *La Guía Oficial de Método Kanban*. Houston: Mauvius Group, 2024.
- [16] M. Rehkopf, "Kanban", Atlassian. Consultado: el 28 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.atlassian.com/es/agile/kanban>
- [17] S. Brown, "The C4 model for visualising software architecture", C4 Model. Consultado: el 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://c4model.com/>
- [18] Fundación San Juan de Jerusalén, "Fundación Centro San Juan de Jerusalén | Ayuda Social - Ecuador". Consultado: el 27 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sjerusalen.org/es/>
- [19] C. S. González-González, P. A. Toledo-Delgado, V. Muñoz-Cruz, y P. V. Torres-Carrion, "Serious games for rehabilitation: Gestural interaction in personalized

gamified exercises through a recommender system”, *J Biomed Inform*, vol. 97, p. 103266, sep. 2019, doi: 10.1016/J.JBI.2019.103266.

- [20] Physiopedia contributors, “Gaming Technology in Neurological Rehabilitation - Physiopedia”, Physiopedia. Consultado: el 19 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.physio-pedia.com/Gaming_Technology_in_Neurological_Rehabilitation#editors
- [21] F. Gonzales, “Vision Pro de Apple”, inBest. Consultado: el 19 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.inbest.cloud/comunidad/apple-vision-pro-que-es-y-para-que-sirve>
- [22] Miro, “Moodboard: Qué es, cómo hacerlo y ejemplos | Miro”, Miro. Consultado: el 20 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://miro.com/es/moodboard/que-es-moodboard/>
- [23] C. Busquets, “Cómo medir la usabilidad con un SUS — uiFromMars”, ui for mars. Consultado: el 25 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.uifrommars.com/como-medir-usabilidad-que-es-sus/>

5 ANEXOS

ANEXO I Herramientas de desarrollo

Categoría	Nombre	Logo	Uso
Assets y multimedia	Itch.io		Se ha utilizado esta página web para adquirir y gestionar assets gráfico y sonoros.
	Copilot Designer		Herramienta asistida por inteligencia artificial para crear contenido multimedia. Se ha utilizado para generar elementos visuales del juego.
	Adobe FireFly		Herramienta de IA generativa para la creación de imágenes. Se ha utilizado para la creación de elementos gráficos como las escenas de los niveles del juego serio.
Prototipado y diseño	Figma		Herramienta de diseño, se ha utilizado para diseñar y crear los prototipos del juego y la página web.
	Gimp		Aplicación gratuita para la edición de imágenes. Se ha empleado para la edición y manipulación de gráficos.
	DaVinci Resolve		Software de edición de video. Ha sido utilizado para editar el video de los gestos para el clic que son incluidos en la configuración.
	Canva		Herramienta de diseño y creación de material visual. Se ha utilizado para la edición de imágenes y creación del manual de usuario.
Lenguajes de programación	Python		Lenguaje de programación de alto nivel. Se ha utilizado para desarrollo la interfaz "Body as Interface".

Categoría	Nombre	Logo	Uso
	GScript	 GDScript	Lenguaje de programación específico de Godot. Se ha utilizado para desarrollar la lógica y las mecánicas del juego serio.
	JavaScript		Lenguaje de programación que se ha utilizado junto con ReactJS para construir la interfaz de usuario de la página web.
Herramientas, frameworks y librerías de desarrollo	VSCoDe		Editor de código, que ha sido usado como herramienta principal la escritura y edición del código fuente.
	Godot		Motor de juegos, que se ha usado para desarrollar el juego serio.
	PyCharm		IDE especializado en Python. Ha sido utilizado para el desarrollo de la interfaz "Body as Interface".
	ReactJS		Librería para el desarrollo de interfaces gráficas. Se ha utilizado para desarrollar la página web.
	OpenCV		Biblioteca de programación para visión por computadora. Se ha utilizado para el procesamiento de imágenes.
	MediaPipe		Biblioteca de Python para el reconocimiento de manos. Se ha usado para la detección de manos y reconocimiento de gestos.
	PyAutogui		Biblioteca de Python para la automatización del control de mouse y teclado. Se ha utilizado para realiza la acción del clic izquierdo al reconocer el gesto correspondiente.
	TensorFlow		Biblioteca para el aprendizaje automático. Se ha utilizado para entrenar y ejecutar los modelos que reconocen los gestos.

Categoría	Nombre	Logo	Uso
	Google Charts		Se ha utilizado para mostrar estadísticas y resultados del progreso de los usuarios en la página web.
	Material UI		Biblioteca de componentes para React. Ha sido utilizada para construir la interfaz de usuario de la página web.
	TanStack Query		Es una biblioteca para la gestión de datos en aplicaciones de React. Se ha utilizado para manejar el estado y las consultas en la página web.
Gestión	Notion		Herramienta de productividad y colaboración. Se ha utilizado con plantillas Kanban que permiten la gestión del proyecto.
Versionamiento y almacenamiento de código	Git		Sistema de control de versiones. Se ha utilizado para versionar y colaborar en el desarrollo de código del proyecto.
	GitHub		Ha sido el repositorio principal para almacenar y colaborar en el desarrollo del proyecto.
Encuestas y recopilación de datos	Google Forms		Herramienta para la creación de encuestas y formularios. Se ha utilizado para recopilar las respuestas y comentarios de los participantes de las etapas de evaluación.

