

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**Videjuego inteligente para apoyar la rehabilitación física de
extremidades superiores en pacientes afectados por ACV en la
clínica Neurofuncional de Chiclayo**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Edwin Wilder Torres Lucero

ASESOR

Miguel Angel Diaz Espino

<https://orcid.org/0000-0002-7398-3031>

Chiclayo, 2024

**Videojuego inteligente para apoyar la rehabilitación física de
extremidades superiores en pacientes afectados por ACV en la
clínica Neurofuncional de Chiclayo**

PRESENTADA POR
Edwin Wilder Torres Lucero

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Hector Miguel Zelada Valdivieso
PRESIDENTE

Segundo Jose Castillo Zumaran
SECRETARIO

Miguel Angel Diaz Espino
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por darme sabiduría y la fortaleza necesaria para llegar a convertirme en un profesional.

A mi madre, por su amor incondicional y el apoyo que me brindó en todo el recorrido de mi carrera profesional.

A mi pareja, por su amor incondicional, animarme en todo momento y por el apoyo que me brindó en todo el transcurso del desarrollo de este proyecto.

Agradecimientos

Agradezco al Ing. Miguel Díaz Espino por su asesoramiento a lo largo del desarrollo de la presente tesis y su tiempo invertido para que este proyecto se concluya correctamente.

A los fisioterapeutas de la clínica Neurofuncional por el apoyo brindado para el desarrollo de la tesis.

Informe final de Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	dspace.esoch.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	obisnet.adu.edu.tr Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uan.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
8	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	10
Base Teórica.....	13
Materiales y métodos	15
Tipo de investigación.....	15
Métodos de investigación.....	16
Técnicas e instrumentos de recolección.....	16
Consideraciones Éticas	16
Arquitectura del Videojuego.....	17
Metodología de desarrollo	17
Resultados y discusión	18
Resultados	18
Discusión	32
Conclusiones	33
Recomendaciones	34
Referencias.....	36
Anexos	40

Resumen

En la presente investigación se desarrolló un videojuego inteligente basado en reglas elaboradas a partir del conocimiento de expertos en fisioterapia para apoyar el proceso de rehabilitación física de las extremidades superiores en pacientes afectados por el accidente cerebrovascular (ACV) en la clínica Neurofuncional de Chiclayo. Se determinó el ecosistema del videojuego para la rehabilitación de pacientes con ACV, se elaboró una base de conocimientos obtenida de expertos en fisioterapia y se creó el videojuego implementando un sistema experto basado en reglas; se validó su utilidad y aceptación tecnológica. Se emplearon la metodología ágil SUM para desarrollar el videojuego, y la metodología Buchanan para adquirir conocimiento y crear el sistema experto de evaluación de ejercicio físico del paciente. El videojuego consta de tres niveles de ejercicios físicos con dificultad creciente, lo cual fomenta la motivación del paciente y reduce su estrés. Después de cada nivel, se realiza una evaluación la cual se visualiza en línea del rendimiento físico del paciente y se le brinda un mensaje motivacional. Además, genera reportes para que el fisioterapeuta pueda monitorear la evolución del paciente. Tras las pruebas realizadas, el sistema experto implementado en el videojuego obtuvo un 90% de concordancia, 93.25% de precisión, 95.40% de sensibilidad y 94.32% de eficacia. Por último, el videojuego obtuvo 4.67 en la escala de Likert, validando su utilidad según los especialistas; y se empleó el modelo TAM, el cual mostró una facilidad de uso del 91.03% y una aceptación tecnológica del 91.66% por parte de los pacientes.

Palabras clave: rehabilitación gamificada, Accidente Cerebrovascular, videojuegos, Técnicas de Fisioterapia.

Abstract

In this research, an intelligent video game was developed based on rules derived from expert knowledge in physiotherapy to support the physical rehabilitation process of the upper limbs in patients affected by stroke (CVA) at the Neurofunctional Clinic of Chiclayo. The ecosystem of the video game for the rehabilitation of CVA patients was determined, a knowledge base obtained from physiotherapy experts was created, and the video game was developed by implementing an expert system based on rules; its utility and technological acceptance were validated. The agile SUM methodology was used to develop the video game, and the Buchanan methodology was employed to acquire knowledge and create the expert system for evaluating the patient's physical exercise. The video game consists of three levels of physical exercises with increasing difficulty, which fosters patient motivation and reduces stress. After each level, an evaluation is carried out which is displayed online of the patient's physical performance and a motivational message is provided. Additionally, reports are generated for the physiotherapist to monitor the patient's progress. After the tests conducted, the expert system implemented in the video game achieved 90% concordance, 93.25% precision, 95.40% sensitivity and 95.40% effectiveness. Finally, the video game scored 4.67 on the Likert scale, validating its utility according to specialists; and the TAM model was used, which showed a 91.03% ease of use and a 91.66% technological acceptance by the patients.

