

MedicalApp - Rehabilitación de la función motora de la mano en pacientes con ACV

Andy Valer Granda, Alex Sánchez Valenzuela,
Carla Bravo Palacios, Ingrid Rodriguez Contreras,
José Zapata Castro, Nicolás Vásquez Carrillo

Resumen— Este artículo presenta un sistema interactivo para la rehabilitación motora de la mano en pacientes con secuelas de accidente cerebrovascular hemorrágico. El prototipo combina un guante de soft robotics, sensores flex y piezoelectricos, actuadores neumáticos y un videojuego que monitorea y estimula la actividad motora. Utiliza un microcontrolador ESP32 para gestionar señales y transmitir datos vía Bluetooth, priorizando ergonomía, biocompatibilidad y seguridad según normas ISO. El dispositivo busca reducir el abandono de la terapia y fomentar la recuperación funcional mediante ejercicios interactivos en un entorno motivador.

Abstract— This article presents an interactive system for hand motor rehabilitation in patients with hemorrhagic stroke sequelae. The prototype combines a soft robotics glove, flex and piezoelectric sensors, pneumatic actuators and a video game that monitors and stimulates motor activity. It uses an ESP32 microcontroller to manage signals and transmit data via Bluetooth, prioritizing ergonomics, biocompatibility and safety according to ISO standards. The device aims to reduce therapy abandonment and promote functional recovery through interactive exercises in a motivating environment.

I. INTRODUCCIÓN

A. Contexto

El accidente cerebrovascular hemorrágico (ACV) se produce por la ruptura de un vaso sanguíneo en el cerebro, lo que ocasiona daño neuronal significativo. Esta condición afecta funciones esenciales como el movimiento y la comunicación, dejando secuelas motoras y cognitivas que impactan la calidad de vida de los pacientes.

A nivel mundial, la incidencia de ACV hemorrágico ha aumentado en población joven, especialmente en adultos menores de 45 años, con un crecimiento del 40% en los últimos años según la revista Lancet Neurology. En Perú, se considera una de las principales causas de discapacidad permanente en adultos, lo que resalta la

importancia de implementar soluciones efectivas para la rehabilitación motora y funcional. [1]

B. Justificación

La rehabilitación de pacientes con secuelas de accidente cerebrovascular hemorrágico enfrenta retos en la recuperación motora de la mano, esencial para las actividades diarias. Tecnologías como la robótica blanda y los videojuegos han demostrado mejorar la neuroplasticidad y la adherencia al tratamiento, haciendo la terapia más dinámica y motivadora.

El desarrollo de un prototipo interactivo y de bajo costo busca optimizar los tratamientos actuales, ofreciendo soluciones accesibles que promuevan la independencia y la recuperación funcional. [2]

II. PROBLEMÁTICA

El abandono del tratamiento durante el proceso de rehabilitación es frecuente debido a la frustración generada por la falta de resultados y esperanzas en la recuperación. Según un artículo de la Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, publicado por el Hospital Cayetano Heredia, el 60% de los pacientes que sufren un ACV hemorrágico desarrollan secuelas discapacitantes, y de estos, solo el 20% completa un tratamiento de rehabilitación [3].

En Perú, el accidente cerebrovascular es una de las principales causas de discapacidad permanente en adultos, generando graves lesiones cerebrales con secuelas que pueden llevar incluso a la muerte [4]. En el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR), se atiende a pacientes con compromiso moderado y severo, siempre que cuenten con el Seguro Integral de Salud. El Departamento de Lesiones Centrales del INR reporta que casi el 30% de los casos tratados corresponden a ACV hemorrágico [5].

El tratamiento en el INR se enfoca en la neurorehabilitación, un proceso multidisciplinario que busca maximizar la capacidad funcional de los pacientes y promover su independencia en actividades cotidianas. Este enfoque está a cargo de equipos conformados por médicos rehabilitadores, terapeutas físicos y trabajadores sociales [5].