ANEXO II Requerimientos

Historias de usuario épicas:

ID	HU-001
Título	Realización de clic mediante gestos
Descripción	Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero realizar clics en la computadora mediante gestos específicos, para poder interactuar con juegos y aplicaciones de manera accesible.

ID	HU-002
Título	Juego serio de arrastrar y soltar animales
Descripción	Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero jugar un juego de arrastrar y soltar donde debo colocar animales en sus sombras correspondientes, para mejorar mis habilidades motoras de una manera divertida.

ID	HU-003
Título	Gestión de perfiles de usuarios
Descripción	Como terapeuta, quiero gestionar perfiles de usuario para cada niño, para poder personalizar su experiencia y seguir su progreso.

ID	HU-004
Título	Configuración de sonido y modo de pantalla
Descripción	Como terapeuta, quiero configurar el sonido y el modo de pantalla del juego, para ajustar la experiencia de juego según las necesidades de cada niño.

ID	HU-005
Título	Configuración de gestos para realizar clic
Descripción	Como terapeuta, quiero configurar qué gesto utilizará el niño para realizar clics, para adaptarlo a sus capacidades y necesidades específicas.

ID	HU-006
Título	Página web para visualización de estadísticas
Descripción	Como terapeuta, quiero acceder a una página web donde pueda observar las estadísticas generadas para cada perfil de niño, para poder monitorear su progreso y ajustar las terapias según sea necesario.

Historias de usuario / Backlog del tablero Kanban del componente:

ID	HU-001a
Título	Implementación de clic mediante gestos
Prioridad	Alta
Descripción	Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero realizar clics en la computadora mediante gestos específicos.
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> La interfaz debe permitir realizar clics mediante un gesto específico, capturado por la cámara web.

	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema debe ser capaz de reconocer correctamente el gesto configurado en al menos el 90% de las veces.
--	--

ID	HU-001b
Título	Configuración de gestos para realizar clic
Prioridad	Alta
Descripción	Como terapeuta, quiero configurar qué gesto utilizará el niño para realizar clics.
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación debe permitir seleccionar entre diferentes gestos predefinidos. • Debe haber una opción para probar el gesto configurado antes de guardarlo. • Los cambios en la configuración deben reflejarse inmediatamente en el sistema.

ID	HU-002a
Título	Implementación del juego de arrastrar y soltar animales
Prioridad	Alta
Descripción	Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero jugar un juego de arrastrar y soltar donde debo colocar animales en sus sombras correspondientes.
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • El juego debe tener diferentes niveles con biomas y paisajes temáticos. • Los animales deben poder ser arrastrados y soltados en sus sombras correspondientes. • Debe haber retroalimentación visual (contorno verde/rojo) al colocar un animal en su sombra correcta/incorrecta. • Debe haber animaciones cuando los animales son colocados correctamente. • Deben contabilizarse y mostrarse puntos y estrellas obtenidos por completar niveles y recolectar comida.

ID	HU-002b
Título	Progreso y desbloqueo de niveles
Prioridad	Media
Descripción	Como niño con discapacidad psicomotriz, quiero progresar y desbloquear niveles en el juego de arrastrar y soltar.

Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Al completar un nivel, el siguiente nivel debe desbloquearse. • El progreso debe guardarse automáticamente. • Debe mostrarse un cuadro de resumen al finalizar cada nivel con las estrellas obtenidas y el tiempo transcurrido.
-------------------------	---

ID	HU-003a
Título	Creación y gestión de perfiles de usuario
Prioridad	Alta
Descripción	Como terapeuta, quiero gestionar perfiles de usuario para cada niño.
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Debe haber una opción para crear, editar y eliminar perfiles de usuario. • Cada perfil debe incluir información básica del niño. • Los datos de progreso y estadísticas deben asociarse a cada perfil individual.

ID	HU-004a
Título	Configuración del sonido del juego
Prioridad	Media
Descripción	Como terapeuta, quiero configurar el sonido del juego.
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Debe haber opciones para ajustar el volumen del sonido y de la música. • Debe haber una opción para activar/desactivar efectos de sonido y música.

