

**REHABILITACIÓN NEUROMOTORA DE MIEMBRO SUPERIOR: PROTOTIPO DE  
DISEÑO DE APLICATIVO MÓVIL CON JUEGOS SERIOS ORIENTADO A UN  
PROPÓSITO TERAPÉUTICO**

**Mónica Patricia Gutiérrez Másmela  
Nicole Sharik Sanmiguel Gutiérrez**

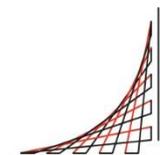
**Práctica profesional**

**Tutores:**

**MSc. Karen Aguia Rojas  
PhD. Álvaro David Orjuela Cañón  
MSc. Betsy Jaramillo Velázquez – Mobility Group SAS  
Ing. Juan Camilo Ortiz – Millenium BPO**



**Universidad del  
Rosario**



**ESCUELA  
COLOMBIANA  
DE INGENIERÍA  
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO  
UNIVERSIDAD ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO  
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ D.C  
2023**

## AGRADECIMIENTOS

Yo, **Mónica Gutiérrez Másmela**, en primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios y a mi familia: mamá, papá, hermana, tía Mona, a mi pareja Javier Alejandro Madroñero, Naña, Stormy, mi difunta abuela y Guffy. En particular, deseo destacar el apoyo incondicional de mi mamá, Yilad Másmela, quien me ha educado con amor, acompañándome incondicionalmente en todo momento. Gracias por brindarme tranquilidad en momentos difíciles y por tu constante apoyo y comprensión. En segundo lugar, quiero agradecer a mi compañera y mejor amiga, Nicolle Sharik, con quien he compartido gran parte de mi tiempo. Tu compañía me ha ayudado a enfrentar todos los problemas presentados, no solo en el desarrollo de este proyecto, sino también en cada paso de nuestra etapa académica.

Yo, **Nicolle Sharik Sanmiguel Gutiérrez**, en primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios y a mi familia: Mamá, papá, abuela, abuelo, hermanos, tía Estela, tía Teresa, mis primas (Katty, Paula y Luisa), mi primo Javier Galvis, a Juan Ramón Eslava, Kelly Córdoba y Belinda Gómez. En particular, deseo agradecer a mi madre, padre, abuela y difundo abuelo, Claudia Patricia Gutiérrez, Edgar Enrique Sanmiguel e Hilda y Álvaro Sanmiguel, su amor me ha llevado a ser quien soy el día de hoy y sin ustedes no habría sido capaz de cumplir mis metas académicas. En segundo lugar, quiero agradecer a mi compañera y mejor amiga, Le Mónik, tu compañía y presencia ha sido lo mejor de esta etapa, gracias por ayudarme a enfrentar mis miedos y brindarme apoyo y seguridad en momentos difíciles.

Finalmente, nos gustaría agradecer nuestros tutores académicos: Karen Aguia Rojas y Álvaro David Orjuela Cañón, y a nuestros tutores institucionales: Betsy Jaramillo Velásquez y Juan Camilo Ortiz, por dedicar tiempo y esfuerzo a nuestro trabajo de grado. Agradecemos por escuchar nuestras opiniones e ideas, y por guiarnos en la resolución de problemas. Sus aportes y exigencia han sido fundamentales para llevar a cabo este trabajo de grado de manera exitosa, y nos han ayudado a crecer tanto académica como personalmente. Queremos agradecer especialmente al señor Rafael Campo, quien ha sido nuestra inspiración y ha desempeñado un papel importante en el desarrollo de nuestro proyecto, tu retroalimentación y apoyo han sido fundamentales en cada paso que hemos dado.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS .....	10
2.1. General.....	10
2.2. Específicos .....	10
3. METODOLOGÍA .....	11
3.1. Problema a solucionar .....	11
3.2. Fases del proyecto .....	12
3.2.1. Identificación de las necesidades del usuario .....	13
3.2.2. Marco de referencia.....	13
3.2.3. Diseño de la aplicación.....	13
3.2.3.1. Diseño del juego.....	13
3.2.3.1.1. Identificación de las preferencias del usuario .....	13
3.2.3.1.2. Modelo del juego .....	14
3.2.3.1.2.1. Modelo de las reglas del juego.....	14
3.2.3.1.2.2. Modelo de escenario de juego .....	15
3.2.3.2. Diseño de la interfaz.....	16
3.2.4. Evaluación.....	17
4. RESULTADOS .....	19
4.1. Identificación de las necesidades del usuario .....	19
4.2. Marco de referencia .....	20
4.3. Diseño de la aplicación.....	21
4.4. Evaluación .....	35
4.4.1. Resultados encuesta aporte clínico a pacientes .....	37
4.4.2. Resultados encuesta aporte clínico profesional.....	37
5. DISCUSIÓN.....	39
6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	40
7. CONCLUSIONES .....	41
REFERENCIAS .....	42
ANEXOS.....	44

## LISTA DE TABLAS

Tabla I. Descripción modelo de reglas de juego.....	15
Tabla II. Descripción modelo de escenario de juego.....	16
Tabla III. Resumen marco de referencia: Tipo de información obtenida .....	20
Tabla IV. Resumen marco de referencia: Principios terapéuticos .....	21
Tabla V. Resumen marco de referencia: Características de juego serio .....	21
Tabla VI. Modelo reglas de juego .....	24
Tabla VII. Modelo reglas de juego específicas .....	25
Tabla VIII. Modelo escenario de juego .....	25
Tabla IX. Modelo escenario de juego específicas.....	26
Tabla X. Requerimientos no funcionales .....	26
Tabla XI. Requerimientos y aspectos de diseño: Generalidades e inicio de sesión .....	27
Tabla XII. Requerimientos y aspectos de diseño: Entrenamiento .....	29
Tabla XIII. Requerimientos y aspectos de diseño: Juegos serios.....	32
Tabla XIV. Requerimientos y aspectos de diseño: Reportes .....	33
Tabla XV. Resultados satisfacción.....	36
Tabla XVI. Resultados accesibilidad .....	37
Tabla XVII. Resultados aporte clínico pacientes .....	38
Tabla XVIII. Resultados aporte clínico profesionales .....	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estadísticas población Mobility Group sobrevivientes de un ACV .....	11
Figura 2. Fases del proyecto .....	12
Figura 3. Modelo de reglas de juego .....	14
Figura 4. Modelo de escenario de juego .....	15
Figura 5. Módulos que componen la interfaz gráfica .....	17
Figura 6. Resumen: Motivaciones, necesidades y limitaciones de la población objetivo ..	19
Figura 7. Resultados de juegos preferidos .....	22
Figura 8. Resultados segunda encuesta aplicada .....	22
Figura 9. Prototipo sección: Registro e inicio de sesión .....	28
Figura 10. Prototipo sección: Entrenamiento .....	31
Figura 11. Juegos serios japones niveles 1, 2 y 3 .....	31
Figura 12. Juego serio ajedrez niveles 1, 2 y 3 .....	32
Figura 13. Prototipo sección reportes parte 1 .....	34
Figura 14. Prototipo sección reportes parte 2 .....	35

## LISTA DE ANEXOS.

Anexo 1. Diagrama de Gantt .....	44
Anexo 2. Respuesta a preguntas abiertas profesionales de rehabilitación .....	45
Anexo 3. Vídeo funcionamiento prototipo aplicativo .....	45
Anexo 4. Diagrama de flujo registro e inicio de sesión .....	46
Anexo 5. Diagrama de flujo entrenamiento .....	47
Anexo 6. Diagrama de flujo reportes .....	48
Anexo 7. Diagrama de flujo japones .....	51
Anexo 8. Diagrama de flujo ajedrez .....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

El accidente cerebrovascular (ACV) es una alteración neuronal de origen vascular en la que se afectan áreas focales del cerebro. Tiene lugar cuando se presenta una disminución del flujo sanguíneo cerebral a causa de obstrucciones en los vasos sanguíneos de naturaleza isquémica o hemorrágica [1]. De acuerdo con la hoja informativa global sobre ACV 2022 de la Organización Mundial del Accidente Cerebrovascular la incidencia de personas que desarrollan un ACV es de 12.2 millones por año donde 6.6 millones de personas fallecen, posicionando el ACV como la segunda causa de mortalidad mundial y la tercera de discapacidad y muerte combinada [2]. En Colombia, 16 mil personas mueren cada año como consecuencia a un ACV, siendo esta la segunda causa de muerte más común, además de ser la principal causa de discapacidad a nivel nacional [3].

Los cambios y alteraciones consecuentes a un ACV se ven reflejados en: habilidades comunicativas, comportamiento o ámbito emocional, habilidades cognitivas/intelectuales y habilidades físico/motoras [4], estas pueden clasificarse siguiendo el modelo de Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) el cual contempla al individuo desde (1) Funciones y estructuras corporales, (2) Actividades y Participación y (3) Factores contextuales: ambientales y personales [5].

Dentro de las alteraciones físico/motoras incluidas en el componente (1) del modelo de la CIF se encuentra la deficiencia neuromotora de miembro superior. En este, la funcionalidad se ve afectada por la falta de intervención específica y especializada [6], influyendo así en la participación de los individuos en las actividades de la vida diaria, su participación social y ocupacional dificultado con ello su independencia y autonomía [7].

En consecuencia, teniendo en cuenta los factores del modelo de la CIF, desde el componente (3) Factores contextuales: ambientales, en el cual se clasifican los productos y tecnologías asociadas utilizadas como facilitadores involucrados directamente con los componentes (1) y (2); se implementa en el proceso de rehabilitación tecnologías tales como: las intervenciones de asistencia robótica, que permiten sistematizar la intervención y cuantificar el proceso [8], y las intervenciones de realidad virtual inmersiva, semi inmersiva y no inmersiva, que crean un entorno interactivo y motivador, a su vez que la participación activa y retroalimentación ofrecida maximizan los mecanismos de neuroplasticidad [9]. No obstante, a pesar de las ventajas ofrecidas por estas tecnologías su aplicación en entornos de rehabilitación se ve limitada debido a los altos costos asociados [10].

Como alternativa se opta por sistemas de videojuegos o juegos serios, que constituyen un medio no inmersivo de menor costo y mayor acceso [10] [11]. Los juegos serios tienen como objetivo el aprendizaje, resolución de problemas y el desarrollo de habilidades. En el campo clínico son usados para mejorar la motivación y adherencia a procesos de rehabilitación, asimismo que favorecen el reaprendizaje motor y cognitivo [12]. Según la revisión sistemática y metaanálisis de Doumas et al., aquellos juegos serios y aplicativos que fundamentan su desarrollo bajo principios terapéuticos como la neurorrehabilitación, teorías de aprendizaje motor, principios neurocognitivos, entre otros, obtienen, después de su aplicación mejores resultados en el componente (1) de la CIF los cuales son extrapolables al componente (2) [13].

Para las fases de diseño y desarrollo de un juego serio suele requerirse un grupo transdisciplinar que incluya personal de diversas disciplinas académicas como programación, diseñadores de componentes de juego y personal del ámbito de aplicación de este, creando una metodología holística [14]. En este sentido, la cooperación transdisciplinar ofrece una vía de trabajo coordinada y sostenida entre personas procedentes de diversos ámbitos y tradiciones educativas [15], con el fin de crear enfoques innovadores.

El presente trabajo dirigido surge de la asociación entre Millenium BPO, Mobility Group SAS, y la Universidad del Rosario en convenio con la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito a través de una pasantía profesional, con la cual las partes mencionadas se integran transdisciplinariamente para desarrollar un trabajo conjunto que aborda una condición de salud prevalente a nivel nacional y mundial, el Accidente Cerebrovascular (ACV).

Millenium BPO es una compañía colombiana de tecnología con más de 20 años en el mercado, líderes en la implementación exitosa de soluciones Contact Center y BPO (Business Process Outsourcing / Externalización de procesos de negocios) en la región [16]. El ingeniero biomédico en Millenium BPO desde el área de Transformación Digital ejecuta tareas relacionadas con la inteligencia de negocios y levantamiento de requerimientos tecnológicos desde las bases educativas de planeación de proyectos y programación, su experiencia en el campo le brinda la capacidad de evidenciar los procesos necesarios para el levantamiento de automatizaciones, procesos tecnológicos y cómo estos pueden ser aplicados a áreas de interés clínico.

Mobility Group es un centro de rehabilitación integral que hace uso de alta tecnología y opera desde el año 2013. Brinda espacios y servicios de rehabilitación integral con un enfoque biopsicosocial donde la persona es el eje central de la sociedad, a partir de la humanización de la salud y la alta tecnología, enfocando sus procesos de rehabilitación en evidencia científica y fundamentados en la neurorrehabilitación y sus principios [17]. El practicante de ingeniería biomédica en esta institución desempeña funciones principalmente en el área de investigación. Su rol consiste en acompañar y observar los procesos de rehabilitación en las diferentes áreas, familiarizándose con los pacientes y su condición de salud. Además, identifica las tecnologías utilizadas y colabora en las tareas de mantenimiento correctivo y preventivo de estas.