Keywords: gamified rehabilitation, Stroke, videogames, Physiotherapy Techniques

Introducción

El accidente cerebrovascular (ACV) se produce en el momento que se interrumpe el suministro de sangre a cierta zona del cerebro de manera repentina o cuando estalla algún vaso sanguíneo situado en el cerebro, produciendo derrame cerebral [1]. Existen dos tipos de ACV: primero el Isquémico, también conocido como Ictus, que bloquea un vaso sanguíneo que suministra al cerebro, y el hemorrágico que es el sangrado dentro o alrededor del cerebro [1]. Los síntomas se manifiestan gradual o espontáneamente; sin embargo, las causas perduran en la vida del paciente desde años atrás [2]. Por ello, la ONG RecaVar recomienda a los sobrevivientes someterse a un tratamiento para superar las discapacidades resultantes del daño ocasionado por el ACV mediante la medicación con antitrombóticos (anticoagulantes que disuelven los coágulos sanguíneos); o también la rehabilitación dividida en capacidades físicas, cognitivas y emocionales [3].

En los últimos años los casos registrados de ACV a nivel mundial aumentaron en un 70% y en un 40% los casos de muertes ocasionadas por esta enfermedad [4]. Según la World Stroke Organization, en 2019 se registraron 12,2 millones de personas con ACV de las cuales 6,6 millones fallecieron, convirtiendo esta enfermedad en la segunda causa mortal del mundo [5]. Además, el ACV no mortal es la tercera causa de discapacidad en adultos a nivel mundial, que afecta más a los de tercera edad perjudicando su calidad de vida [6]. Esta enfermedad deja secuelas en el cerebro afectando las funciones del cuerpo humano [7]. Una de estas secuelas es la dificultad motora en las extremidades y el rostro. Ante tal adversidad, el paciente tiene la oportunidad de acceder a tratamientos con la finalidad de minimizar los daños. Además, caso el paciente se sienta inseguro para llevar a cabo su rehabilitación en casa de forma independiente, los centros médicos de rehabilitación ofrecen servicios donde puede acudir para recibir la rehabilitación necesaria (Ver Anexo 02).

Se ha visto que, en el proceso de rehabilitación, existen casos donde utilizan el videojuego como una herramienta de apoyo y mejora de este proceso. En Reino Unido realizaron un estudio aplicando una rehabilitación inmersiva que es asistida por la realidad virtual en pacientes con secuelas de Ictus [8]. Para ello, se dividieron en dos grupos los pacientes con Ictus: el primero recibió sesiones de rehabilitación asistido por Realidad Virtual (VR) mientras que el segundo recibió sesiones de rehabilitación tradicional; tras seis meses se analizó que el primer grupo obtuvo mejores resultados en el proceso de rehabilitación en comparación al segundo grupo [8]. Pasando a América, un estudio realizado en Canadá, investigaron la viabilidad de emplear los videojuegos con ejercicios habilitados con realidad virtual que se combina con una aplicación

de telerehabilitación (VirTele) en los pacientes con secuelas del ACV en el hogar y descubrir los impactos que este generaba en la función motora, la cantidad empleada y la calidad del uso [9]. Al final de la investigación se dedujo que VirTele puede ser una alternativa llamativa e innovadora para la rehabilitación de las extremidades superiores en los pacientes con ACV [9]. También en Colombia se realizó el videojuego en realidad virtual Andina's Challenge, elaboraron tres minijuegos con diferentes ejercicios físicos del codo y hombro para superar cada minijuego; de esta forma lograron incentivar la realización de las actividades físicas de forma divertida mediante un videojuego entretenido [10]. Por ello, el emplear videojuegos en el proceso de rehabilitación es llamativo y didáctico capaz de apoyar dicho proceso y liberar el posible estrés acumulado mediante el uso de la recreación.