A pesar de estos esfuerzos, los métodos tradicionales presentan limitaciones. Existe una

falta de equipos de rehabilitación interactiva que permitan monitorear el progreso motor y motiven al paciente a continuar con las sesiones. Por ello, es necesario desarrollar dispositivos biomédicos interactivos que mejoren la adherencia al tratamiento y favorezcan la recuperación en pacientes con ACV hemorrágico.

III. ESTADO DEL ARTE

La rehabilitación de la función motora de la mano en pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular (ACV) ha sido objeto de numerosos estudios que exploran el uso de tecnologías innovadoras como guantes robóticos y exoesqueletos. A continuación, se presenta un resumen de los avances más relevantes en este ámbito.

A. Guantes Robóticos Controlados por Interfaz Cerebro-Computadora

Se ha desarrollado un guante robótico blando que utiliza una interfaz cerebro-computadora (BCI) para la rehabilitación de la función manual en pacientes post-ictus. Este dispositivo proporciona asistencia mecánica, facilitando la recuperación motora y promoviendo la neuroplasticidad, además de requerir poco entrenamiento, lo que lo hace accesible y efectivo para mejorar la destreza manual [6].

B. Diseño de Guantes Bidireccionales para Rehabilitación

Un guante robótico blando ha sido diseñado y evaluado para mejorar la función de la mano en personas que están en proceso de recuperación tras un ACV. Este guante incorpora actuadores que permiten asistencia tanto en la flexión como en la extensión, lo que facilita diversas actividades diarias como agarrar y manipular objetos [7].

C. Robots Ligeros para Soporte del Miembro Superior

Se han investigado robots portátiles y ligeros que ayudan a pacientes con accidentes cerebrovasculares crónicos en sus actividades diarias. Estos dispositivos son capaces de compensar la gravedad y mejorar el rango de movimiento, reduciendo la actividad muscular

patológica sin interferir en los movimientos saludables. Los resultados sugieren un alto potencial para estas tecnologías en el ámbito de la rehabilitación [8].

D. Exoesqueleto Controlado por EMG

Un sistema innovador utiliza señales electromiográficas (EMG) para controlar un exoesqueleto diseñado específicamente para pacientes con accidente cerebrovascular. Este enfoque permite una rehabilitación bilateral efectiva, minimizando la latencia en el reconocimiento de gestos y logrando una precisión del 97%, lo cual es crucial para el éxito terapéutico [9].

E. Patentes Innovadoras en Rehabilitación

Existen diversas patentes enfocadas en dispositivos para la rehabilitación motora:

- Un exoesqueleto portátil que coadyuva en movimientos de flexión y extensión de los dedos, diseñado para reducir tensiones articulares [10].
- Guantes con sensores de fuerza integrados que fortalecen la actividad motora del dedo, promoviendo una rehabilitación efectiva [11].
- Sistemas remotos para la práctica de rehabilitación de extremidades superiores, equipados con sensores de presión y movimiento [10].

F. Aplicaciones Clínicas y Casos de Estudio

Un estudio reciente presenta un enfoque para la rehabilitación pasiva del miembro superior mediante un exoesqueleto diseñado específicamente para emular movimientos anatómicos durante ejercicios terapéuticos. Los resultados indican un desempeño promedio del 95% en precisión durante los movimientos, lo que sugiere su efectividad en entornos clínicos [12].

Estos avances subrayan el potencial significativo de las tecnologías robóticas y de interfaz cerebro-computadora en la rehabilitación post-ictus, ofreciendo nuevas oportunidades para personalizar y optimizar los tratamientos, lo cual es esencial para mejorar los resultados funcionales de los pacientes [13].

G. Productos Comerciales para Terapia Ocupacional

El mercado ofrece diversos productos comerciales relevantes:

- Exo-Glove Poly: Un dispositivo fabricado en silicona, que permite movimientos de flexión-extensión mediante actuadores controlados por tendones [14].
- Syrebo Rehabilitation Glove: Diseñado para tratar disfunciones motoras causadas por ACV, utilizando músculos artificiales neumáticos para realizar movimientos precisos [15].
- AMADEO: Un sistema computarizado para terapias pasivas y activas, que ajusta fuerza y rango de movimiento según las capacidades del paciente [16].