Desde Millenium BPO su motivación e interés en el proyecto surge de la necesidad de combinar su conocimiento tecnológico en otras áreas, como es en este caso un área clínica. Los aportes de Millenium BPO van dirigidos a enriquecer este desde las consideraciones tecnológicas asociadas en cada paso del proyecto, en específico el área de Transformación Digital brinda conocimientos en: Levantamiento de requerimientos tecnológicos, metodologías de planificación de proyectos, construcción de diagramas de flujo de procesos y conocimientos de tecnologías actuales enfocadas a la automatización de procesos.

Desde Mobility Group SAS su motivación va desde la participación que puede tener en el desarrollo de una tecnología que se acople a su modelo biopsicosocial, transdisciplinar y la humanización de la tecnología fundamentado desde la evidencia científica. Desde el área de investigación Mobility Group ofrece: El espacio para interactuar directamente con la población objetivo y con profesionales de rehabilitación experimentados que puedan brindar aportes clínicos enriquecedores en términos de fundamentación teórica y práctica del prototipo, además del conocimiento del proceso de humanización de la tecnología.

En conjunto las practicantes de cada institución se integran para construir un prototipo funcional que contenga juegos serios fundamentados en principios terapéuticos desde una metodología de desarrollo de Software que exhibe las necesidades tecnológicas asociadas para rehabilitación de miembro superior que pueda ser utilizado tanto en ambientes clínicos como naturales desde un dispositivo móvil o tableta.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

Desarrollar un prototipo funcional de aplicación móvil que integre juegos serios con propósito terapéutico a través de una metodología de desarrollo de software, combinando conocimientos del área clínica y tecnológica, para abordar la rehabilitación de miembro superior en adultos que han sufrido un ACV.

### **2.2. Específicos**

1. Definir las consideraciones iniciales para el diseño del aplicativo con base en los aspectos clave identificados en la caracterización de los usuarios.
2. Identificar el marco de referencia necesario para fundamentar el diseño de la aplicación desde características de juego serio, principios terapéuticos y las características tecnológicas asociadas.
3. Diseñar la estructura e interfaz de la aplicación móvil, definiendo los juegos serios a incluir su modelo y los diagramas de procesos asociados a cada módulo del aplicativo.
4. Evaluar el prototipo funcional diseñado por medio de encuestas abiertas y cerradas en términos de accesibilidad, satisfacción y aporte clínico para medir la relevancia clínica de este.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Problema a solucionar

Actualmente el mayor porcentaje de personas que atienden a Mobility Group SAS (40 personas) son sobrevivientes de un ACV con secuela en miembro superior, de ellos el 87,8% se encuentra entre la edad adulta y la vejez (Ver Figura 1). Mobility Group SAS brinda espacios de rehabilitación apoyados en alta tecnología como AMADEO, ARMEO, PABLO, CONTREX y Doctor Kinect, los cuales son de uso exclusivo dentro de la institución.

Teniendo en cuenta la relevancia a nivel Nacional y Mundial del ACV y las alteraciones asociadas que afectan la calidad de vida de las personas que lo padecen, surge la necesidad de extrapolar las actividades realizadas en los centros de rehabilitación a otros ámbitos ya que la rehabilitación constante es un factor primordial para obtener un mayor porcentaje de recuperación [18]. En este sentido, el desarrollo de aplicaciones dirigidas hacia la rehabilitación representa una oportunidad en términos tanto sociales como económicos para empresas como Millenium BPO quienes a través de sus conocimientos tecnológicos entran a este ámbito con la necesidad de participar en áreas distintas a las usuales, como lo es la salud móvil [19].

En base a las motivaciones e intereses de las instituciones empresariales que hacen parte de este proyecto, se plantea resolver esta problemática por medio de una solución que combine los beneficios que aportan las tecnologías al ámbito de la rehabilitación desde un enfoque más integral y adaptable a las necesidades de la población objetivo. De esta manera, se propone desarrollar un prototipo funcional de aplicación móvil que integre juegos serios desde una metodología de desarrollo de Software que pueda ser utilizado tanto dentro del entorno institucional como en entornos cotidianos a partir de aspectos neurocognitivos, transdisciplinarios y aquellos característicos de la población adulta, acompañando cada proceso clínico desde una vista tecnológica.

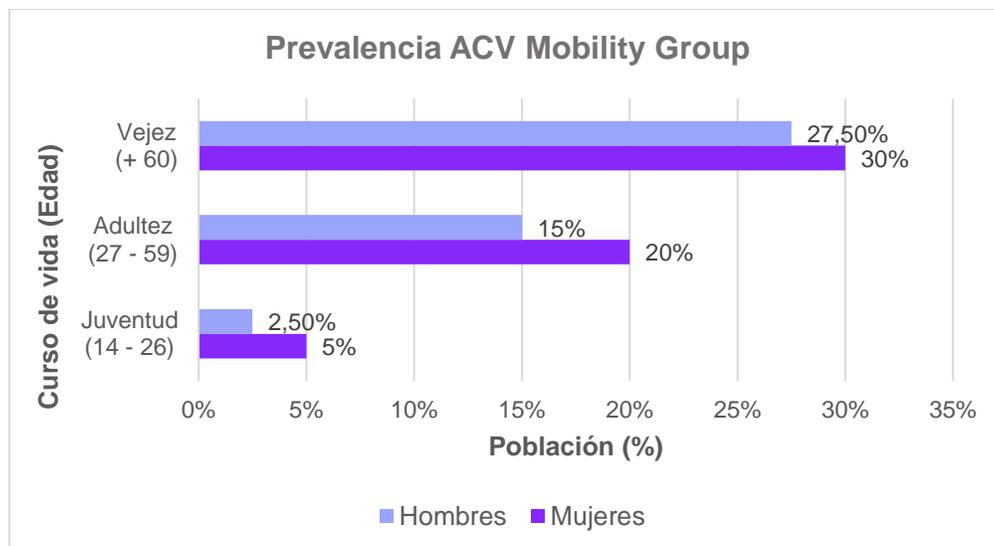


Figura 1. Estadísticas población Mobility Group sobrevivientes de ACV vs Edad en el curso de vida. Fuente: Autor.

### 3.2. Fases del proyecto

Para el proceso de desarrollo del proyecto se utilizó la metodología de Software tradicional prototipo incorporando algunos aspectos de la metodología Design Thinking (DT), estas dos metodologías establecen un curso de trabajo planificado.

La metodología prototipo se relaciona con la mejora continua permitiendo generar un proceso iterativo enfocado en diseñar, implementar, medir y ajustar un plan de trabajo; se subdivide en las etapas: Definición de requerimientos y variables, definición de las herramientas para el diseño y testeo, diseño del prototipo de la idea, testeo del prototipo y análisis de resultados y aprendizajes. En cada iteración de la metodología se considera ir creciendo en términos del diseño, generando en cada una de ellas un prototipo más robusto que cumpla los objetivos. [20]

La metodología DT es utilizada en diversas áreas como una vía para abordar problemas en diferentes contextos especialmente en la innovación, la vía de trabajo que plantea se basa en una forma de pensar estrecha, técnicamente estructurada y centrada en el producto, lo cual facilita considerar simultáneamente aspectos de mercado y tecnológicos. Como resultado, se considera que a través de esta metodología es posible revelar las necesidades cambiantes y latentes de los clientes a lo largo del tiempo [21].

Esta metodología de desarrollo de Software fue elegida a partir de una investigación bibliográfica en las cuales se incluyeron las palabras: “Aplicaciones móviles”, “Diseño”, “Planificación”, “Metodología” y “Software” en el buscador Google Scholar, generando como resultado la Tabla III encontrada en la sección de resultados.

Posteriormente, se elaboró un diagrama de flujo de procesos que se adapta a las fases de la metodología utilizada y que cumple los objetivos planteados (ver Figura 2), asimismo se desarrolló un diagrama de Gantt (Anexo 1) en el cual se fijaron las fechas límites y actividades permitiendo seguir la gestión de tareas a través de un flujo de trabajo planificado para asegurar el control y avance efectivo del proyecto.

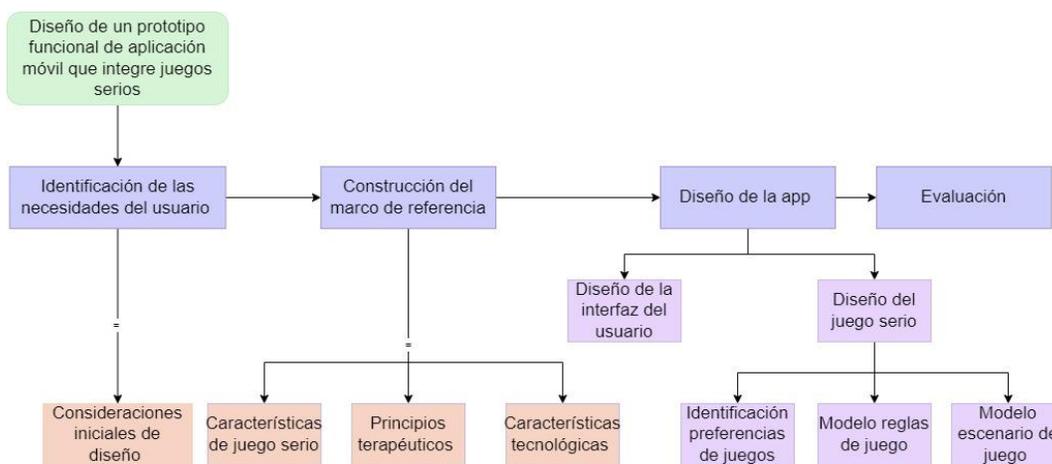


Figura 2. Fases del proyecto. Los colores de la imagen representan: verde, inicio del proceso; azul, tarea global; morado, procesos específicos que llevan al cumplimiento de la tarea; naranja, resultados. Fuente: Autor.

### 3.2.1. Identificación de las necesidades del usuario

En esta etapa se incorporan las fases iniciales de la metodología DT: empatizar, definir e idear, estableciendo como fuente de información los pacientes y lo que ellos podrían experimentar con el prototipo, generando así un conocimiento profundo de sus motivaciones, necesidades y limitaciones [21].

Con el fin de recopilar información detallada y rica sobre la vida, experiencias o perspectivas de los pacientes se aplicó una encuesta cualitativa abierta a 25 pacientes del centro de rehabilitación, esta nos permitió establecer una comunicación flexible obteniendo respuestas amplias y detalladas por medio de una guía general de contenido [22]: **¿Cuáles consideraban los aspectos más importantes a abarcar en los tres ejes antes mencionados?**

### 3.2.2. Marco de referencia

Para establecer un marco de referencia que abarcara los componentes a considerar durante la etapa de diseño: Principios terapéuticos, características de juego serio y características tecnológicas; Se realizó una revisión bibliográfica en los motores de búsqueda: Google Scholar, Pubmed y Elsevier por medio de las palabras clave: "Diseño de tecnologías", "Juegos serios", "Principios cognitivos", "para rehabilitación", "Principios neurocognitivos", "Rehabilitación neuromotora", "Reaprendizaje motor" y "Neurorrehabilitación", en total se recopiló información de 11 artículos científicos de los cuales se extrajeron los fundamentos clínicos y tecnológicos con los cuales deberá cumplir el aplicativo.

### 3.2.3. Diseño de la aplicación

En base a la metodología escogida en este punto se abarcarán las fases: formalización de requerimientos y variables, definición de las herramientas para el diseño y prototipado funcional de la idea.

#### 3.2.3.1. *Diseño del juego*

##### 3.2.3.1.1. Identificación de las preferencias del usuario

Para lograr identificar las preferencias de los usuarios se reunió información por medio de entrevistas abiertas a 13 de los pacientes que asisten al centro de rehabilitación y han sufrido un ACV, la población que compone la muestra fue seleccionada desde las posibilidades de interactuar con los pacientes durante el desarrollo de su rehabilitación y su recurrencia al centro en los horarios de la mañana. Las preguntas realizadas giraron en torno al tema de juegos que despiertan una mayor motivación e interés. Una vez registradas las respuestas de la primera ronda, en la cual se identificó aquel de mayor frecuencia entre los participantes se realizó una segunda encuesta cerrada con el objetivo de conocer si aquellos que cuya respuesta registrada era distinta de aquel con mayor popularidad estarían interesados en jugarlo.

### 3.2.3.1.2. Modelo del juego

El modelo del juego es una descripción detallada y estructurada de definir cómo funcionarán las mecánicas, dinámicas y sistemas que harán parte de este. Este aspecto es esencial ya que proporciona una guía clara para los diseñadores y desarrolladores finales involucrados en el proyecto [23]. En específico, para el diseño de juegos suele utilizarse el modelo “Games Rules and Scenario Model (GREM)”, el cual es un modelo modular circular que consta de dos fases: las reglas del juego y los escenarios del juego, este permite integrar flexibilidad, posibilitando la creación de diferentes escenarios sin cambiar las reglas, o viceversa [24]. Por lo anterior se hace uso de este modelo, ya que su utilización permite crear distintos juegos desde un mismo fundamento variando únicamente los actores o componentes utilizados para lograr los objetivos.