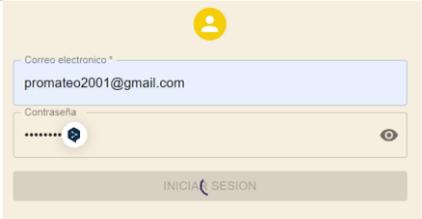
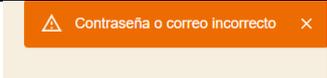
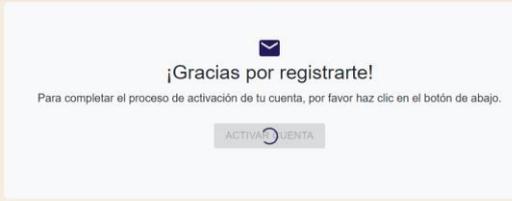
ID	HU-003b
Título	Configuración del modo de pantalla
Prioridad	Baja
Descripción	Como terapeuta, quiero configurar el modo de pantalla del juego.
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Debe haber opciones para cambiar entre modo ventana y pantalla completa

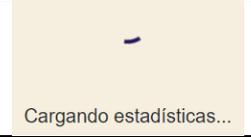
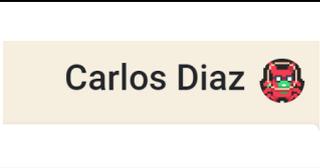
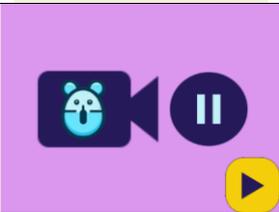
ID	HU-005a
Título	Implementación de la configuración de gestos
Prioridad	Alta

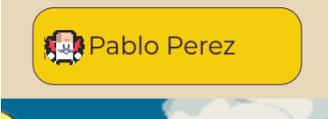
Descripción	Como terapeuta, quiero configurar qué gesto utilizará el niño para realizar clics.
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación debe permitir seleccionar entre diferentes gestos predefinidos. • Debe haber una opción para probar el gesto configurado antes de guardarlo. • Los cambios en la configuración deben reflejarse inmediatamente en el sistema.

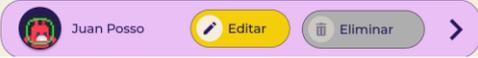
ID	HU-006a
Título	Implementación de la página web de estadísticas
Prioridad	Alta
Descripción	Como terapeuta, quiero acceder a una página web donde pueda observar las estadísticas generadas para cada perfil de niño.
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • La página web debe mostrar estadísticas detalladas de cada perfil de usuario (progreso, niveles completados, puntos obtenidos). • Debe haber gráficos y tablas que representen visualmente el progreso del niño.

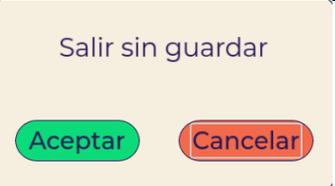
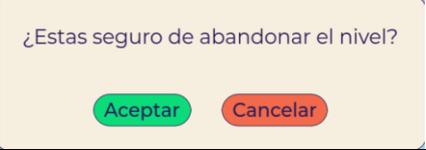
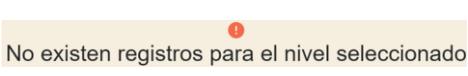
ANEXO III Aplicación de heurísticas en el prototipo de alta fidelidad