Nombre del producto	Función principal	Precio	Referencia
Mesa	Tableta giratoria	Alrededor de \$1000	Exo-Glove Poly
Asiento	Asiento giratorio	Alrededor de \$1000	Exo-Glove Poly
Cinturón	No disponible	No disponible	Syrebo Rehabilitation Glove
Almohadilla	No disponible	No disponible	Syrebo Rehabilitation Glove
Almohadilla	No disponible	No disponible	AMADEO
Otros	No disponible	No disponible	AMADEO
Exo-Glove Poly	Alrededor de \$1000	Exo-Glove Poly	Exo-Glove Poly
Syrebo Rehabilitation Glove	Alrededor de \$1000	Syrebo Rehabilitation Glove	Syrebo Rehabilitation Glove
AMADEO	Alrededor de \$1000	AMADEO	AMADEO
Total			

Enlace

Imagen1. Tabla de comparación

IV. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La propuesta de solución se centra en el desarrollo de un prototipo de bajo costo que integre tecnologías de rehabilitación motora con elementos interactivos, como videojuegos, para mejorar la adherencia al tratamiento en pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular (ACV). A continuación, se detallan los componentes clave de esta propuesta.

A. Objetivo:

El objetivo principal es diseñar un dispositivo biomédico interactivo que facilite la rehabilitación de la función motora de la mano, utilizando un enfoque que combine la terapia física con la motivación que ofrecen los videojuegos. Esto busca reducir la alta tasa de abandono del tratamiento, que se ha documentado en estudios previos.

B. Evaluación Inicial:

Antes de iniciar el tratamiento, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva del paciente utilizando herramientas estandarizadas:

- Índice de Barthel: Este índice consta de 10 preguntas que miden la capacidad del paciente para realizar actividades diarias, proporcionando una estimación cuantitativa de su grado de independencia [17].
- Escala de Lawton y Brody: Compuesta por 8 preguntas, esta escala evalúa la capacidad del paciente para realizar actividades instrumentales sin ayuda externa, determinando su nivel de dependencia [18].
- Escala de Ashworth Modificada: Esta escala mide el grado de espasticidad muscular en el paciente, lo que es crucial para adaptar el tratamiento a las necesidades específicas del individuo [19].

C. Plan de Intervención:

El plan de intervención será único y específico para cada paciente, con un programa terapéutico diseñado para durar 4 semanas, durante las cuales se realizarán dos sesiones semanales de 30 minutos.

Los ejercicios se centrarán principalmente en:

- Flexión y extensión: Movimientos básicos que son fundamentales para mejorar la funcionalidad de la mano.
- Abducción y aducción: Movimientos que ayudan a aumentar el rango de movimiento y la destreza.

Cada 4 semanas, se programará una reevaluación médica para comparar los avances del paciente con las respuestas iniciales y ajustar el tratamiento según sea necesario.

V. METODOLOGÍA

A. Diseño del Prototipo:

El diseño del prototipo se basó en los principios de robótica blanda para la rehabilitación. El proceso incluyó:

1. Diseño Inicial:

Se elaboró un boceto preliminar que permitió visualizar la estructura del dispositivo y definir la distribución de sus componentes principales, como sensores, actuadores y el microcontrolador ESP32. Este boceto sirvió como guía para la etapa de modelado y construcción del prototipo.

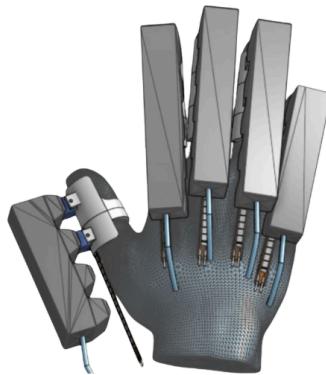


Imagen 2. Boceto preliminar del prototipo

2. Impresión y Montaje:

Las piezas del dispositivo fueron fabricadas mediante impresión 3D para garantizar precisión y personalización, utilizando materiales seguros y resistentes.