#### 3.2.3.1.2.1. Modelo de las reglas del juego

En este modelo se describen las reglas y la rúbrica que deberá seguir el juego serio, es decir, cómo debe jugarse. El modelo se compone de cuatro capas circulares observables en la Figura 3 y descritas en la Tabla I. En la figura es evidenciable lo anteriormente mencionado, existe una dependencia entre las capas exteriores e internas, ilustrando la facilidad de cambio de los módulos exteriores manteniendo las mecánicas y metas del juego constantes.

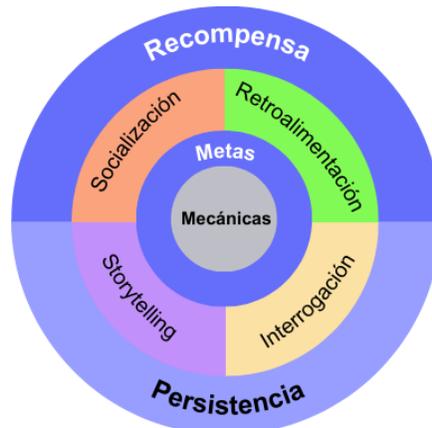


Figura 3. Modelo de reglas del juego. Fuente: Autor.

*Tabla I*  
*Tabla descripción modelo de reglas de juego [24]*

<b>Capa</b>	<b>Descripción</b>
1) Mecánica	Se establecen los principales elementos que participarán en el juego y las acciones que estarán disponibles. Es decir, se definen las entidades que pueden aparecer durante el juego, su estado y las acciones que puede realizar cada entidad.
2) Metas / Objetivos	Se definen los objetivos a lograr con el juego y se describen las situaciones a conseguir o evitar, acompañando cada uno con restricciones en la forma de conseguirlas.
3) Retroalimentación, socialización, narración e interrogación	Se introducen las nociones de roles, grupos y reglas de sincronización. Los roles especifican las entidades con las cuales podrá interactuar el usuario y, los grupos y reglas de sincronización cómo el juego generará una experiencia social o en modo multijugador. La información de retroalimentación que se activará cuando se cumplan reglas específicas, ellas se construyen sobre condiciones en otras partes como las restricciones, objetivos, acciones y estados de las entidades. El tercer componente de esta capa permite integrar un contexto al juego mediante una historia, incluyendo presentaciones multimedia no interactivas que ayudan a reforzar el contexto de las acciones. Por último, con el fin de facilitar la conexión entre la información aprendida en el mundo real con su aplicación en la vida real, se podría exigir al jugador que complete algunas actividades informativas.
4) Recompensa y persistencia	Las recompensas son elementos que no modifican la lógica del juego, pero pueden repercutir en la jugabilidad de este, su dificultad o la motivación del jugador.

### 3.2.3.1.2.2. Modelo de escenario de juego

En esta fase, se describe el entorno virtual, es decir, la manera en que el juego es presentado al jugador. En contraste con la sección anterior, esta parte del modelo consta de tres capas, observables en la Figura 4 y descritas en la Tabla II.



*Figura 4. Modelo de escenario de juego. La organización de las capas refleja el hecho de que las capas más externas proporcionan medios para acceder, interactuar y enriquecer las entidades de diseño del escenario. Fuente: Autor.*

*Tabla II*  
*Tabla descripción modelo de escenario de juego [24]*

<b>Capa</b>	<b>Descripción</b>
1) Representaciones de juegos	Se incluyen tres entidades de diseño: escenas, personajes y contextos, utilizadas para representar los elementos del modelo. Una escena representa un entorno físico o situación en la que puede desarrollarse una acción, se define mediante entidades de escena con las que el jugador tiene la posibilidad de interactuar, elementos de fondo no interactivos y enlaces que activan las transiciones entre las escenas. Los personajes y avatares son utilizados para establecer una conexión con el usuario, brindando una forma de comunicación e interacción. Por último, la experiencia puede ser enriquecida por medio de elementos contextuales que ayuden a fijar el contexto de las escenas y su atmosfera mediante recursos de audio, animación, imágenes o información textual.
2) Servicios del juego	Capa en la que pueden integrarse servicios, como foros, mensajería y chat.
3) Interfaz e interacción del juego	En esta se establecen los elementos de la interfaz, se debe distinguir entre contenedores y elementos simples. Los contenedores agregan otros elementos dinámicos, como ventanas, marcas o pestañas. Mientras los elementos simples, pueden ser controles de interfaz de usuario, como botones, casillas de verificación o controles deslizantes o utilizarse para apoyar la visualización de uno de los elementos de las capas más internas.

### 3.2.3.2. *Diseño de la interfaz*

Toda aplicación móvil basa su desarrollo en los requerimientos identificados, esto se debe a que ellos generan una definición clara y detalla del proyecto lo cual minimiza las posibilidades de error, facilita su planificación y construye una base sólida para la toma de decisiones [25]; Con respecto a ello en esta fase se realiza la descripción de los requerimientos asociados a la aplicación en los aspectos: funcionales, los cuales describen las funciones y características a incluir; no funcionales, asociados a los aspectos técnicos, de rendimiento y de calidad que deben cumplirse para garantizar un buen funcionamiento; usabilidad, enfocados en la experiencia del usuario y cómo este interactuará con el aplicativo; seguridad, medidas y características de seguridad a incluir con el fin de proteger la información de quienes hagan uso de este y los datos almacenados; compatibilidad y contenido [26].

Con el fin de definir la herramienta a utilizar en el diseño del prototipo se realiza una revisión de las aplicaciones actuales disponibles para prototipar MockUps de bajo costo, entre estas se encuentran las aplicaciones/programas: PowerPoint, moqups, proto.io, Adobe XD, Sketch y Figma; De estos se identifican sus ventajas y desventajas: Moqups permite realizar diagramas de las interfaces desde representaciones graficas no funcionales lo cual limita la interacción con el prototipo y la posibilidad de generar un ambiente participativo para el usuario; PowerPoint, permite a través de sus herramientas simular la funcionalidad de la aplicación, como desventaja se encuentra que cada componente debe de ser generado manualmente; Adobe XD, Sketch y Figma, permiten crear prototipos interactivos ya sea desde conexión única o en la nube, como desventaja se encuentra que

estos poseen un número limitado de atributos libres y representan programas completamente desconocidos.

En base a lo anterior, se escoge la utilización de PowerPoint debido a que se trata de un programa familiar, del cual se conocen casi todas sus herramientas, esto permite disminuir la curva de aprendizaje necesaria para el diseño del prototipo. Resultando conveniente ya que se requirió realizar diversos cambios en el transcurso del tiempo, ajustando los aspectos visuales y algunos de los requerimientos tecnológicos asociados según la retroalimentación dada por los tutores de este proyecto incluyendo en ellos a los representantes de las empresas asociadas, así por medio de este programa fue posible disminuir los tiempos destinados a plantear gráficamente las interfaces generales observables en la Figura 5; Adjunto a este se realizó un levantamiento de los flujos de proceso asociados a cada módulo en el programa Draw.io, programa conocido y utilizado por la empresa Millenium BPO, en estos se describió gráficamente el flujo de la interfaz, los puntos de decisión e interactividad y las bases de datos necesarias para soportar cada acción.

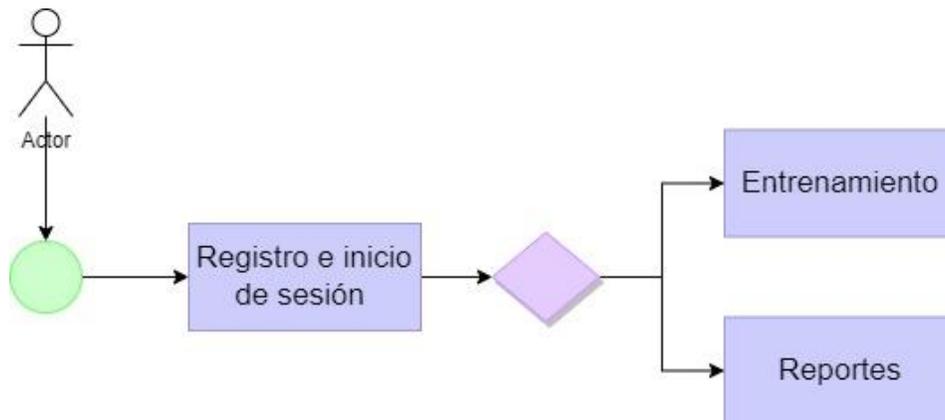


Figura 5. Módulos que componen la interfaz gráfica. Fuente: Autor.

#### 3.2.4. Evaluación

Con el objetivo de generar un testeo del prototipo diseñado y realizar un análisis de los resultados y aprendizajes obtenidos se realizó una encuesta cerrada semiestructurada la cual es una combinación de dos tipos de encuesta: la encuesta cerrada y la semiestructurada. A través de ella es posible recopilar datos inicialmente por medio de preguntas con opciones de respuesta predefinidas, en este caso por medio de una escala del 1 al 5 donde 5 represento que el participante se encontraba “totalmente de acuerdo” con la pregunta y 1 que este se encontraba “totalmente en desacuerdo”; y finalmente, por medio de preguntas abiertas admitiendo recolectar respuestas más detalladas y flexibles sin restricciones en sus respuestas.

Las encuestas fueron divididas en tres secciones: Satisfacción, accesibilidad e impacto clínico, estas permitieron evaluar el prototipo diseñado en los aspectos relacionados con: la experiencia general de los usuarios al utilizar el prototipo, la capacidad del prototipo para ser utilizado por usuarios con diferentes habilidades cognitivas y físicas e indagar sobre la relevancia percibida de este. A partir de estos ejes centrales se diseñaron

7 preguntas entorno a satisfacción frente al prototipo y 6 en relación con la accesibilidad percibida en este, estas preguntas fueron iguales tanto para la población objetivo como para el profesional clínico; Se diseñaron 8 preguntas con respecto al impacto percibido de los juegos serios implementados a cara de los pacientes y 12 preguntas para evaluar el impacto percibido por los profesionales. (Anexo 2)

La participación total en esta encuesta fue de 13 profesionales de la salud y 2 personas parte de la población objetivo, quienes presentan las condiciones de salud: ACV y Esclerosis Múltiple y se encuentran en el curso de vida vejez. En el grupo de profesionales la participación por profesión obtenida fue: 8 fisioterapeutas, 2 terapeutas ocupacionales, 1 neuropsicólogo, 1 fonoaudiólogo y 1 cuidador. Para el grupo de población objetivo, los participantes tuvieron la oportunidad de interactuar con el prototipo funcional de manera individual, recibiendo apoyo únicamente al momento de simular cómo sería la interacción y funcionamiento del juego serio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Identificación de las necesidades del usuario

En la Figura 6, se presenta un gráfico resumen de los hallazgos obtenidos la etapa inicial, permitiendo relacionar al usuario con el desarrollo del aplicativo desde las necesidades y motivaciones del paciente, al tiempo que se abordan las limitaciones identificadas.



Figura 6. Resumen motivaciones, necesidades y limitaciones de la población objetivo. Los colores en la imagen representan: Amarillo, motivaciones; azul, necesidades; gris, limitaciones. Fuente: Autor.

Se encuentran así los requerimientos iniciales de diseño centrados en el usuario:

- CON I 1: Incorporar desde una metodología adulta actividades que permitan favorecer la recuperación física.
- CON I 2: Implementar componentes que permitan al paciente aumentar su participación en actividades de ocio que antes disfrutaba.
- CON I 3: Utilizar componentes que permitan al aplicativo ser utilizado en diferentes ambientes y que posibiliten su acceso por toda la población sin importar sus capacidades económicas.
- CON I 4: Favorecer el esquema y propiocepción del paciente por medio de los juegos serios a diseñar.

En base a las características generales de la población los requerimientos son:

- CON I 5: Incorporar distintas estrategias de accesibilidad como: mantener contraste entre el fondo y el texto, utilizar fuentes simples, acompañar los recursos textuales de gráficos o sonidos, entre otros.
- CON I 6: Permitir al usuario realizar cambios en la visual de la aplicación, ya sea cambiando la fuente, color de la letra, aumentar el contraste o generar un cambio completo de la paleta de colores.
- CON I 7: Producir lectura en voz alta de las instrucciones o historia del juego a preferencia del usuario.
- CON I 8: Implementar distintas opciones de inicio de sesión. Considerando que las personas que han sufrido un ACV pueden presentar alteraciones en su huella dactilar.
- CON I 9: Permitir la identificación del hemicuerpo afectado y la condición de salud del usuario.
- CON I 10: Integrar mecanismos que permitan identificar y regular el nivel de estrés y frustración que pueda experimentar la persona antes o durante la actividad.

#### 4.2. Marco de referencia

De la revisión bibliográfica realizada en los aspectos: principios terapéuticos, características de juegos serios y características tecnológicas asociadas, se obtiene la Tabla III, en la cual se observa el tipo de información substraída de cada uno.