Por otro lado, en el Perú se logró registrar 10,570 pacientes afectados por ACV en 2017 y en el 2018 se registraron 12,835; siendo más recurrentes los casos de ACV isquémico [11]. En Lambayeque se realizó un estudio que abarcaron a 195 pacientes con ACV atendidos en emergencia y neurología [12], encontraron que el 70.8% presentó ACV isquémico. En la clínica Neurofuncional de Chiclayo se ofrece terapia de rehabilitación para casos de pacientes que hayan sufrido ACV, no obstante, suelen aburrirse con facilidad al realizar los ejercicios físicos, e incluso evaden la rutina impuesta por los médicos (ver anexo 02). Además, el tiempo de espera generado por la saturación de pacientes en la clínica dificulta el proceso de las terapias debido a la poca cantidad de fisioterapeutas. También, al durar una hora diaria la terapia, y dependiendo del paciente se puede asistir desde tres a cinco veces por semana, no suele ser suficiente para la rehabilitación. Para ello, el especialista encomienda una rutina de ejercicios a realizar en casa, pero, no existe un seguimiento hacia los pacientes para corroborar el cumplimiento de la rutina. Por las razones expuestas, mensualmente el 40% de pacientes no toman importancia a las terapias realizando la rutina de ejercicios físicos de manera incompleta ya sea en casa o en la clínica e incluso 30% de pacientes dejan de asistir a la clínica abandonando su rehabilitación. Esto trae consigo la posibilidad de empeorar más las secuelas perjudicando su condición física. Ante la realidad expuesta, se planteó el siguiente problema de investigación: ¿Cómo se puede desarrollar un videojuego basado en un sistema experto de reglas, elaborado a partir del conocimiento de expertos en fisioterapia para apoyar el proceso de rehabilitación física de las extremidades superiores en pacientes afectados por el accidente cerebrovascular (ACV) en la clínica Neurofuncional de Chiclayo?

Esta tesis justifica su importancia comenzando con el punto de vista **social**, la alternativa de solución propuesta permitió apoyar el proceso de rehabilitación en los pacientes que hayan

sufrido ACV mediante el uso de un videojuego entretenido en base a sus gustos y preferencias, e incluso da oportunidad de que el sistema sea utilizado por diversas clínicas de rehabilitación en Chiclayo para brindar una posible solución a los problemas expuestos anteriormente. Desde el punto de vista **tecnológico**, se empleó la inteligencia artificial en dos apartados: primero las redes neuronales funcionales para captar y procesar en tiempo real el movimiento realizado por el paciente mediante el uso de Mediapipe, seguido de un sistema experto basado en reglas que realiza la evaluación de la actividad física realizada por el paciente empleando datos estadísticos con el cual se pudo medir el desempeño del paciente y de esta forma conocer si presenta mejoría al implementar el sistema o no. Según el punto de vista **científico**, esta investigación contribuye a futuras investigaciones que se enfoque en el área de rehabilitación física en pacientes que han sufrido ACV, aplicando sistemas de videojuegos o juegos serios para apoyar el proceso de rehabilitación en Chiclayo, debido a la carencia de investigaciones científicas en la actualidad respecto a la problemática planteada.

Con el fin de abordar la formulación del problema planteado, se determinó como objetivo general desarrollar un videojuego inteligente basado en reglas elaboradas a partir del conocimiento de expertos en fisioterapia para apoyar el proceso de rehabilitación física de las extremidades superiores en pacientes afectados por el accidente cerebrovascular (ACV) en la clínica Neurofuncional de Chiclayo. Esto trajo consigo el planteamiento de los siguientes objetivos específicos: determinar el ecosistema del videojuego relacionado con la rehabilitación del paciente con ACV, elaborar una base de conocimientos obtenida de expertos en fisioterapia para apoyar el proceso de rehabilitación física de las extremidades superiores en pacientes afectados por ACV, Crear el videojuego implementando el sistema experto basado en reglas para apoyar la rehabilitación física de las extremidades superiores en pacientes con ACV, validar la utilidad del videojuego construido en base a la opinión de especialistas en rehabilitación física de pacientes con ACV, validar la facilidad de uso y la aceptación tecnológica del videojuego por parte del paciente mediante el modelo TAM.

Revisión de literatura

Montolla et al [10], indica que los videojuegos terapéuticos carecen de un diseño contextualizado y adaptados a las necesidades de pacientes con ACV generando un bajo rendimiento al emplearlos, para ello, desarrollaron el videojuego Andina's Challenge de VR para la rehabilitación física en pacientes con ACV, cuenta con tres minijuegos enfocados en ejercitar el codo, el brazo y el hombro. Utilizaron la tecnología de RV y la metodología de

diseño centrado en el usuario (DCU) que permite al público objetivo su participación en el proceso de la creación de los prototipos del sistema [10], el diseño se enfoca en la evaluación de la experiencia del usuario (UX) y experiencia del juego. El trabajo tuvo por resultados el análisis de los pacientes con ACV referente a sus gustos, preferencias y dificultades al emplear la VR en su proceso de rehabilitación, dichos datos fueron empleados para el diseño y la elaboración de los minijuegos. [10].