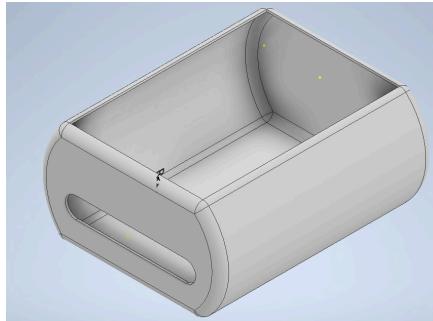


Imagen 3. Diseño del prototipo

3. Placa PCB:

El circuito fue diseñado y fabricado con los componentes necesarios para conectar los sensores y actuadores al microcontrolador ESP32.

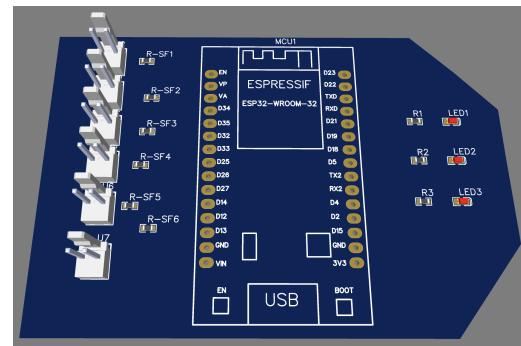


Imagen 4. Placa de circuito (Vista 3D)

B. Caja Negra del Sistema:

Se conceptualizó el prototipo como una caja negra:

- Entradas: Señales provenientes de sensores (flex, piezoelectrinos).
- Procesamiento: Microcontrolador ESP32 que interpreta las señales y envía datos.
- Salidas: Activación de actuadores neumáticos y retroalimentación visual en el videojuego.



Imagen 5. Diseño de la Caja Negra

C. Estructura de Funciones:

1. Esquemático:

El diseño eléctrico y electrónico se desarrolló con un software especializado para optimizar conexiones y minimizar errores.

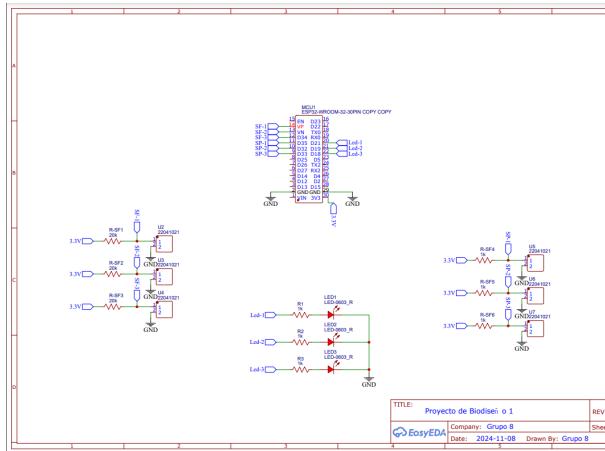


Imagen 6. Esquemático

2. Diagrama de Bloques:

Organiza las funciones principales, desde la captación de datos hasta la interacción con el videojuego.

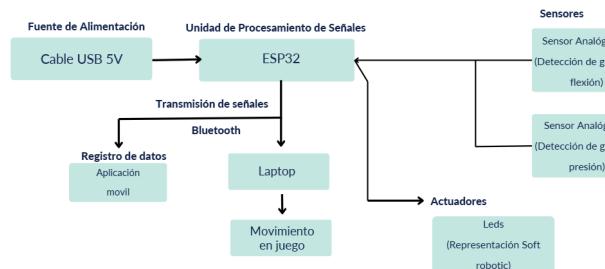


Imagen 7. Diagrama de Bloques

D. Desarrollo del Videojuego:

El videojuego fue diseñado en un entorno 2D para brindar una interfaz atractiva y fácil de usar.

El paciente realiza movimientos terapéuticos mientras interactúa con el entorno del videojuego.