*Tabla III*  
*Tabla Resumen: tipo de información obtenida*

<b>Autor</b>	<b>Principios terapéuticos</b>	<b>Características de juegos serios</b>	<b>Consideraciones tecnológicas</b>
Doumas, et al. [13]	X	X	X
Saragih. Et al. [12]	X	X	X
Aguilar, Et al. [11]		X	X
López Ospina [27]		X	X
Álvarez, et al. [28]	X	X	X
Leyva Regalón, et al. [29]	X	X	X
Marques Gonçalves, et al. [30]	X	X	X
Ahmad, et al. [31]		X	X
Chiriboga, et al. [32]	X		
Vaca Garcés [4]	X		X
Sastre Barrios [9]	X	X	X

Con respecto a los hallazgos encontrados en esta fase se obtiene la Tabla IV, en la cual se encuentran los fundamentos clínicos para el diseño de los juegos y las características de juegos serios con mayor repetitividad y relevancia en los estudios (Ver tabla V). En cada una de ellas se asocia un numeral de aspecto que será resuelto en términos de consideraciones de diseño y requerimientos tecnológicos en la siguiente fase.

Tabla IV

Tabla principios terapéuticos. Los # "FUN" hacen referencia a los fundamentos sobre los cuales se construyen los juegos serios y los "FA" las fases que deben considerarse.

#	Principio terapéutico
FUN 1	Seguir un proceso planificado: ayudar al cumplimiento de objetivos a lograr del paciente a corto, mediano y largo plazo.
FUN 2	Proceso activo y dinámico que se ajuste a áreas cognitivas, emocionales, y sociales.
FUN 3	Ser individual y personalizada, ajustándose a las necesidades, intereses y situación de cada persona.
FUN 4	Ser social, incrementar la expectación de la rehabilitación por medio de la posibilidad de competir, colaborar e interactuar con otras personas.
FUN 5	Planteamiento del problema a resolver.
FUN 6	Repetitividad
FUN 7	El movimiento como acto de conocimiento: Se habla del movimiento como acción y reacción entre el cuerpo y el entorno para determinar el tipo de movimiento o potencial de acción.
FUN 8	Hipótesis de solución: El paciente a través del conocimiento previo percibido con el tacto y el movimiento propondrá una solución al desafío.
FUN 9	El terapeuta puede guiar el movimiento para ayudar a la percepción del paciente.
FA 1	Etapa cognitiva: Se enfoca en procesos cognitivos como la comprensión de instrucciones, formación de representaciones mentales y planificación de los movimientos necesarios.
FA 2	Etapa asociativa: El paciente establece asociaciones entre las señales sensoriales y las respuestas motoras, lo cual propicia la ejecución de tareas más fluida y coordinada.
FA 3	Automática: El paciente logra un rendimiento motor automatizado y eficiente. Las respuestas a los desafíos propuestos se ejecutan de manera casi automática, sin necesidad de guía o instrucciones frecuentes.

Tabla V

Tabla características de juego serio

#	Características de juego serio
ASP 1	<b>Interactividad:</b> Ofrecer un experiencia interactiva y participativa al usuario, incluyendo desafíos, la posibilidad de tomar decisiones y de resolver problemas.
ASP 2	<b>Retroalimentación y seguimiento:</b> Generar envíos de información constante al usuario acerca de su eficiencia permitiéndoles evaluar su desempeño e identificar oportunidades de mejora.
ASP 3	<b>Contexto relevante:</b> Diseñados en un contexto relevante para el aprendizaje.
ASP 4	<b>Diseño atractivo:</b> Implementación de elementos de diseño atractivos, como sonidos, colores, gráficos y mecánicas de juego motivadoras.
ASP 5	<b>Evaluación y adaptación:</b> Generación de evaluaciones de progreso y desempeño del usuario, adaptando el nivel de dificultad y el contenido del juego en función de las necesidades individuales detectadas.

### 4.3. Diseño de la aplicación

En la Figura 7, se observan los juegos preferidos por los usuarios, logrando identificar una preferencia por los juegos convencionales como el ajedrez, parques y dominó, de los cuales prima la preferencia por el ajedrez. En la segunda ronda de entrevista se encontró que todos los pacientes que no mencionaron el ajedrez lo encontraban atractivo y les gustaría jugarlo durante sus momentos de ocio u rehabilitación (Ver figura 8), así se obtuvo un porcentaje del 100% en el interés de aprender o jugar este juego.

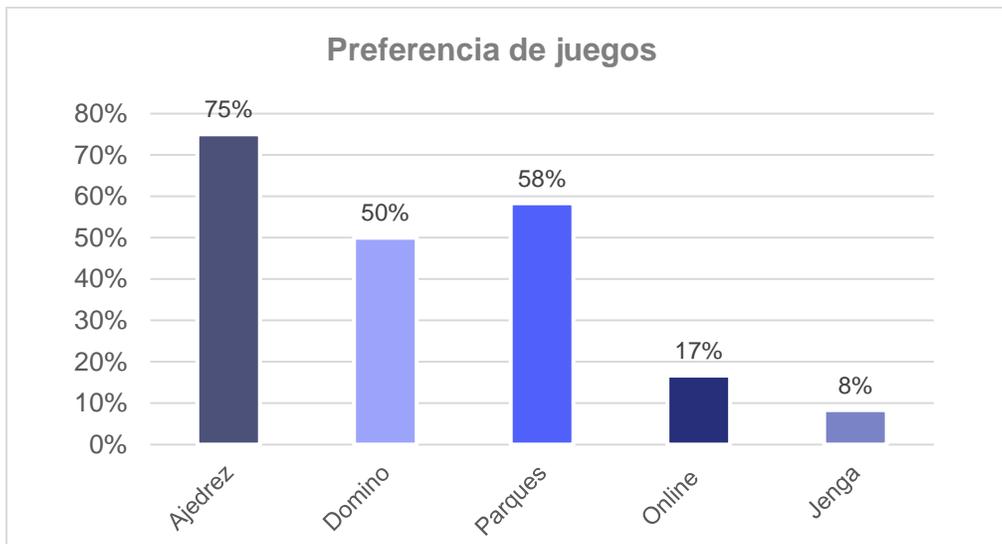


Figura 7. Resultados de juegos preferidos por los pacientes de MOBILITY GROUP. Fuente: Autor.

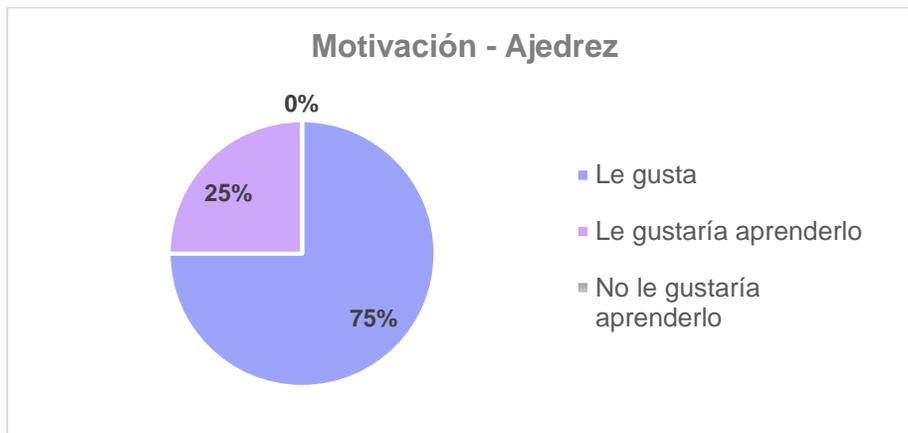


Figura 8. Resultado segunda encuesta aplicada a aquellas personas que no mencionaron el Ajedrez como una de sus motivaciones. Fuente: Autor.

El resultado obtenido indica una oportunidad incrementar la motivación entorno a la rehabilitación del miembro superior a través de juegos serios al añadir el juego de mayor preferencia dentro del aplicativo; Más allá de esta razón principal su implementación se sustenta bajo los principios cognitivos, ya que este juego propicia la resolución de problemas, la propiocepción del paciente, su flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, atención selectiva, toma de decisiones y autorregulación emocional, todos estos procesos activan áreas cerebrales, las cuales a ser activadas de manera regular pueden contribuir al desarrollo y fortalecimiento de las habilidades cognitivas y neuroplásticas [33]; Bajo un fundamento similar, con este se implementa en el proceso de diseño un juego serio basado en el aprendizaje del idioma Japonés; Siendo los procesos de aprendizaje conceptos claves en la neurociencia y la psicología cognitiva, al aprender algo nuevo el cerebro busca conexiones y relaciones con las cuales previamente se reconoce que es posible asimilar y retener la nueva información, esto desencadena una cascada de procesos de neuroplasticidad al estar frente a un reto no conocido. [34]

Con base en los fundamentos clínicos anteriormente mencionados se obtuvo la historia general de los juegos las cuales se describen a continuación:

**Japonés:** El juego inicia con la selección de la palabra a practicar, la cual puede ser recomendada automáticamente por el juego o seleccionada de un tablero general. Los objetivos por cumplir deberán ser seleccionados por el profesional. Una vez seleccionada, el juego presentará a uno de sus personajes el cual generará instrucciones en forma de retos y conversaciones. La interfaz deberá presentar al usuario la palabra elegida por medio de sus sílabas y acompañar la presentación del símbolo por medio de una representación visual y auditiva de cómo sería su sonido, así el usuario deberá escribir por medio del arrastre las sílabas presentadas.

**Ajedrez:** El juego inicia con la selección del modo de juego, el cual puede ser competitivo o individual. El modo competitivo se recomienda para aquellos que conozcan cómo jugar el ajedrez. En este modo el usuario podrá jugar y/o competir contra la máquina y otro paciente o persona. En el modo individual, el juego iniciará con una muestra del tablero junto con las fichas, este deberá elegir aquella de su interés. Posteriormente, se visualizará el tablero de ajedrez únicamente con la ficha seleccionada; la terapia consistirá en llevar a cabo los diferentes movimientos en el tablero por medio del arrastre.

Los modelos de reglas y escenario del juego a nivel general son observables en las tablas VI y VIII, en estas por medio de la columna con encabezado “#” se ilustra el fundamento, factor o aspecto de diseño considerado (Ver las tablas IV y V); los aspectos específicos de cada modelo según el juego son observables en las tablas: Tabla VII y Tabla IX. A su vez, los diagramas de procesos propuestos para el desarrollo de los juegos serios se muestran en los Anexos 7 y 8, en estas es observable el flujo a seguir en el prototipo, las conexiones con las bases de datos y las variables que se asocian al proceso.

Finalmente se obtuvo el diseño del prototipo por medio del programa PowerPoint, en esta última fase se buscó identificar los requerimientos que dan lugar al prototipo así se construyeron las tablas de resultado: Tabla X en la cual se definen los requerimientos no funcionales que debe cumplir el prototipo y las Tablas XI, XII, XIII, XIV en cada una de ellas se ilustran los requerimientos y factores de diseño considerados para la construcción final del prototipo, visualizable en las Figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14. El funcionamiento del prototipo funcional es visualizable en el Anexo 3 y los diagramas de proceso de cada una de las fases son observables en los Anexos 4, 5 y 6.

Tabla VI  
Tabla modelo reglas de juego

Modelo general de reglas del juego serio		
Capa	Descripción	#
1)	<p><i>Entidad:</i> Componente manejado por el paciente.  <i>Atributos:</i> “En movimiento” y “Estático”  <i>Estados:</i> “Acierto”, “Repetir”, “Cambio de Nivel” y “Cambio de Precisión”  <i>Condición 1:</i> El componente es arrastrado correctamente desde un intervalo espacial inicial definido y su desplazamiento finaliza en el intervalo espacial final correspondiente. à “<b>Acierto</b>”  <i>Condición 2:</i> Cualquier arrastre que no sea identificado como “Acierto”, ya sea por no cumplir con lo establecido en la condición anterior o por la realización de un trazo que no cumpla con la precisión del nivel. à “<b>Repetir</b>”  <i>Condición 3:</i> El juego ha detectado el cumplimiento de objetivos establecidos, sean estos a corto, mediano o largo plazo. En base a ello se genera un cambio de nivel asociado: Nivel 1: Guías completas, instruccionales y jerarquizadas à Nivel 2: Limitación de guías e instrucciones à Nivel 3: Eliminación de todos los elementos de apoyo, presentación de reto en “blanco”; o en sentido contrario, se detecta frustración frente a la actividad o retroceso en la capacidad percibida en el paciente. à “<b>Cambio de Nivel</b>”  <i>Condición 4:</i> El paciente ha completado todos los niveles o se percibe la posibilidad de aumentar el nivel de precisión basados en los trazos registrados; o en sentido contrario, se registra frustración o dificultad en la realización de los trazos en consecuencia se reconfigura el juego y se disminuye el nivel de precisión. à “<b>Cambio de Precisión</b>”  <i>Acciones:</i> “Mover”. El componente puede ser arrastrado por toda la pantalla según los deseos del paciente.  “Eliminación de guías”. El juego genera una limitación de las guías de ofrecidas en el juego o aumenta el nivel de precisión requerido para completar el objetivo.</p>	<p>FUN 1  FUN 2  FUN 3  FUN 6  FUN 8  FA 1  FA 2  FA 3  ASP 1</p>
2)	Llevar la entidad desde un punto inicial hacia el final logrando con el paso del tiempo un mejoramiento en el trazo realizado.	FUN 3
3)	<p><i>Condición 1:</i> Cuando la entidad principal no ha cambiado su estado.  <i>Feedback:</i> Instrucciones por parte del personaje virtual de cómo debe de realizarse el movimiento.  <i>Condición 2:</i> Cuando el trazo realizado es considerado incorrecto à “Repetir”  <i>Feedback:</i> La entidad vuelve al punto inicial, el personaje virtual aparece para alentar al paciente.  <i>Condición 3:</i> El trazo ha sido registrado como “Acierto”  <i>Feedback:</i> --</p>	ASP 2
3)	El usuario podrá interactuar por medio de las entidades que permiten control sobre los juegos serios, a su vez obtendrá información de los agentes virtuales del juego incrementando así la inmersión.	FUN 2 FUN 4
3)	No interactivo. La historia del juego y las comunicaciones son unidireccionales, además de presentarse en modo de reto.	ASP 3
4)	No aplicable.	
4)	Los objetivos y componente ya practicados por el usuario mantienen el nivel alcanzado previamente incluso si no se practica en varias sesiones, permitiéndole al paciente mantener su progreso.	FUN 3