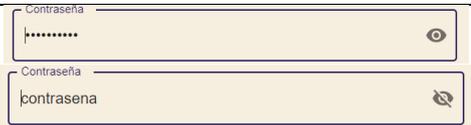
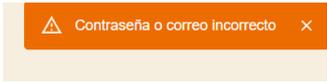
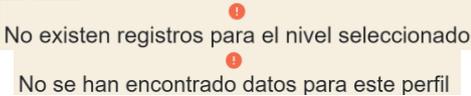
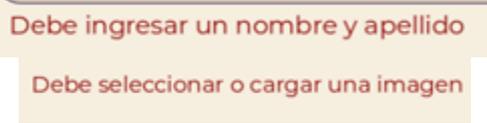
Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
Visibilidad del estado del sistema	Inicio de sesión Pagina web	Animación de carga	
		Mensaje de error	
	Activación de cuenta	Animación de carga	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
		Mensaje de error	
		Mensaje de confirmación	
	Lista de perfiles Pagina web	Animación de carga	
	Estadísticas de perfil	Animación de carga	
		Mensaje de error	
		Nombre e imagen de perfil según el perfil seleccionado	
	Configuración del clic	Configuración actual del clic	
		Estado de la webcam	
	Menú de niveles	Título de la sección e indicación de niveles bloqueados y desbloqueados	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
	Niveles del juego clic	Estado de la webcam	
		Nivel actual	
		Perfil con el que se está jugando	
		Puntuación y tiempo actual	
	Pantalla de finalización de nivel	Pantalla emergente al finalizar el nivel	
		Texto indica la finalización del nivel	
		Cuenta a atrás antes de iniciar el siguiente nivel	
	Guía del juego clic	Página actual de la guía	
Coincidencia entre el sistema el mundo real	Aplicación en general	Uso del lenguaje español	
	Configuración del clic, Gestión de perfiles, Selección de nivel clic y niveles clic	Icono de casa para representar el menú principal	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
	Niveles clic	Animales en su respectivo habitat	
		Animales con su respectiva comida	
	Página web	Icono para indicar el cierre de sesión	
	Estadísticas de perfil	Icono de flecha a atrás para volver al menú de perfiles	
Control y libertad del usuario	Creación de perfiles	Opciones para guardar o quitar los cambios	
	Configuración general y clic	Opción para guardar o revertir los cambios	
	Estadísticas de perfil	Opción para regresar a la lista de perfiles	
Prevención de errores	Creación o edición de perfiles	Evita la creación de perfiles sin nombre o apellido	
		Evita la creación de perfiles sin imagen	
		Al ser una cuenta nueva obliga al usuario a crear mínimo un perfil y seleccionarlo	
		Desactiva la opción de	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
		eliminar para no quedarse sin perfiles	
	Configuración genera y clic	Mensaje de confirmación al salir sin guardar	
	Niveles clic	Mensaje de confirmación para salir de un nivel	
	Estadísticas de perfil	No mostrar datos cuando no existen	
Reconocimiento en lugar de recuerdo		Botón para confirmar o cancelar acciones es el mismo en toda la aplicación	
	Sistema en general	Misma forma de los botones en toda la aplicación	
		Uso de iconos estándar	
	Juego clic	Icono representativo del juego clic	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
Flexibilidad y eficiencia de uso	Niveles y menú principal	Atajo hacia la configuración, selección de perfiles y cerrar sesión	
	Niveles clic	Al finalizar un nivel se da la opción de ir al menú de niveles, continuar al siguiente nivel o repetir el nivel	
	Inicio de sesión de la página web	Mostrar o no la contraseña	
Diseño estético y minimalista	Sistema en general	Se mantiene un mismo estilo de diseño en todo el sistema, tanto aplicación, como página web.	
Ayuda a los usuarios a reconocer errores	Inicio de sesión página web	Mensajes de error descriptivos	
	Estadísticas de perfil	Mensajes de error descriptivos	
	Activación de cuenta	Mensaje de error descriptivo	
	Creación y edición de perfiles	Mensajes indicando completar los campos	
	Niveles juego clic	Sonidos y colores para indicar el acierto o fallo durante el juego	

Heurística	Interfaz	Como se cumple	Captura
Ayuda y documentación	Aplicación en general	Botones de ayuda en los menús de configuración que despliegan guías e información al usuario	
	Configuración clic	Texto guía para la configuración del clic	
	Juego clic	Guía de funcionamiento y mecánicas del juego	