Baluz et al [13], indica la falta de acceso y adopción de la terapia de juego en la rehabilitación motora de los miembros superiores debido a su costo elevado y la falta de supervisión profesional, generando una limitada adopción de la terapia de juego y una menor frecuencia de entrenamiento, afectando negativamente los resultados de la rehabilitación. Para ello, desarrollaron el videojuego RehabilitateGame (RG) basado en gestos administrado en una plataforma web como una herramienta de terapia complementaria para la rehabilitación de extremidades superiores en clínicas y entornos domésticos, a su vez, evaluaron el rendimiento con respecto a la usabilidad y la experiencia del usuario. Tuvieron en cuenta los factores tecnológicos y económicos del paciente, además de la implementación en un entorno doméstico [13]. RG se desarrolló utilizando un framework basada en ML llamada MediaPipe, que emplea cámaras web [13]. Se evaluó el rendimiento del videojuego en 33 usuarios (21 fisioterapeutas y 12 pacientes) teniendo un nivel de satisfacción positivo del 85,7% de los fisioterapeutas y el 100% de los pacientes [13].

Aguilar et al [14], relata la problemática referente a las terapias de rehabilitación del codo donde los pacientes presentan falta de motivación por la monotonía de los ejercicios físicos, volviéndose tediosos y desmotivantes, provocando una posible falta de compromiso por parte del paciente en su proceso de rehabilitación. Ante ello, desarrollaron un videojuego serio que utiliza visión computacional junto a ML para apoyar el proceso de rehabilitación del codo [14]. Emplearon la metodología de programación orientada a objetos junto a la librería Pygame en la creación de la interfaz y la librería OpenCV de Python junto al framework Mediapipe para registrar los movimientos del paciente en tiempo real mediante una cámara web [14]. Solo se desarrolló un prototipado del videojuego, por ende, faltó evaluar el rendimiento del sistema en pacientes.

Schneider [15], señala que las terapias no suelen ser entretenidas generando falta de motivación del paciente en realizar los ejercicios, dificultando el proceso de su rehabilitación; además, los centros de rehabilitación especializados no siempre son accesibles en todas las ciudades complicando a la persona en acudir a dichos centros para tomar las terapias de

rehabilitación. Para ello, desarrolló una aplicación para apoyar la rehabilitación física y cognitiva en pacientes con ACV que cuenta con minijuegos en 2D enfocados en ejercitar el cerebro y la memoria del paciente, además genera un reporte sobre el rendimiento general del jugador. Para las pruebas, se organizaron grupos de 8 personas de distintas edades y se analizó su rendimiento ante el videojuego obteniendo como resultado que las personas de mayor edad tienden a dificultarse más con estos niveles que una persona joven, lo que demuestra que la edad de los usuarios tiene impacto directo en el desarrollo de la aplicación [15].

Cando et al [16], redacta la problemática que presentan los niños con discapacidad motriz, complicando su estilo de vida al no poder realizar actividades cotidianas con facilidad. Ante ello, desarrollaron un videojuego para mejorar la motricidad gruesa empleando interfaces naturales de usuarios en niños que presenten discapacidad motriz [16]. Emplearon la metodología SUM [16], junto al sensor Microsoft Kinect para el desarrollo del videojuego. Las pruebas fueron realizadas con 10 expertos de fisioterapia, terapia ocupacional y cultura física; obteniendo como resultados que el 70% estuvieron de acuerdo que el videojuego si motiva y ayuda a los niños en su proceso de rehabilitación física [16].

Saavedra et al [17], señala la carencia de juegos serios orientado a la rehabilitación física en niños, para ello, desarrollaron uno enfocado en niños de 6 a 12 años y se analizó la idoneidad de las características técnicas de la RV para rehabilitación. Utilizaron un dispositivo llamado Leap Motion para poder controlar el avatar del juego y la API se integró con un algoritmo de distorsión de tiempo dinámico para el reconocimiento de secuencias [17]. Respecto a los ejercicios de rehabilitación, se centraron en la extensión, flexión, supinación, pronación y agarre de la mano [17]. Para la evaluación del rendimiento realizaron el “Suitability Evaluation Questionary” (SEQ), cuestionario diseñado para sistemas de RV orientado a pacientes. El SEQ se realizó en 7 niños obteniendo una aceptación en la propuesta del videojuego, pero es necesario trabajar en la interfaz referente a la información adicional [17].