*Tabla VII*  
*Tabla modelo reglas de juego específicas*

<b>Modelo general de reglas del juego serio</b>		
Capa	<i>Japones</i>	<i>Ajedrez</i>
1)	Entidad: Elemento circular que sigue el trazo del paciente.	Entidad: Ficha del tablero seleccionada.
2)	Aprender palabras en el idioma japonés que resulten motivantes para el paciente. Asociar los símbolos presentes en el alfabeto con su pronunciación y escritura. Asociar palabras del idioma japonés con su pronunciación y escritura.	Aprender los movimientos de cada una de las fichas del tablero. Competir con otros pacientes/familiares/amigos o con la máquina, reforzando las habilidades sociales. Superar retos instruccionales que requieren memoria y planificación.
3)	Condición 3: Feedback: El lienzo del movimiento es sombreado en un color distinto, además de aparecer la línea que representa el trazo del usuario.	Condición 2: ... y/o el movimiento ejecutado no pertenece a la ficha seleccionada. Feedback: La pieza genera un movimiento oscilatorio lateral que representa la ejecución inadecuada de un movimiento. Condición 3: Feedback: La ficha se desplaza hacia la casilla de punto final.
3)	N/A	El paciente podrá comunicarse con su contrincante por medio de audio, chat o envío de emoticones.
3)	N/A	
4)		
4)		

*Tabla VIII*  
*Tabla modelo de escenario de juego*

<b>Modelo general de escenario del juego</b>		
Capa	<i>Descripción</i>	<b>#</b>
1)	Escena: Entorno de aprendizaje. Los componentes de la escena son determinados por el nivel en el que se encuentre el paciente. El fondo puede variar su estado, representando un cambio de color según el progreso de la persona en el juego, si esta ha intentado alcanzar un mismo objetivo en varias ocasiones se propone realizar cambios en el tono de fondo, aumentando el contraste de las guías visuales o instrucciones en pantalla. Estados de otros componentes: "Visible" o "No visible"; "Seleccionado" o "Estático"	ASP 1
1)	Elementos de contexto: Música de fondo, audiovisuales e interacción con agente virtual a través de retos.	ASP 4
2)	No aplicable	
3)	Vistas: Única, 2D. Botones de control: Ocultar o mostrar todos los gráficos de indicadores.	ASP 2
3)	Física, utilización de arrastres en pantalla. Virtual, posición en pantalla.	FUN 7

*Tabla IX*  
*Tabla modelo de escenario de juego específicas*

<b>Modelo de escenario del juego específicas</b>		
Capa	<b>Japones</b>	<b>Ajedrez</b>
1)	<p>Escena: Tablero de aprendizaje</p> <p>Determinadas por el nivel en el que se encuentre el paciente. Todos tienen lugar en un mismo ambiente que consta de las entidades: Un fondo de color sólido, guías visuales como rectángulos que indican el inicio y final del trazo y un lienzo referencia que puede ser visible o no.</p> <p>Las guías visuales, rectángulos de inicio y lienzo de referencia pueden tener los estados: "Visible" o "No visible".</p>	<p>Escena: Tablero de ajedrez.</p> <p>Todas tienen lugar en un mismo ambiente que consta de las entidades: El tablero de ajedrez, guías visuales como flechas que indican en sentido y dirección del movimiento, casillas limitadas o no libres de movimiento u otras fichas de ajedrez.</p> <p>El estado de las entidades será: tablero - aparición de sombras o resaltado de algunos espacios según la limitación realizada en el tablero. Guías visuales – "Visibles" o "No visibles". Otras fichas de ajedrez - "Seleccionada" o "Estática"</p>
1)	Audiovisual de la palabra a escribir	N/A
2)	N/A	Comunicación con otros jugadores en modo competitivo
3)	N/A	
3)	N/A	

*Tabla X*  
*Tabla requerimientos no funcionales a considerar*

<b>Requerimientos no funcionales</b>	
<b>RNF1</b>	<p>La aplicación debe de ser compatible con ambos sistemas operativos (Android y iOS) en su última versión y posteriores.</p> <p>Los contenidos deberán adaptarse rápidamente al tamaño de pantalla del dispositivo.</p>
<b>RNF2</b>	<p>La aplicación debe de ser intuitiva y contar una interfaz regida por los criterios de accesibilidad. Entre los que se contempla: Establecer contraste entre el fondo, el color de la letra, los contornos de los botones y los demás elementos visuales.</p>
<b>RNF3</b>	<p>La aplicación debe de ser rápida y eficiente en términos de tiempo de carga, tiempo de respuesta y uso de recursos del dispositivo móvil.</p>
<b>RNF4</b>	<p>La aplicación debe de garantizar la seguridad de los datos del usuario, protegiendo su información personal, evitando vulnerabilidades y brechas de seguridad.</p>
<b>RNF5</b>	<p>La aplicación debe de estar disponible para los usuarios en todo momento, con un tiempo de inactividad mínimo. Así deben de incorporarse las características de una aplicación sólida que la haga estable.</p> <p>Debe de garantizar buena disponibilidad aún en condiciones de red intermitente o baja conectividad.</p>
<b>RNF6</b>	<p>La aplicación debe de ser fácil de mantener y actualizar con el paso del tiempo. Siguiendo buenas prácticas de programación, ser modular y tener un código limpio y buen documentado.</p>
<b>RNF7</b>	<p>La aplicación debe de cumplir con las leyes y regulaciones que apliquen.</p>
<b>RNF8</b>	<p>Se propone utilizar la nube como herramienta para almacenar los datos recopilados y relacionados a la aplicación. Los datos de la aplicación se almacenan tanto en servidores remotos como en la memoria local del dispositivo. Además, posibilita el almacenamiento de datos críticos en el dispositivo y acceder a ellos offline.</p>
<b>RNF9</b>	<p>Todas las bases de datos utilizadas para la incorporación del multimedia en el juego deben de almacenarse en nube disminuyendo así el peso de la aplicación.</p>

Tabla XI

Tabla requerimientos y aspectos de diseño modulo generalidades e inicio y registro de sesión

Módulo	Requerimientos / Aspectos de diseño	#	
Generales	<p>Para producir un contraste alto entre el fondo y los demás componentes visuales se utiliza un fondo de color blanco, además de utilizar gamas azules para los botones, letras, etc.</p> <p>Se utiliza el tipo de letra Franklin Gothic Book, ampliamente utilizado en aplicativos webs.</p> <p>Se incorporo en cada interfaz instruccional un botón símbolo de lectura en voz alta, así el usuario a su preferencia podrá generar la instrucción a la aplicación de lectura en voz alta.</p> <p>Implementar en cada pantalla botones de salida y regreso.</p>	1-44	RNF 2 CON I 5 CON I 7
Registro e inicio de sesión	<p>La aplicación deberá cumplir con los protocolos de seguridad y almacenamiento de datos, así se deberá restringir su uso si no se aceptan los términos y condiciones o se autorizan los datos biométricos. En las pantallas solo se permite el ingreso si estas son chuleadas (Aceptadas)</p>	5 8	RNF 4 RNF 7
	<p>Permitir el dictado por voz en celdas de texto. Se incorpora la visual al lado derecho de la celda en forma de micrófono. En términos de tecnología se requeriría implementar algoritmos de procesamiento de lenguaje natural y transcripción de voz a texto.</p>	6	CON I 7
	<p>Los nuevos usuarios deberán registrarse y crear una cuenta antes de utilizar la aplicación.</p> <p>Permitir la autenticación de los usuarios por medio de distintas alternativas como: ingreso de usuario y contraseña, huella dactilar y reconocimiento facial.</p>	3 4	CON I 8
	<p>Almacenar la información asociada a cada nuevo u viejo usuario por medio de bases de datos alojadas en la nube.</p>	6 7	RNF 8
	<p>Incorporar preguntas iniciales que permitan conocer la condición de salud y hemicuerpo afectado del paciente.</p>	8	CON I 9
	<p>Acompañar la entrada de agentes por medio de efectos audiovisuales.</p> <p>Tecnológicamente se requiere la programación de estos por medio de inteligencia artificial, así los agentes del juego podrán generar conversaciones unidireccionales autónomas en base al progreso y desempeño del jugador.</p>	9	



Figura 9. Prototipo sección registro e inicio de sesión Fuente: Autor.

*Tabla XII*  
*Tabla requerimientos y aspectos de diseño modulo entrenamiento*

<b>Módulo</b>	<b>Requerimientos / Aspectos de diseño</b>	<b>#</b>	
Entrenamiento	Presentar las opciones de juego serio que componen al módulo. A modo de diseño se incorpora con cada uno la visual del juego.	10	
	Permitir el ingreso de los agentes virtuales en distintos momentos del juego. Su funcionamiento se basaría en algoritmos que especifican sus reglas junto con inteligencia artificial que modula y crea sus interacciones. Cada entrada de agente se acompaña de audiovisuales.	17	CON I 10
	Permitir el ingreso de variables iniciales: emoción, escala de dolor y tiempo de práctica. → Almacenamiento en base de datos. Establecimiento de variables: Tiempo de práctica. Conexión con base de datos de vídeos, en caso de registrarse emociones negativas estos deberán ser presentados al usuario según la emoción inicial ingresada.	11, 12, 13, 14, 15, 16	CON I 10
	Permitir la personalización del juego. Se genera una pantalla de ingreso manual de las variables de nivel y precisión. Se propone la incorporación de algoritmos de inteligencia artificial que en base al progreso generen sugerencias.	18, 19	
	Permitir al usuario observar las métricas generales de su desempeño. Durante la realización del juego deberán irse ejecutándose procesos como un contador y sumador. Las métricas del juego deberán ser calculadas por medio de distintos algoritmos que permitan identificar la fluidez del trazo, las oscilaciones y la capacidad de orientación. Cada una de las variables capturadas durante el juego deben de ser almacenadas en nube para ser utilizadas como insumos de la reportería asociada a las sesiones.	21	