ANEXO IV Enlace al repositorio hand-gesture-recognition-using-mediapipe

<https://github.com/kinivi/hand-gesture-recognition-mediapipe>

ANEXO V Muestra de archivo csv obtenido del programa Hand Gesture Recognition

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
825	0	0	0	0.3076923076	0.00961538	0.5961538461	-0.09615385	0.7884615384	-0.24038462	0.8846153846	-0.39423077	0.5673076923	-0.40384615
826	0	0	0	0.2952380952	0.01904762	0.5619047619	-0.0952381	0.7523809523	-0.23809524	0.8571428571	-0.38095238	0.5428571428	-0.4
827	0	0	0	0.2924528301	0.0188679245	0.5754716981	-0.0754717	0.7735849056	-0.20754717	0.8867924528	-0.35849057	0.5566037735	-0.38679245
828	0	0	0	0.3	0.02	0.58	-0.04	0.8	-0.14	0.92	-0.29	0.58	-0.38
829	0	0	0	0.29	0.02	0.57	-0.02	0.79	-0.11	0.93	-0.25	0.57	-0.36
830	0	0	0	0.2772272227	0.02970297	0.5544544545	0	0.7722722277	-0.0990099	0.9009901	-0.23762376	0.5445445454	-0.34653465
831	0	0	0	0.2783505154	0.05154639	0.5567010305	0.030927835	0.7628865975	-0.06185567	0.907216494	-0.19587629	0.5463917521	-0.34020619
832	0	0	0	0.2857142857	0.04081633	0.5612244897	0.02040816	0.7551020408	-0.07142857	0.887755102	-0.18367347	0.5306122448	-0.34693878
833	0	0	0	0.2916666666	0.0625	0.5729166666	0.0520833333	0.78125	-0.02083333	0.9375	-0.10416667	0.5520833333	-0.32291667
834	0	0	0	0.2828282828	0.07070707	0.5454545454	0.06060606	0.7575757575	0.0101010101	0.9191919191	-0.04040404	0.5353535353	-0.31313131
835	0	0	0	0.27	0.06	0.54	0.05	0.75	0	0.91	-0.06	0.53	-0.33
836	0	0	0	0.2745098039	0.0588235294	0.5392156862	0.0490196078	0.7450980392	-0.00980392	0.9117647059	-0.05882353	0.5392156862	-0.33333333
837	1	0	0	-0.17058824	-0.05882353	-0.32941176	-0.17058824	-0.45294118	-0.27058824	-0.51764706	-0.38235294	-0.18823529	-0.43529412
838	1	0	0	-0.17613636	-0.05681818	-0.33522727	-0.17613636	-0.46022727	-0.27272727	-0.52840909	-0.38636364	-0.20454545	-0.42613636
839	1	0	0	-0.18023256	-0.05232558	-0.34302326	-0.1627907	-0.47674419	-0.25581395	-0.55232558	-0.37209302	-0.22093023	-0.4244186
840	1	0	0	-0.16477273	-0.03977273	-0.32386364	-0.14772727	-0.46022727	-0.24431818	-0.51704545	-0.375	-0.19886364	-0.42045455
841	1	0	0	-0.16842105	-0.04736842	-0.32105263	-0.16842105	-0.45789474	-0.25263158	-0.53157895	-0.35789474	-0.2	-0.43157895
842	1	0	0	-0.17204301	-0.05376344	-0.32258065	-0.17204301	-0.4516129	-0.25806452	-0.52688172	-0.3655914	-0.18817204	-0.43548387
843	1	0	0	-0.17112299	-0.05347594	-0.32085561	-0.17647059	-0.44919786	-0.25668449	-0.53475936	-0.35294118	-0.18716578	-0.44919786
844	1	0	0	-0.18333333	-0.03888889	-0.35555556	-0.13888889	-0.49444444	-0.23333333	-0.55	-0.35555556	-0.22222222	-0.42222222
845	1	0	0	-0.17977528	-0.04494382	-0.34831461	-0.13483146	-0.49438202	-0.21910112	-0.53370787	-0.34269663	-0.23033708	-0.42134831
846	1	0	0	-0.14893617	-0.08510638	-0.27659574	-0.19680851	-0.40425532	-0.2712766	-0.4787234	-0.37234043	-0.11170213	-0.49468085
847	1	0	0	-0.171875	-0.15104167	-0.25520833	-0.27604167	-0.35416667	-0.36458333	-0.453125	-0.45833333	-0.04166667	-0.51041667
848	1	0	0	-0.14361702	-0.17553191	-0.20744681	-0.31382979	-0.29787234	-0.42021277	-0.36702128	-0.50531915	-0.04787234	-0.50531915
849	1	0	0	-0.18032787	-0.08196721	-0.3442623	-0.20218579	-0.46994536	-0.30054645	-0.5136612	-0.42622951	-0.18032787	-0.45355191