1. Diagrama de flujo:

Un diagrama de flujo describe los pasos lógicos del sistema, desde la recepción de datos hasta la activación de los actuadores y registro del progreso en el videojuego.

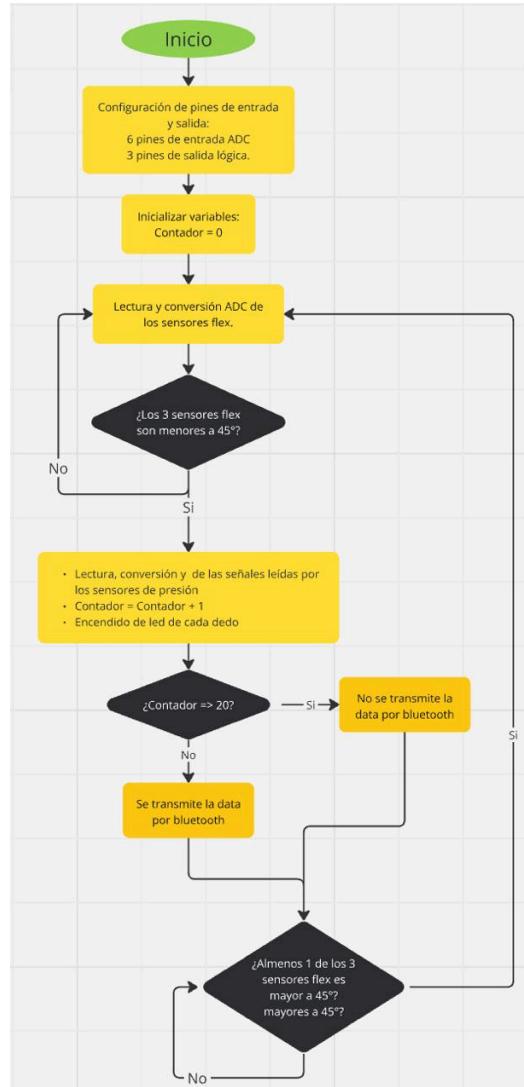


Imagen 8. Diagrama de flujo del programa.

2. Interfaz del videojuego:

La interfaz fue diseñada para ser visualmente atractiva y funcional, con elementos que facilitan la interacción del paciente.

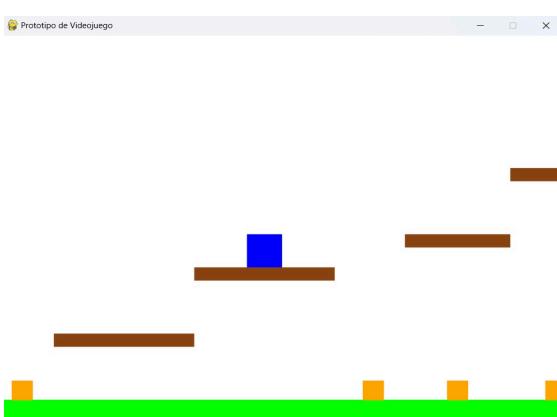


Imagen 9. Interfaz del videojuego.

E. Fabricación de los Moldes

1. Diseño de los Moldes:

Para la creación de los componentes del dispositivo, se diseñaron moldes específicos para los dedos utilizando software de modelado 3D. Estos moldes permiten obtener piezas precisas y adaptables a la anatomía de los usuarios.

2. Impresión de los Moldes:

Los moldes fueron fabricados mediante impresión 3D utilizando un material rígido que garantiza la durabilidad durante el proceso de llenado.

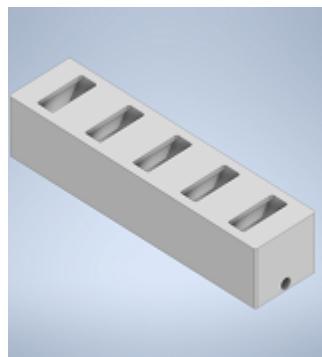


Imagen 10. Molde de impresión 1.