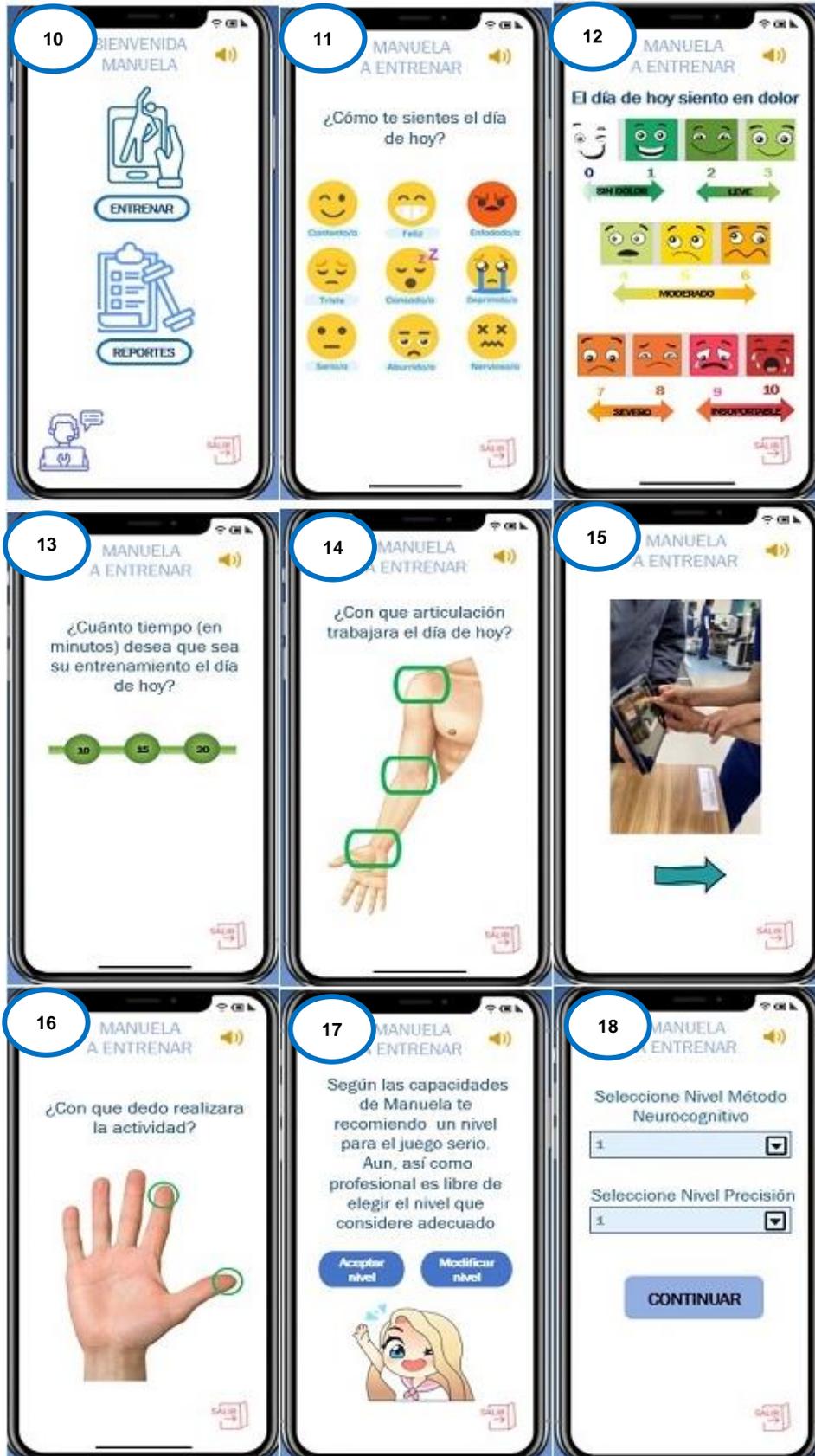




Figura 10. Prototipo sección entrenamiento. Fuente: Autor

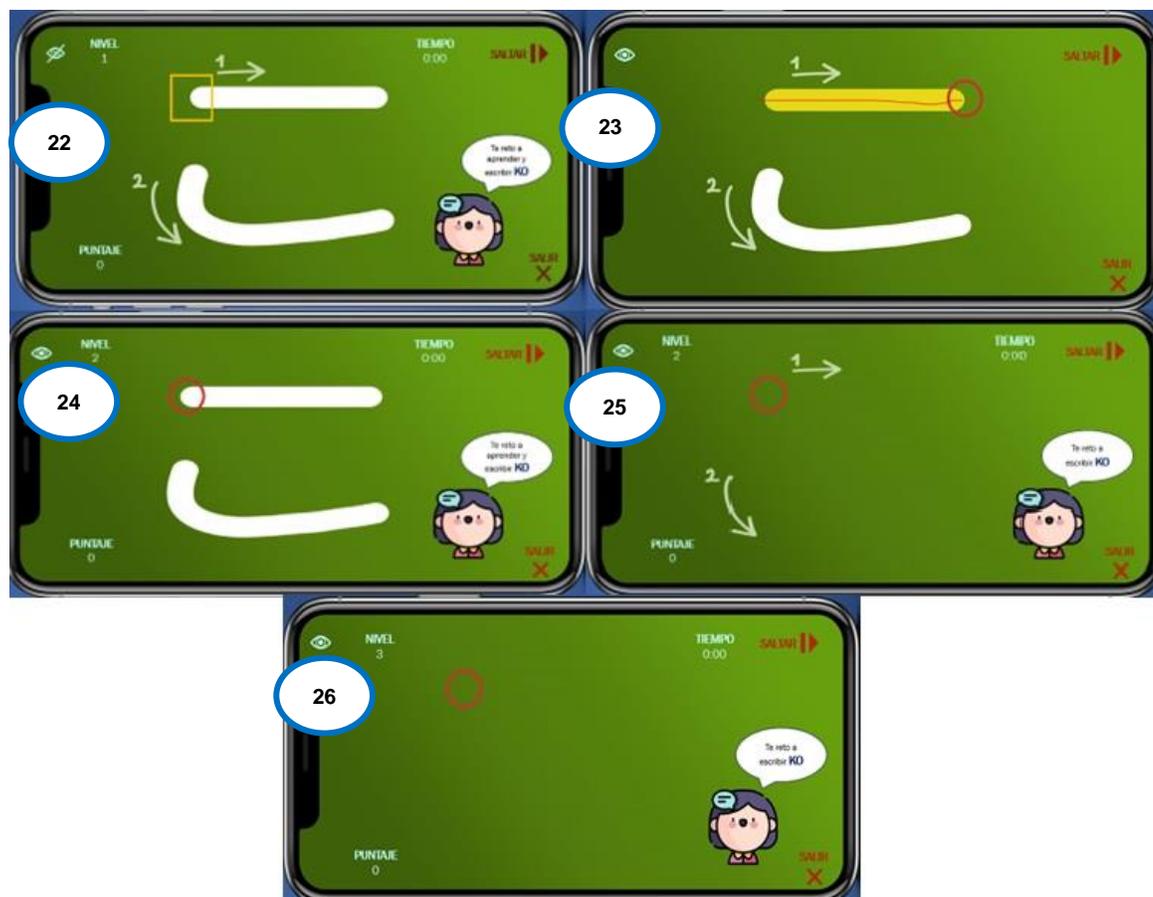


Figura 11. Juego serio Japones niveles 1, 2 y 3. Fuente: Autor



Figura 12. Juego serio ajedrez nivel 1,2,3. Fuente: Autor

Tabla XIII  
Tabla requerimientos y aspectos de diseño modulo juegos serios

Módulo	Requerimientos / Aspectos de diseño	#	
Juegos serios	El juego deberá ajustarse a los parámetros iniciales ingresados por el usuario: Estado de ánimo, tiempo de sesión y precisión/nivel.	22 - 32	CON I 10
	Cada juego presentado debe de ser adaptable por medio de algoritmos de inteligencia artificial en base al comportamiento percibido por el usuario durante la sesión aumentando o disminuyendo la dificultad.	22 - 32	CON I 10
	Debe contarse con bases de datos para cada componente del juego como: caracteres japoneses y su pronunciación, diccionario japonés e información acerca de los movimientos de las fichas de ajedrez. Se requiere servicio de comunicación online y un programa que permita conocer los movimientos faltantes de cada ficha.		
	Cada pantalla de juego deberá de contar con un botón superior de control que permita cambiar la visual de los indicadores	22 - 32	

*Tabla XIV*  
*Tabla requerimientos y aspectos de diseño modulo reportes*

Módulo	Requerimientos / Aspectos de diseño	#	
Reportes	<p>Permitir el acceso a los estadísticos del juego sean estos por intervalo de tiempo o diarios.</p> <p>Permitir la selección del día de interés por medio de un calendario, así cada día registrado de sesión culminada debe de asociarse con un número en el calendario donde cada uno se encuentre anclado al lugar de base de datos con dicha información.</p> <p>Permitir la selección de un intervalo de tiempo, para ello debe generarse la compilación de todos los estadísticos almacenados en ese periodo de tiempo y presentar la información compactada de ellos.</p> <p>Los estadísticos del juego deberán dividirse en datos, para los cuales simplemente deberá realizarse una obtención de información tal cual fueron indicados por el paciente al inicio de la sesión. Y, estadísticos los cuales deberán calcularse tras cada finalización de sesión serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo:</li> </ul> <p>Velocidad de reacción: Extraído de bases de datos, esta variable indica cuánto tiempo se demora la persona en realizar el primer contacto con la pantalla. Tiempo promedio x número de intentos: este debe calcularse por medio del tiempo promedio registrado en que el paciente realiza cada reto dentro de una sola sesión y el número de intentos realizados para su cumplimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espacialidad:</li> </ul> <p>Orientación: Calculo basado en el comportamiento durante el juego, se va estableciendo el puntaje obtenido según la capacidad de la persona para seguir la orientación de cada objeto a arrastrar según los intentos realizados y la forma en que estos se realizaron en el espacio. Fluidez: Calculo del número de oscilaciones de cada trazo comparando el trazo realizado con el mejor trazo en dicho reto. Precisión, qué tanto se parece el trazo realizado en cada reto con el mejor trazo realizado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intentos:</li> </ul> <p>Calculado por medio de la relación entre cada inicio de actividad táctica del usuario y cuantos de estos finalizaron en el punto esperado.</p> <p>Cada estadístico toma en cuenta como referencia al mismo paciente como parámetro, es decir, se comparan los resultados obtenidos en la sesión con el mejor resultado obtenido por el paciente y de esta forma se realizan los cálculos.</p>	33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43	