ANEXO VI Capturas del módulo de gestión de perfiles

←

Nuevo Perfil

🏠

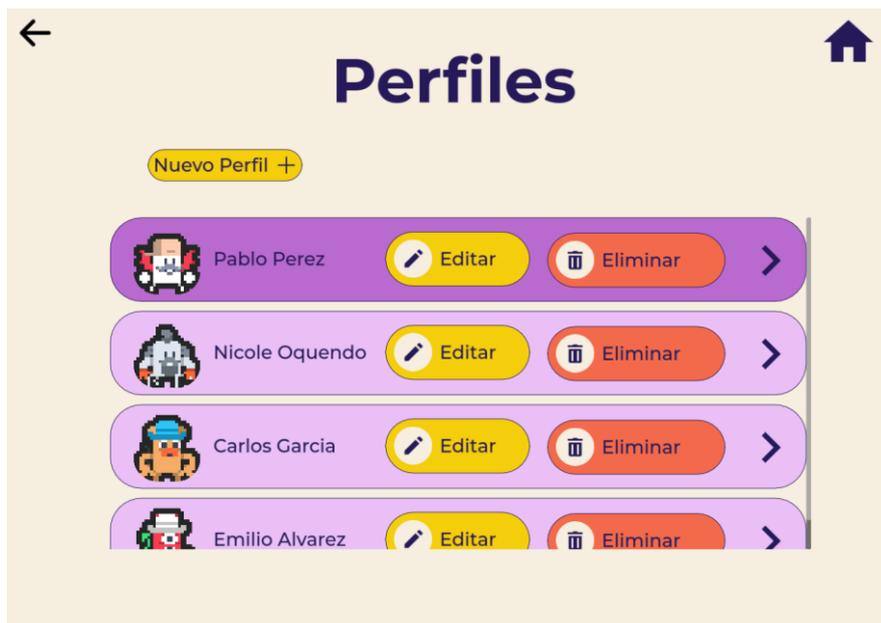
Nombre

Apellido

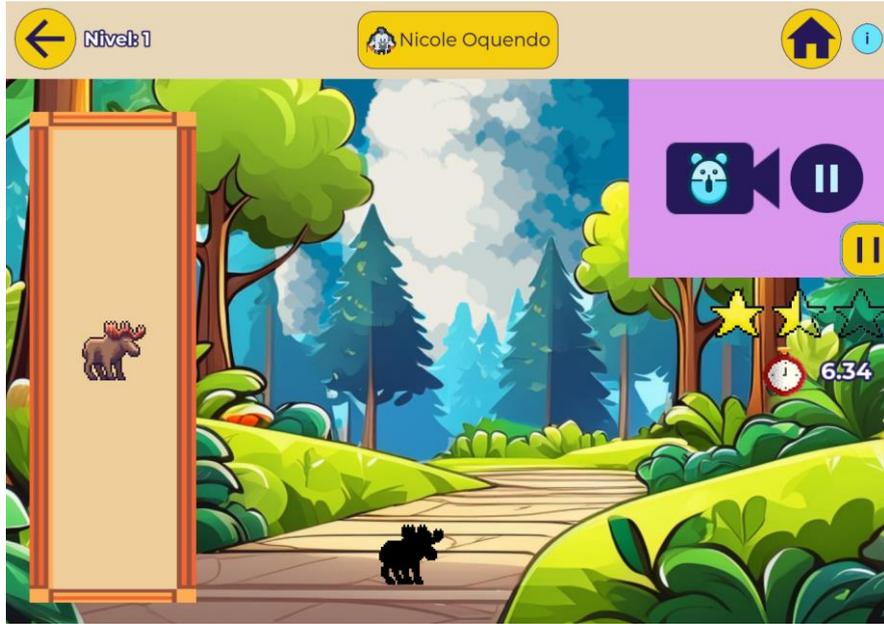
Selecciona una imagen o carga una desde tu ordenador

Imagen de perfil

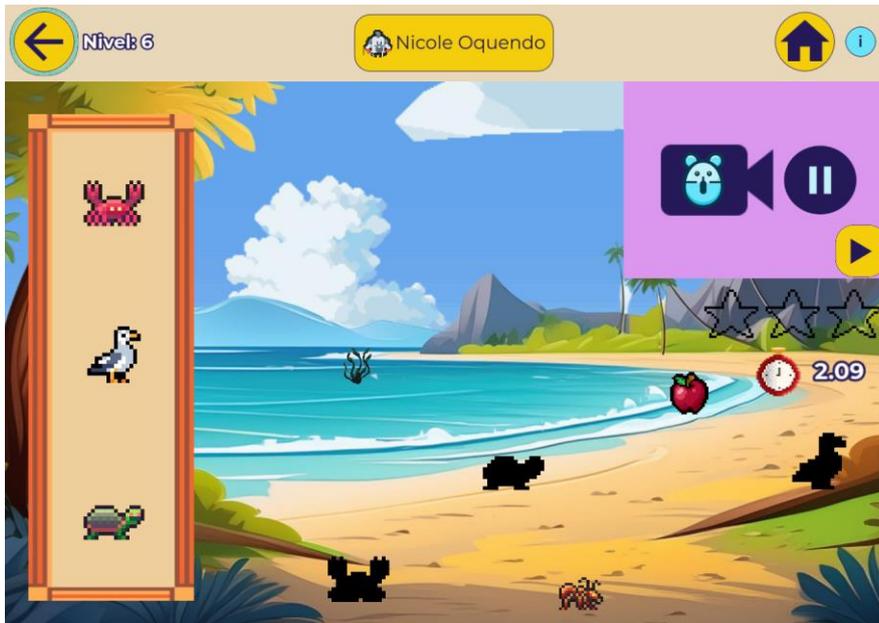
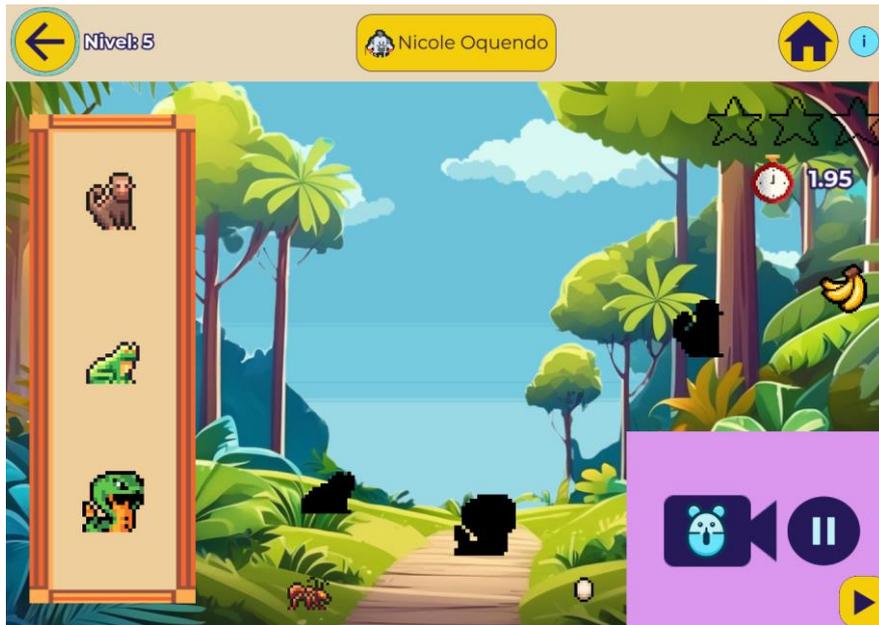
Guardar
Cancelar