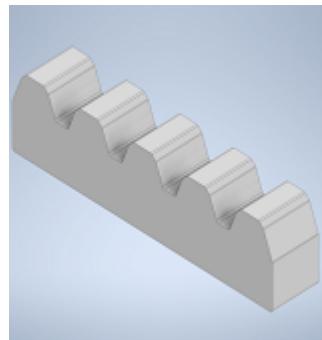


Imagen 11. Molde de impresión 2.

3. Proceso de Llenado:

Una vez impresos, los moldes se llenaron con elastómeros, un material flexible y resistente que proporciona las propiedades necesarias para el funcionamiento del dispositivo.



Imagen 12. Llenado del molde

4. Resultados:

Las piezas resultantes fueron utilizadas en la construcción del dispositivo, asegurando flexibilidad y comodidad para el usuario durante las pruebas terapéuticas.

F. Prototipo Final

La imagen del dispositivo ensamblado muestra cómo se integraron los componentes en una caja ergonómica y funcional, asegurando una adecuada disposición de los circuitos y los sensores.

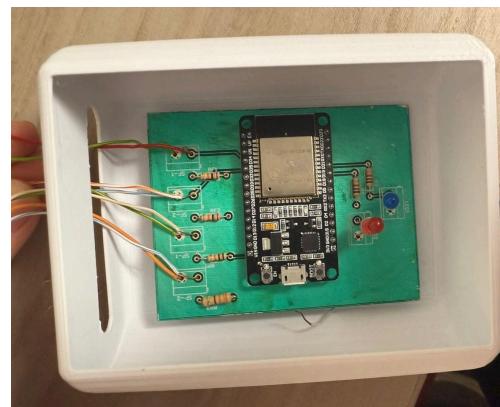


Imagen 13. Prototipo final ensamblado

VI. RESULTADOS Y FUNCIONAMIENTO

Para analizar los resultados de los sensores aplicados en el prototipo de solución final se midió las variaciones de resistividad de los sensores ante constantes cambios de presión, esto se realizó gracias al uso de una balanza. Gracias a estas pruebas pudimos determinar que el comportamiento de estos sensores se asemejaba al de una función logarítmica, donde a mayor presión más se acercaba a un valor resistivo fijo. Sin embargo, se notó que los valores no eran iguales,

debido a que tuvimos que utilizar 2 sensores distintos debido a la pérdida de uno de los sensores originales. A pesar de ello, no consideramos que presente una gran problemática, debido a que ambos valores de resistencia se estabilizan en valores similares.

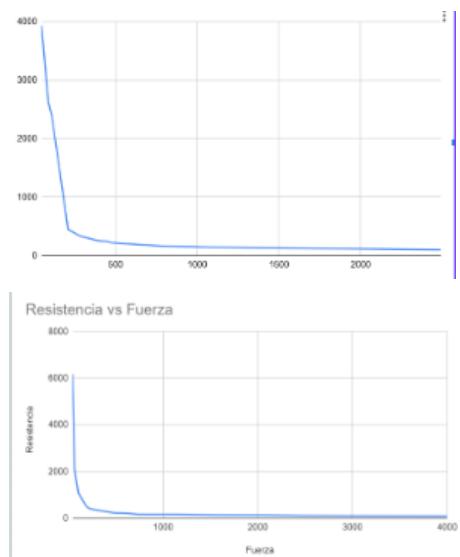


Imagen 14 y 15. Tablas con valores de resistencia medidos del sensor.

Durante el proyecto se utilizaron 2 modelados 3D diferentes, ambos realizados gracias al programa *Autodesk Inventor*. El primero la caja donde se colocaba la placa PCB y demás componentes de control, la cual tiene dimensiones de 10,1 x 6,3 x 5,46 cm de largo, ancho y alto respectivamente (Imagen 3) con forma de prisma sin bordes definidos ni tapa. Esta razón fue para hacer más fácil el proceso de impresión y porque se necesitó una forma de conectar la PCB con la laptop ya que el hueco por donde pasaban los cables que venían desde los sensores era muy pequeño. El otro modelo fue el de las piezas para los extensores, los cuales fueron realizados con Ecoflex 00-30 debido a la flexibilidad y dureza que proporcionan al modelo. Este modelado tiene margen de mejora ya que después de la presentación notamos que existen otros modelados más sencillos y con mejores resultados.