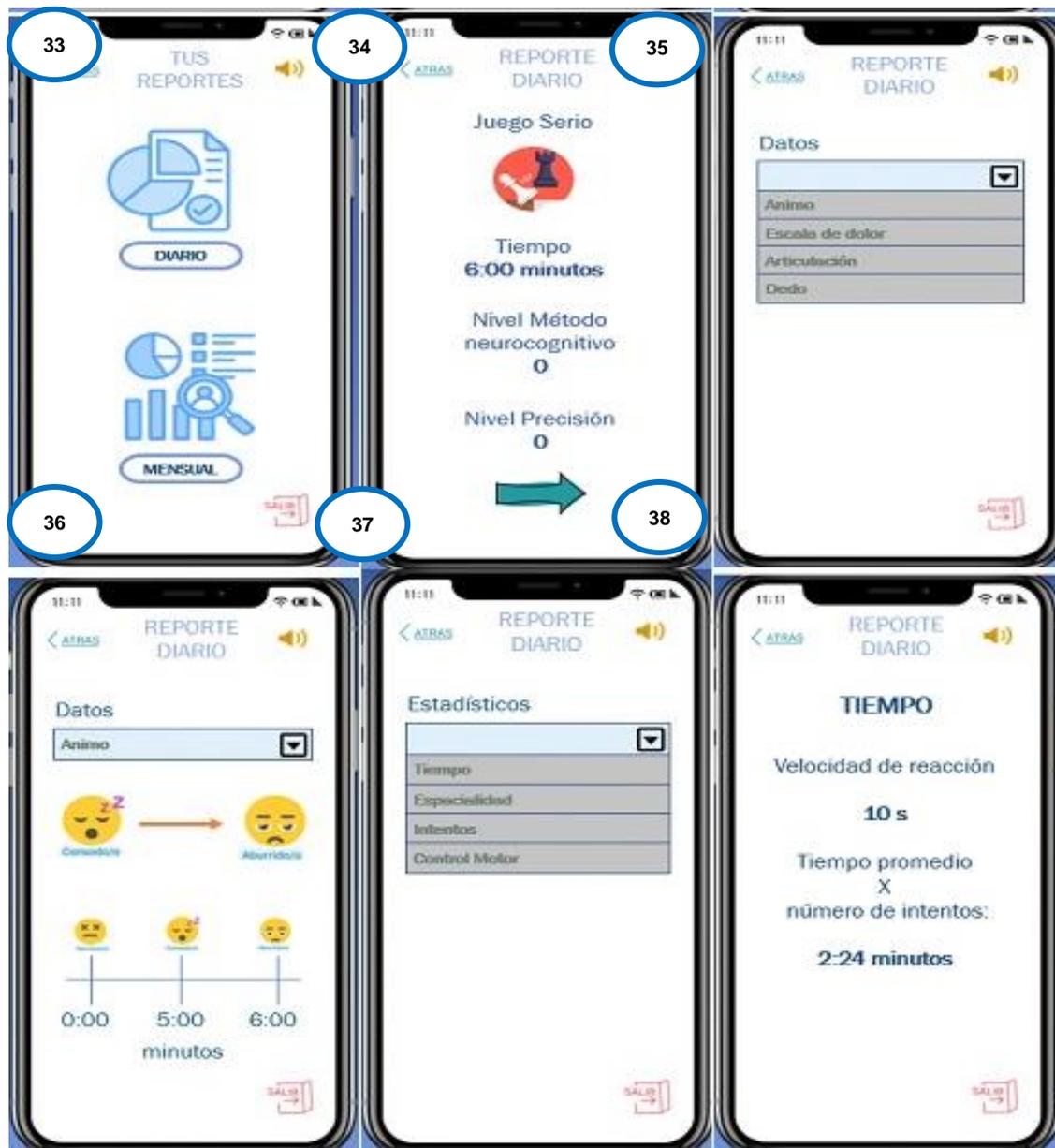


Figura 13. Prototipo sección reportes parte 1. Fuente: Autor

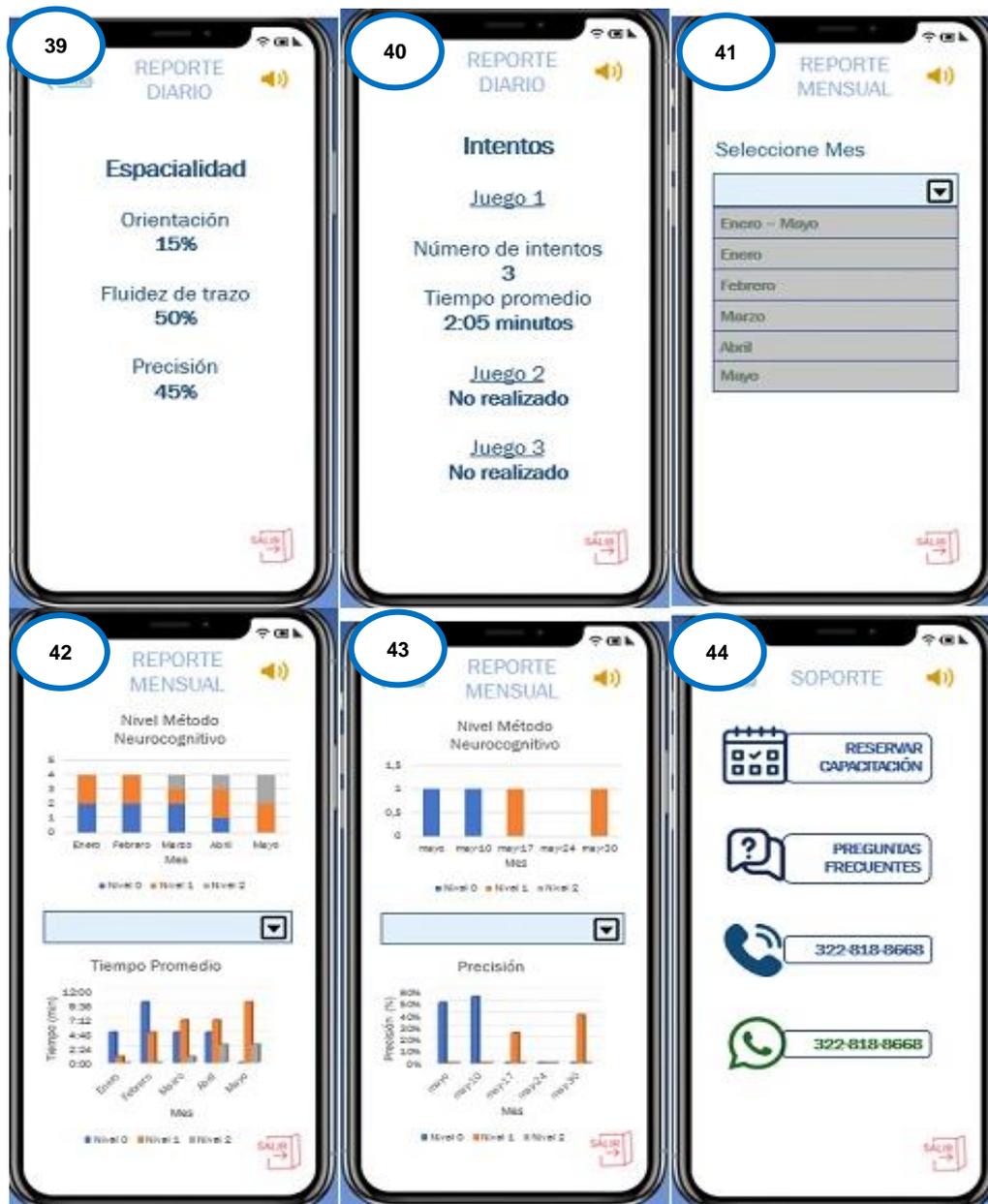


Figura 14. Prototipo sección reportes parte 2. Fuente: Autor

#### 4.4. Evaluación

Los resultados obtenidos se dividen en los aspectos evaluados por medio de las encuestas: Satisfacción, accesibilidad y relevancia clínica; En los dos primeros las poblaciones a las cuales se aplicó la encuesta se mencionan colectivamente.

**Satisfacción:** En general, los resultados obtenidos en este aspecto se mantuvieron consistentes en las respuestas “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”, respectivamente los promedios obtenidos para estas calificaciones fueron de 35% y 58.6% (Ver tabla XV),

lo cual sugiere que la mayoría de los encuestados respondieron positivamente ante el prototipo diseñado. Así, el prototipo logró ser percibido tanto por profesionales como pacientes como: atractivo, fácil de usar, sin errores durante su utilización, intuitivo, fácil de entender y contar con retroalimentaciones adecuadas en pantalla.

Sin embargo, se obtuvo un promedio de 5.6% y 1% en las calificaciones “Neutral” y “En desacuerdo”, en este sentido un pequeño porcentaje no tiene clara su posición frente al prototipo, es decir, no se encuentra a favor ni encontrada de la solución presentada.

*Tabla XV*  
*Tabla resultados sección satisfacción*

<b>Satisfacción</b>					
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>Neutral</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
Atractivo	60%	40%	0%	0%	0%
Fácil de usar	53,3%	40%	6,7%	0%	0%
Experiencia satisfactoria y sin errores	46,2%	46,2%	6,7%	0%	0%
Solución efectiva y útil	66,7%	19,9%	6,7%	6,7%	0%
Intuitivo	66,7%	30,8%	6,7%	0%	0%
Retroalimentación adecuada	60%	33,3%	6,7%	0%	0%
<b>Promedio</b>	<b>58.6%</b>	<b>35%</b>	<b>5.6%</b>	<b>1 %</b>	<b>0%</b>

**Accesibilidad:** Para esta sección se obtuvieron respuestas divergentes según el criterio de accesibilidad evaluado (Ver tabla XVI); En términos de promedio la cantidad de personas que tuvieron una posición positiva frente a los criterios incluidos en el prototipo fue del 75.5%, porcentaje del cual un 53.3 % evaluó el prototipo en la escala 5 “Totalmente de acuerdo” y un 22.2%, en la escala “De acuerdo”. En contraste con estos resultados, un promedio del 16.6% de los evaluados expresaron neutralidad y un 4.4% se encontró en “Desacuerdo” con los criterios incluidos; específicamente un 13.3% se mantuvo neutral frente: ser accesible para personas con discapacidad visual, motora y auditiva, mientras el mismo porcentaje se encontró en desacuerdo en este criterio, un 40% se mostró neutral a experiencia vivida a través del aplicativo y un 6.7% se encontró en “Desacuerdo”, un 20% se mantuvo neutral frente a los mecanismos incorporados en términos de la fuente y contraste de la aplicación y un 6.7% se encontró en “Desacuerdo” en el mismo aspecto, finalmente un 20% expresó neutralidad frente a la inclusión de subtítulos o transcripciones.

Los criterios de accesibilidad incluidos con menor porcentaje de aceptación por los usuarios fueron: “Accesibilidad para personas con discapacidad visual, motora o auditiva” y “Experiencia adecuada” donde el promedio de respuestas positivas estuvo en el 53,4 %, la neutralidad en un 13,3% y 40% respectivamente y el desacuerdo en 13,3% y 6,7% correspondientemente.

*Tabla XVI*  
*Tabla resultados sección accesibilidad*

<b>Accesibilidad</b>					
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>Neutral</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
Accesible para personas con discapacidad visual, motora o auditiva	53,4%	0%	13,3%	13,3%	0%
Experiencia adecuada	33,3%	20%	40%	6,7%	0%
Colores y fuentes claras y legibles	60%	40%	0%	0%	0%
Aumento de tamaño de fuente / modo alto contraste	60%	13,3%	20%	6,7%	0%
Etiquetas y descripciones claras	53,4%	40%	6,6%	0%	0%
Subtítulos o transcripciones	Re60%	20%	20%	0%	0%
<b>Promedio</b>	<b>53.3%</b>	<b>22.2%</b>	<b>16.6%</b>	<b>4.4%</b>	<b>0%</b>

#### 4.4.1. Resultados encuesta aporte clínico a pacientes

Con respecto a la perspectiva de los pacientes entrevistados frente a los juegos serios incorporados en el prototipo (Ver tabla XVII), se obtuvieron resultados consistentes en la respuesta “Totalmente de acuerdo” obteniendo un promedio del 75% de respuestas obtenidas en esta escala, el segundo mayor promedio se obtuvo en la escala “De acuerdo” con 18,75%, estos porcentajes permiten identificar que el prototipo cumplió con las características de los juegos serios y usabilidad. Contrario a estos, se obtuvo un porcentaje promedio de 6.25 en la escala “Neutral”, con el cual se expresó que el prototipo no resultaba positivo ni negativo en el aspecto “Experiencia interesante”.

#### 4.4.2. Resultados encuesta aporte clínico profesional

Impacto clínico (Ver tabla XVIII), se obtuvieron un mayor número de respuestas positivas de las cuales el promedio obtenido en la escala “Totalmente de acuerdo” y “De acuerdo” corresponden al 76.5% y al 16.2% respectivamente, siendo estas mayores al 80% interpretando de ello que los aspectos relacionados a los juegos serios fueron percibidos como positivos. Las escalas “Neutral”, “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo” se obtuvieron los porcentajes promedio 4.31, 2.1 y 0.75 respectivamente, de los aspectos evaluados se halla que la consideración de seguridad del paciente frente al prototipo y la motivación que representa para la población objetivo fueron aquellos con mayor neutralidad.

Tabla XVII  
Tabla resultados sección aporte clínico pacientes

Aporte clínico					
	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Fácil de entender	100%	0%	0%	0%	0%
Experiencia interesante	50%	0%	50%	0%	0%
Retroalimentación sobre rendimiento	100%	0%	0%	0%	0%
Motivante	50%	50%	0%	0%	0%
Seguro	100%	0%	0%	0%	0%
Resultados medibles	50%	50%	0%	0%	0%
Transdisciplinariedad	50%	50%	0%	0%	0%
Uso de al menos una vez por semana	100%	0%	0%	0%	0%
<b>Promedio</b>	<b>75%</b>	<b>18.75%</b>	<b>6.25%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

Tabla XVIII  
Tabla resultados sección aporte clínico profesionales

Aporte clínico					
	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Fácil de entender	84,6%	15,4%	0%	0%	0%
Útil para rehabilitación de miembro superior	84,6%	15,4%	0%	0%	0%
Experiencia interesante	76,9%	23,1%	0%	0%	0%
Retroalimentación sobre rendimiento	84,6%	15,4%	0%	0%	0%
Adaptación de nivel, capacidad cognitiva y experiencia previo con la tecnología	76,9%	7,7%	7,7%	7,7%	0%
Características de accesibilidad	84,6%	0,0%	7,7%	7,7%	0%
Progresión adecuada de nivel	76,9%	23,1%	0%	0%	0%
Seguro	76,9%	7,7%	15,4%	0%	0%
Resultados medibles	76,9%	23,1%	0%	0%	0%
Transdisciplinariedad	69,2%	30,8%	0%	0%	0%
Motiva a población adulta	50,0%	16,7%	16,7%	7,7%	8,3%
<b>Promedio</b>	<b>76.5%</b>	<b>16.2%</b>	<b>4.31%</b>	<b>2.1%</b>	<b>0.75%</b>

## 5. DISCUSIÓN

Tal como se menciona en la tesis de N.O Córdoba y J.P Cabrera, el uso de metodologías de diseño que incorporen requerimientos basados en el usuario y centrados en la identificación de sus motivaciones, necesidades y limitaciones permite obtener resultados positivos en términos de usabilidad [18]. Durante el proyecto realizado se siguió una metodología similar a la utilizada por los autores obteniendo así resultados semejantes en términos de usabilidad, el prototipo resultó atractivo, intuitivo y fácil de usar para más del 90% de la muestra entrevistada. Alineado con los hallazgos obtenidos por los autores, quienes en su trabajo encuentran la importancia del contenido audiovisual basados en que la población encuestada presta menor atención a los textos y mayor al contenido visual, en la aplicación prototipada se obtuvieron buenos resultados en las etiquetas y contenido visual de la aplicación.

La utilización de evidencia científica y principios terapéuticos como fundamento de los juegos utilizados se alinea con los resultados obtenidos por Doumas et al [13], en consecuencia, fue posible corroborar que la incorporación de estos en el área de neurorrehabilitación propicia una respuesta positiva en los criterios de agrado, utilidad y recomendación de la herramienta por el personal clínico.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la tesis de N. Montaña los cuales fueron desfavorables respecto a dificultad y duración de los niveles debido a que el aplicativo fue testeado en personas que no han sufrido un ACV [35], en contraste con estos resultados para el desarrollo del prototipo se construyeron y testearon los requerimientos desde la vista de pacientes con ACV, lo cual permitió obtener una aceptabilidad del 84,6% en términos de dificultad del juego y adaptabilidad del nivel. En semejanza con los resultados obtenidos por estos autores se concuerda que el diseño de juegos en 2D y con único medio de interacción la tableta o ratón, es posible disminuir la complejidad de los requerimientos tecnológicos asociados a la implementación lo cual se refleja en un menor costo, característica que propicia la accesibilidad y alcance de la aplicación.

Siguiendo la misma línea los hallazgos encontrados por estos autores, mencionan que se requiere de un grupo multidisciplinar que aporte desde diferentes campos de acción, para enriquecer la tecnología y producir un producto de alta calidad que se acople a las poblaciones. En consecuencia, a través de este trabajo se incorporó una metodología transdisciplinar con la cual las partes que integran este proyecto combinaron sus esfuerzos y conocimientos, esto permitió encontrar resultados favorables, el 100%, en este aspecto en el cual los encuestados manifestaron que la integración transdisciplinar era visible en el prototipo.