ANEXO VII Capturas de los niveles del juego clic

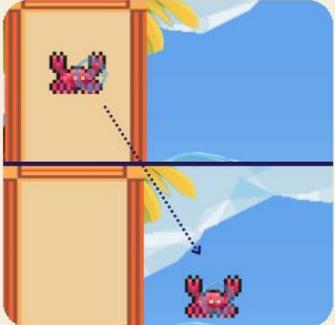






ANEXO VIII Guía del juego clic

Guía Juegos ✕



Haz clic en un animal y mantén presionado para arrastrarlo.

1/7

Guía Juegos ✕



Lleva el animal a la sombra que coincide con su forma.

2/7

Guía Juegos ✕



Si el animal está en su lugar correcto, el contorno será verde; de lo contrario, será rojo.

3/7

Guía Juegos ✕



Gana puntos colocando cada animal en su lugar correcto.

4/7

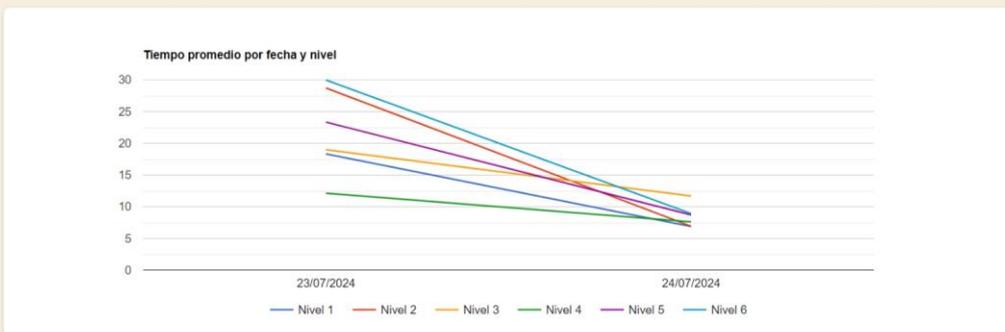
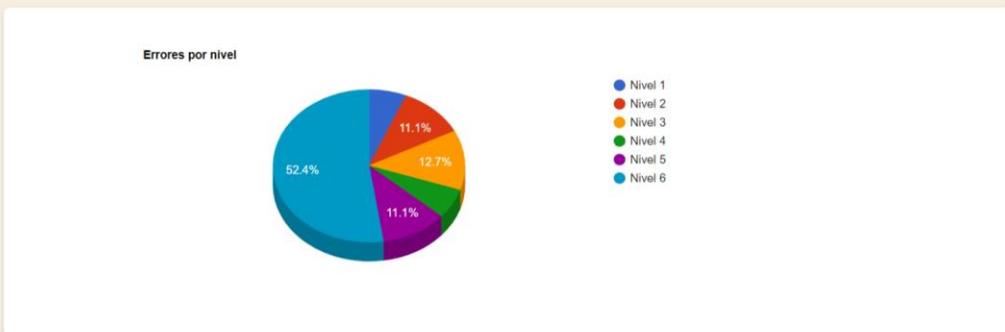
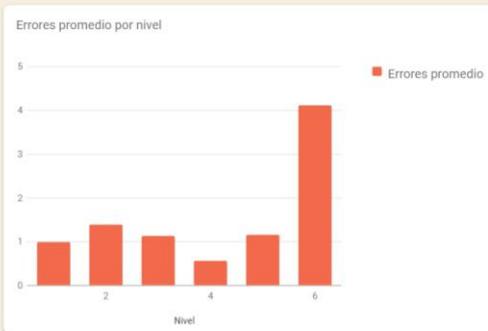


ANEXO IX Capturas de estadísticas generadas en la página web

Fecha	Nivel	Errores	Tiempo (s)	Puntuación	Estrellas
23/07/2024 23:48	1	1	19.83	3	3
23/07/2024 23:48	1	0	15.22	3	3
23/07/2024 23:57	1	1	19.95	3	3
24/07/2024 03:45	1	2	6.89	3	3
23/07/2024 23:48	2	1	25.44	3	3