Finalmente, respecto al desarrollo del videojuego que se planteó, se logró desarrollar satisfactoriamente dos niveles, para ello se utilizó el programa Python por temas de practicidad. El primer nivel constaba de un tutorial para que el paciente se acostumbre a usar el prototipo y para

que se familiarice con la jugabilidad de este y el segundo nivel ya aumentaba la dificultad de este. Además se agregó un selector de niveles en la pantalla principal del videojuego. El videojuego no presentó muchos problemas de funcionamiento, excepto que no te dejaba reiniciar la partida después de completar el segundo nivel.

VII. DISCUSIÓN

La problemática del abandono del tratamiento en pacientes con ACV hemorrágico resalta la necesidad de innovaciones que combinen eficacia clínica y motivación para los pacientes. Por esa razón, nuestro prototipo se enfoca en robótica blanda y gamificación, brindando una alternativa a métodos tradicionales que por más que sean efectivos, carecen de elementos interactivos que fomentan la adherencia a la rehabilitación.

Comparando con otros dispositivos como el “SSVEP-Based Robotic Glove” y el “Syrebo Hand Rehabilitation Glove”, nuestra propuesta se diferencia por su bajo costo y accesibilidad, lo que la hace viable en contextos de recursos limitados. Además, el videojuego interactivo que añadimos, no solo mejora la experiencia del usuario, sino también promueve la recuperación motora.

A pesar de sus ventajas, el prototipo enfrenta desafíos tanto técnicos como económicos. La restricción económica dificulta la selección de componentes de mayor calidad o con funciones más avanzadas. Además, hubo complicaciones en la integración del videojuego interactivo con la base de datos y la aplicación mediante Firebase, por lo que limitó la capacidad de monitoreo remoto y personalización del progreso terapéutico. Otro desafío importante fue el control del flujo de aire, pues la bomba de aire solo se podía utilizar en el laboratorio por ser difícil de movilizar, en reemplazo utilizamos una jeringa; sin embargo, no proporcionaba un control suficiente ni constante para inflar correctamente los actuadores, por lo que una alternativa es guiarnos en especialistas que ya han realizado trabajos similares y observar cuál es la alternativa antes esa limitación. Finalmente, el tiempo disponible para el proyecto combinado con nuestra limitada experiencia y falta de conocimientos representó una barrera significativa para alcanzar un diseño más avanzado y poder

integrar de mejor manera, así como para poder realizar más pruebas del diseño.

VIII. CONCLUSIONES

El desarrollo del prototipo propuesto demuestra un enfoque innovador y accesible para abordar la rehabilitación de la función motora de la mano en pacientes con ACV hemorrágico. La combinación de tecnologías de robótica blanda y elementos interactivos, como videojuegos, contribuye a mejorar la adherencia al tratamiento y promueve la recuperación funcional en un entorno motivador.

Sin embargo, el proyecto enfrenta limitaciones significativas, como restricciones económicas que dificultaron el uso de componentes de mayor calidad, y desafíos técnicos relacionados con la integración del videojuego con sistemas de monitoreo remoto. Además, el control del flujo de aire con herramientas disponibles fue limitado, lo que afectó la precisión en los actuadores neumáticos.

Para trabajos futuros, se recomienda profundizar en la exploración de alternativas técnicas y materiales que optimicen el desempeño del prototipo. Asimismo, la implementación de soluciones más robustas para el monitoreo remoto podría ampliar el impacto terapéutico del dispositivo. Estos avances permitirían consolidar la propuesta como una herramienta efectiva y escalable en el campo de la rehabilitación motora.

IX. REFERENCIAS

[1] "Stroke Rehab," American Stroke Association. [Enlace]. Disponible en: <https://www.stroke.org/en/life-after-stroke/stroke-rehab>. [Accedido: 13-Sep-2024].