Z.B. Velandia et al, discuten acerca de la importancia de la validación de las aplicaciones ya que estas requieren contar con validez clínica antes de ser utilizadas por los pacientes [19], en este aspecto al realizar el proyecto de modo transdisciplinar fue posible contar con la participación tanto de pacientes como personal clínico, lo anterior permite reflexionar acerca de las oportunidades y fallos del desarrollo de una aplicación tal como la construida en este proyecto a nivel de prototipo.

## 6. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Siendo este un diseño orientado a la realización de un prototipo, la primera recomendación futura es la implementación de una metodología de Software que vaya más allá del prototipo, empezando así una implementación de los módulos que construyen el diseño presentado. Siendo más específicos al tratarse de un juego serio orientado a la rehabilitación de miembro superior sería relevante al momento de comenzar una implementación del diseño mantener comunicaciones activas tanto con profesionales clínicos como con la población objetivo, así podría implementarse una metodología incremental, SUM o SCRUM enfocándose primordialmente en el desarrollo de los juegos serios recibiendo así retroalimentaciones que permitan mejorar los parámetros de diseño con el fin de aumentar la motivación en los pacientes y la experiencia en general.

Como segunda recomendación se propone a quien desee continuar con este proyecto tener en cuenta los comentarios realizados en términos de accesibilidad motora, siendo este un aplicativo con propósito de poder ser utilizado en ambientes clínicos y diferentes de este, el paciente deberá ser capaz de utilizar el aplicativo independientemente y realizar juegos con su miembro afectado, en específico si lo utiliza:

1. Un paciente sin supervisión de un profesional de la salud, ya que puede resultar difícil planificar el movimiento con el miembro afectado. Este punto es de gran relevancia, ya que la población objetivo presenta alteraciones motoras y la idea sería que estos puedan entrenar con su miembro afectado.
2. Un paciente con alteraciones cognitivas ya que podría presentar muchas dificultades al momento de su uso, así sería valioso incorporar preguntas iniciales que permitan identificar la capacidad cognitiva del paciente y en base a ellas realizar adaptaciones tanto en el juego como en la presentación del aplicativo.
3. Un paciente con discapacidad auditiva, ya que puede sentirse perdido en el flujo de la aplicación, no identificar los sonidos o esta puede resultar difícil de usar y de entender.

Así para aumentar estos podría incorporarse, para la accesibilidad motora: Proporcionar opciones de control y acciones que se adapten a diferentes capacidades motoras (Joystick, teclado, mouse, etc.), personalización de la interfaz a través de ajuste de sensibilidad, tamaño y ubicación de los elementos interactivos, idear tanto para los juegos serios como para otros módulos de la interfaz alternativas de arrastre como permitir el uso de toques o pulsaciones cortas e incorporar modos de juego asistidos con los cuales el juego reduzca su sensibilidad admitiendo ciertas respuestas. Una vez diseñadas estas estrategias e implementadas sería ideal que pudiera una vez más realizarse una prueba de accesibilidad en búsqueda de mejoras y modificaciones según los resultados obtenidos

Finalmente, y siguiendo las propuestas realizadas en este trabajo se plantea realizar una implementación del diseño propuesto con la intención de reconocer si tuviese o no una validez clínica. Con este fin se puede diseñar un estudio clínico en el cual, por medio de datos relevantes, escalas validadas y un análisis estadístico se determine si la aplicación cumple con los objetivos clínicos sobre los cuales fue diseñada.

## 7. CONCLUSIONES

A pesar de realizarse una identificación inicial de las motivaciones, necesidades y limitaciones del paciente, de las cuales surgieron requerimientos en términos de accesibilidad (que luego fueron considerados para el diseño del prototipo), en la encuesta realizada este aspecto fue el de menor aceptación, encontrando que la accesibilidad visual es el factor mejor valorado y genera la sensación de facilidad de uso del prototipo, sin embargo, se encuentran fallos al no considerar criterios de accesibilidad enfocados a otras áreas como la motora, capacidad cognitiva y auditiva.

El marco de referencia establecido permitió adaptar tanto el juego de mayor interés de los pacientes como otros juegos por medio de las características propias de los juegos serios, además de permitir el establecimiento claro de los requerimientos tecnológicos asociados. A su vez, este indirectamente favoreció la recolección de opiniones positivas en varios aspectos evaluados en las encuestas, en las cuales el personal clínico manifestó que utilizaría y recomendaría el aplicativo debido a que cuenta con un fundamento de evidencia clínica pertinente.

Gracias a la metodología escogida fue posible diseñar la adaptación de los juegos serios desde las reglas y escenarios que componen al juego, este diseño permitirá a un próximo estudiante o profesional entender el flujo del juego, cómo este se juega y qué debe tenerse en cuenta para la construcción tanto del ambiente del juego como de las retroalimentaciones necesarias según el caso.

En términos del trabajo transdisciplinar realizado con este proyecto se logró combinar dos áreas de conocimiento: clínica de rehabilitación y procesos-tecnología, como resultado fue posible validar la relevancia del prototipo realizado tanto por pacientes como por profesionales de rehabilitación encontrado que hay una mayor credibilidad y confiabilidad lo cual sustenta favorablemente su futura implementación. A su vez, esta base lograría disminuir los costos de desarrollo ya que este ya ha sido evaluado por las poblaciones que harían uso de la tecnología.

## REFERENCIAS

- [1] V. L. Feigin *et al.*, «World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022», *Int. J. Stroke*, vol. 17, n.º 1, pp. 18-29, ene. 2022, doi: 10.1177/17474930211065917.
- [2] «Annual Report 2022», World Stroke Organization, 2022. Accedido: 22 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: [www.world-stroke.org](http://www.world-stroke.org)
- [3] RecaVar, «Estadísticas ACV: Datos de Colombia y el mundo», *RecaVar*, 2 de enero de 2023. <https://www.recavar.org/acv-estadisticas> (accedido 22 de junio de 2023).
- [4] M. M. Vaca Garcés, «Método Perfetti en hemiplejía por accidente cerebrovascular.», Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2020.
- [5] World Health Organization, «Towards a Common Language for Functioning, Disability and Health ICF».
- [6] E. N. Meza Vasquez, «Efecto del tratamiento neurocognitivo en la recuperación de la discapacidad del miembro superior en pacientes con hemiplejía en Huancayo», Universidad Nobert Wiener, Lima, Perú, 2021.
- [7] I. A. Marques *et al.*, «Virtual reality and serious game therapy for post-stroke individuals: A preliminary study with humanized rehabilitation approach protocol», *Complement. Ther. Clin. Pract.*, vol. 49, p. 101681, nov. 2022, doi: 10.1016/j.ctcp.2022.101681.
- [8] C. Guerry y K. Patchane, «Terapia robótica en la recuperación del miembro superior posterior a un accidente cerebrovascular: Revisión sistemática», Universidad Europea de Valencia, Valencia, 2022.
- [9] C. S. Barrios, «Neurorrehabilitación y nuevas tecnologías», vol. 3, n.º 2, pp. 157-170, 2020.
- [10] V. Sánchez-Silverio, V. Abuín-Porras, y I. Rodríguez-Costa, «Principios del aprendizaje motor: Una revisión sobre sus aplicaciones en la rehabilitación del accidente cerebrovascular.», *Rev. Ecuat. Neurol.*, vol. 29, n.º 3, pp. 84-91, 2020, doi: 10.46997/revecuatneurol29300084.
- [11] D. L. Aguilar Jiménez, «Aplicación de Inteligencia Artificial en un Videojuego Serio para la Rehabilitación de la Articulación del Codo», Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica, 2021. doi: 10.24254/CNIB.21.43.
- [12] I. D. Saragih, G. Everard, y B.-O. Lee, «A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials on the effect of serious games on people with dementia», *Ageing Res. Rev.*, vol. 82, p. 101740, dic. 2022, doi: 10.1016/j.arr.2022.101740.
- [13] I. Doumas, G. Everard, S. Dehem, y T. Lejeune, «Serious games for upper limb rehabilitation after stroke: a meta-analysis», *J. NeuroEngineering Rehabil.*, vol. 18, n.º 1, p. 100, dic. 2021, doi: 10.1186/s12984-021-00889-1.
- [14] J. C. S. Delgado y P. A. Bazán, «Diseño de juegos serios: Análisis de metodologías», *Rev. E-Cienc. Inf.*, vol. 11, n.º 2, pp. 84-110, 2021.
- [15] E. M. Smith y J. Boger, «Better together: Promoting interdisciplinary research in assistive technology», *Assist. Technol.*, vol. 34, n.º 1, pp. 1-1, ene. 2022, doi: 10.1080/10400435.2022.2047397.
- [16] «Millenium», *Millenium BPO S.A.* <https://millenium.com.co/millenium/> (accedido 6 de julio de 2023).
- [17] «Sobre nosotros», *Mobility Group*. <https://mobilitygroup.co/nosotros/> (accedido 6 de julio de 2023).
- [18] N. I. Córdova Ortiz y J. C. Carrera Peñaloza, «Prototipo de aplicación móvil interactiva para el tratamiento de rehabilitación física de personas que hayan tenido un accidente cerebrovascular en el Hospital Luis Vernaza», Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2019.

- [19]Z. T. Velandia Bernal, M. Lozano Rodríguez, y G. K. Baquero Mujica, «Aplicaciones móviles en salud, una revisión sistemática cualitativa», Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia, 2021.
- [20]S. Soobia.et.al., «Analysis of Software Development Methodologies», *Int. J. Comput. Digit. Syst.*, vol. 8, n.º 5, pp. 445-460, ene. 2019, doi: 10.12785/ijcds/080502.
- [21]S. Magistretti, L. Ardito, y A. Messeni Petruzzelli, «Framing the microfoundations of design thinking as a dynamic capability for innovation: Reconciling theory and practice», *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 38, n.º 6, pp. 645-667, nov. 2021, doi: 10.1111/jpim.12586.
- [22]N. D. Piza Burgos, F. A. Amaiquema Márquez, G. E. Beltrán Baquerizo, N. D. Piza Burgos, F. A. Amaiquema Márquez, y G. E. Beltrán Baquerizo, «Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias», *Conrado*, vol. 15, n.º 70, pp. 455-459, oct. 2019.
- [23]A. Y. Ponce Gúzman, «Arquitectura para la concepción de Serious Games aplicados a la toma de decisiones basados en Storytelling interactivo», Instituto tecnológico de ciudad madero, Madero, Tamaulipas, 2019.
- [24]T. Zarraonandia, P. Diaz, I. Aedo, y M. R. Ruiz, «Designing educational games through a conceptual model based on rules and escenarios», *Multimed. Tools Appl.*, vol. 74, n.º 13, pp. 4535-4559, jul. 2015, doi: 10.1007/s11042-013-1821-1.
- [25]J. Cervantes Ojeda, M. del C. Gómez Fuentes, y P. P. González Pérez, *Fundamentos de Ingeniería de Software*. México: Universidad autónoma metropolitana, 2019.
- [26]H. D. Lozano Rojas, «Implementación de un juego serio multiplataforma para el desarrollo de la orientación espacial en niños de 6 a 8 años», Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2017.
- [27]D. S. Lopez Ospina, «Videojuegos como herramientas para la rehabilitación física, neuro-rehabilitación y el entrenamiento cognitivo», Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2018.
- [28]S. Álvarez, O. M. Salazar, y D. A. Ovalle, «Modelo de juego serio colaborativo basado en agentes inteligentes para apoyar procesos virtuales de aprendizaje», *Form. Univ.*, vol. 13, n.º 5, pp. 87-102, oct. 2020, doi: 10.4067/S0718-50062020000500087.
- [29]J. A. Leyva Regalón y I. M. Céspedes, «Los juegos serios en el entrenamiento y la rehabilitación cognitiva», *eciMED*, vol. 11, n.º 2, pp. 140-157, 2019.
- [30]H. I. M. Gonçalves y F. O. Da Silva, «Cognitive Rehabilitation: A Comparison Model of a Digital Environment based on Serious Games and the Traditional Methods», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 219, pp. 1333-1340, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.01.418.
- [31]S. Ahmad, S. Umirzakova, F. Jamil, y T. K. Whangbo, «Internet-of-things-enabled serious games: A comprehensive survey», *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 136, pp. 67-83, nov. 2022, doi: 10.1016/j.future.2022.05.026.
- [32]S. P. Orellana Chiriboga, «Terapia Ocupacional y Rehabilitación Neurocognitiva en personas adultas mayores con accidente cerebrovascular (ICTUS) a través del Método Perfetti.», Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2022.
- [33]A. Salas Cortés, «Cambios en el sistema nervioso con la práctica del ajedrez beneficios para el alumno», Universidad de Sevilla, Sevilla.
- [34]M. T. Sánchez Rodríguez, S. Collado Vázquez, P. Martín Casas, y R. Cano De La Cuerda, «Apps en neurorrehabilitación. Una revisión sistemática de aplicaciones móviles», *Neurología*, vol. 33, n.º 5, pp. 313-326, jun. 2018, doi: 10.1016/j.nrl.2015.10.005.
- [35]N. S. Montaña, «Diseño y Desarrollo de una Aplicación Para el Apoyo a la Rehabilitación de Personas que Hayan Sufrido un Accidente Cerebrovascular».