Rows per page: 5 ▾ 1-5 of 37 |< < > >|

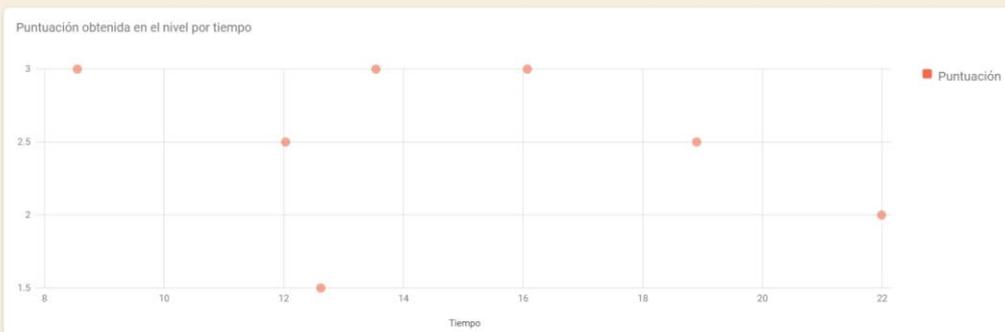
Estadísticas generales



Fecha	Nivel	Errores	Tiempo (s)	Puntuación	Estrellas
23/07/2024 23:49	3	0	21.99	2	2
23/07/2024 23:49	3	0	18.9	2.5	2.5
23/07/2024 23:58	3	1	16.07	3	3
24/07/2024 01:18	3	1	13.54	3	3
24/07/2024 03:45	3	3	12.62	1.5	1.5

Rows per page: 5 ▾ 1-5 of 7 |< < > >|

Estadísticas por nivel



ANEXO X Capturas de las funcionalidades de la página web



Correo electronico *

Contraseña



INICIAR SESION

← Perfiles

Juego

Juego Click ▲

Nivel

Todos ▼

Fecha

Juego Cursor

Juego Click

Nivel

23/07/2024 23:48

1

23/07/2024 23:48

1

23/07/2024 23:57

1

← Perfiles

Juego

Juego Click ▼

Nivel

Todos ▲

Fecha

Todos

Nivel 1

Nivel 2

Nivel 3

Nivel 4

Nivel 5

Nivel 6

23/07/2024 23:48

23/07/2024 23:48

23/07/2024 23:57

24/07/2024 03:45



¡Gracias por registrarte!

Para completar el proceso de activación de tu cuenta, por favor haz clic en el botón de abajo.

ACTIVAR CUENTA



¡Ha ocurrido un error!

Ha ocurrido un error al activar tu cuenta. Por favor intenta de nuevo.

ACTIVAR CUENTA



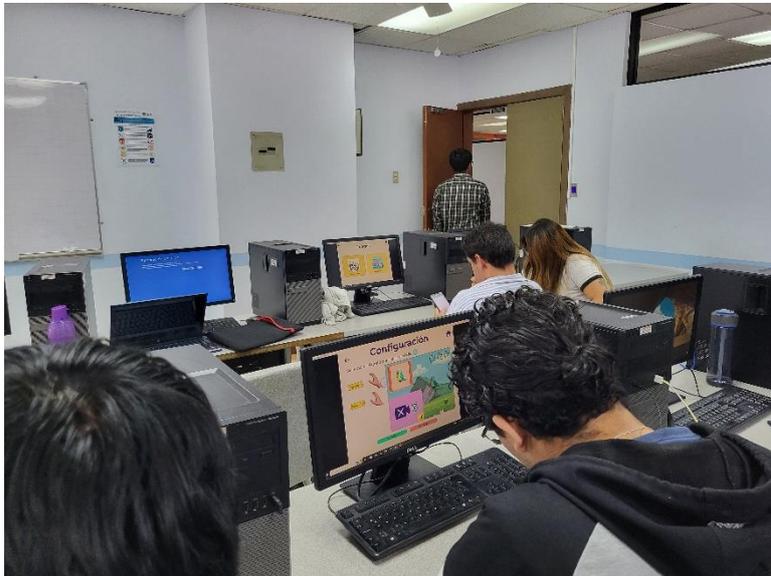
¡Gracias por registrarte!

Tu cuenta ha sido activada exitosamente. Continúa [iniciando sesión](#)

ACTIVAR CUENTA

ANEXO XI Fotografías durante la evaluación de usabilidad y heurísticas





ANEXO XII Enlace al repositorio de la página web

<https://github.com/TeoDiaz22/gestplay-reports.git>

ANEXO XIII Enlace al repositorio de la aplicación GestPlay

https://github.com/EmilioMontalvo/gesplay_py.git

ANEXO XIV Enlace al manual de usuario

https://www.canva.com/design/DAGL7legd9U/dKpUDmYTURLrbJvrnKo-UA/edit?utm_content=DAGL7legd9U&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

ANEXO XV Resultados de las pruebas de usabilidad y heurísticas

[Evaluación Usabilidad-Heurísticas \(Respuestas\).xlsx](#)

ANEXO XVI Enlace al tablero Kanban

<https://mateo-diaz.notion.site/12a2f366df6e4f1eb867963e5aaa6a80?v=8980a58585784ccf9fa349d52cb28b5f&pvs=74>

ANEXO XVII Cuestionario SUS y heurísticas

[Evaluación GestPlay.pdf](#)

ANEXO XVIII Página de aplicaciones de Ludolab

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

ANEXO XIX Arquitectura del componente Clic

[Arquitectura-GestPlay-Clic.drawio](#)