[2] O. Suárez, J. Méndez, and Á. Lozano, "POSIBILIDADES DEL USO DE VIDEOJUEGOS COMO HERRAMIENTAS DE INTERVENCIÓN TERAPÉUTICA EN ADOLESCENTES" M.S. thesis, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2021. [Online]. Available: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54555/Álvaro%20Lozano%2C%20Oscar%20Suárez%2C%20Juan%20Méndez%202021..pdf?sequence=1>

[3] C. Guzmán-Dueñas, "CAUSES OF DEATH FOR STROKE PATIENTS IN A HOSPITAL OF LIMA CITY, 2014-2019 ,," M.S. thesis, Departamento de Lima, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú, [Año]. [Online]. Available: https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20500.12866/7861/Causa_GuzmanDuenas_Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[4] "Accidente cerebrovascular es la primera causa de discapacidad permanente en edad adulta," Ministerio de Salud del Perú. [Enlace]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/61387-accidente-cerebrovascular-es-la-primera-causa-de-discapacidad-permanente-en-edad-adulta>. [Accedido: 13-Sep-2024]

[5] "Handle/123456789/11824," Repositorio de la Universidad Católica Argentina. [Enlace]. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/11824>. [Accedido: 13-Sep-2024].

[6] N. Guo et al., "SSVEP-Based Brain Computer Interface Controlled Soft Robotic Glove for Post-Stroke Hand Function Rehabilitation," IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 30, pp. 1737-1744, 2022. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9803244>

[7] J. Lai et al., "Design and Evaluation of a Bidirectional Soft Glove for Hand Rehabilitation-Assistance Tasks," IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics, vol. 5, no. 3, pp. 730-740, 2023. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10175575>

[8] B. Noronha et al., "Soft, Lightweight Wearable Robots to Support the Upper Limb in Activities of Daily Living," IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, vol. 30, pp. 1401-1411, 2022. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9775104>

[9] A. Cisnal et al., "RobHand: A Hand Exoskeleton With Real-Time EMG-Driven Embedded Control," IEEE Access, vol. 9, pp.

137809-137823, 2021. Disponible en:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9562297>

[10] "US20220338761A1 - Remote Training and Practicing Apparatus and System for Upper-Limb Rehabilitation," Google Patents. Disponible en:
<https://patents.google.com/patent/US20220338761A1/en>

[11] "US8029414B2 - Strengthening glove," Google Patents. Disponible en:
<https://patents.google.com/patent/US8029414B2/en>

[12] "View of Design of an Exoskeleton based on Four Cases of Upper Limb Rehabilitation Study," Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. Disponible en:
<http://rmib.com.mx/index.php/rmib/article/view/375/423>

[13] Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación. Disponible en:
<https://revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/download/284/299/819>

[14] "Exo Glove," Wevolver. Disponible en:
<https://www.wevolver.com/specs/exo.glove>

[15] "SYREBO E10 Rehabilitation Glove for Stroke," SyreboCare. Disponible en:
<https://syrebocare.com/es-mx/products/syrebo-hand-therapy-rehabilitation-gloves-robot-stroke-hemiplegia-hand-training-equipment>

[16] "The Pioneer in Finger-Hand-Rehabilitation | AMADEO®, Tyromotion. Disponible en:
<https://tyromotion.com/en/products/amadeo>

[17] J. Cid-Ruzafa y J. Damián-Moreno, "Valoración de la discapacidad física: el índice de Barthel," Revista Española de Salud Pública, vol. 71, no. 2, pp. 127-137, 1997. Disponible en:
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271997000200004&lng=es&tlng=es

[18] Fundación Caser, "Escala de Lawton y Brody: qué es y cómo funciona," 2024. Disponible en:
<https://www.fundacioncaser.org/actualidad/te-acompanamos/escala-de-lawton-y-brody-definicion-y-funcionamiento>

[19] ConlaEM, "Escala de Ashworth: qué es y cómo funciona," 2018. Disponible en:
<https://www.conlaem.es/actualidad/escala-ashworth>