Contreras [18], redacta la ausencia de un mecanismo que permita al fisioterapeuta monitorear si el paciente está realizando los ejercicios asignados fuera del centro de rehabilitación en el tratamiento de la rotura de ligamento cruzado anterior de la rodilla. Construyó una aplicación móvil que permita verificar el desarrollo de los ejercicios terapéuticos en el tratamiento de la lesión, utilizando el reconocimiento de movimiento a través de la cámara del dispositivo móvil [18]. Empleó la metodología en V que divide el proceso en tres partes: diseño, implementación y las pruebas de integración y cualificación; junto a reconocimiento de movimiento mediante la librería OpenCV de visión artificial y ML [18]. La aplicación se evaluó

en cuatro sujetos de prueba de diferente edad y sexo, obteniendo la aprobación de su funcionalidad.

Base Teórica

Accidente cerebrovascular (ACV)

El accidente cerebrovascular (ACV) o ataque cerebral afecta a los vasos sanguíneos que riegan el cerebro [1]. Según la OMS [19], el ACV es “la afección neurológica focal de aparición súbita, que perdura más de 24 horas o causa la muerte, y de presunto origen vascular”. Es posible que la persona afectada quede paralizada tras este episodio y adquiera secuelas físicas o psicológicas. Caso el lado del cerebro dañado sea el derecho, el lado izquierdo del cuerpo puede quedar paralizado o viceversa; dicho daño puede ser leve o grave, permanente o temporal. Por ende, se tomó en cuenta la afectación a las extremidades superiores dado que las secuelas del ACV perjudica su capacidad motora; para ello, se puede iniciar un proceso de rehabilitación física y recuperar los daños ocasionados por estas secuelas.

Rehabilitación

Según la OMS [20], definen la rehabilitación como “un conjunto de intervenciones encaminadas a optimizar el funcionamiento y reducir la discapacidad en personas con afecciones de salud en la interacción con su entorno”. Se utilizan artefactos tecnológicos de apoyo para facilitar la ejecución segura e independiente de actividades difíciles debido a lesiones o enfermedades. Además, últimamente se pueden utilizar los videojuegos para apoyar este proceso, ya que puede variar según las necesidades del paciente, por ejemplo, un juego que permita al paciente resolver ejercicios cognitivos o realizar actividades físicas [10].

Rehabilitación después de sufrir ACV

La rehabilitación en pacientes con ACV es un proceso que incluye diferentes terapias diseñadas que ayuda a recuperar sus habilidades dañadas por las secuelas [21]. Este proceso varía según la zona afectada, a su vez permite recuperar la confianza e independencia del paciente. American Stroke Association brinda un modelo de cuestionario dirigida al paciente con ACV para determinar las zonas del cuerpo y habilidades afectadas, pudiendo planificar su rehabilitación física e intelectual [22]. También, implementar videojuegos en este proceso es un enfoque prometedor, en un estudio reciente se desarrolló un videojuego diseñado específicamente para satisfacer las necesidades cognitivas y físicas del paciente mediante la superación de niveles adaptados a cada uno de ellos [15].

Actividades físicas para pacientes con ACV

Estos pacientes presentan debilidad muscular y disminución del control de las extremidades dependiendo de las secuelas, siendo necesario la realización de ejercicios físicos para recuperar la capacidad motora del paciente [23]. En caso sea la extremidad superior, debe realizar ejercicios físicos que implique el movimiento o uso de fuerza de este miembro como los movimientos naturales en línea con los principios de ergonomía, así como los ejercicios propuestos por la metodología de CODMAN, que han demostrado ser efectivos en la rehabilitación de pacientes con ACV.

Videojuego

El videojuego es el camino al mundo de la tecnología de la información y comunicación (TIC) [24]. A fines de 2010, aparece “Kinect” que es dispositivo con cámara incorporada, sensores de profundidad para capturar el movimiento en 3D, reconocimiento facial y de voz; siendo aprovechada para desarrollar programas enfocados a la educación y salud [25]. Además, permitió crear videojuegos que implique la realización de ejercicios físicos y emplearlos en la rehabilitación física siendo una alternativa más dinámica y recreativa.

Videojuego en el área de la salud

La aplicación de los videojuegos en este ámbito brinda beneficios dependiendo del área enfocada junto a los objetivos esperados [26], ya que tienen la capacidad de potenciar la actividad neuronal y de este modo desarrollar la coordinación óculo-manual [27], mejorando la motricidad del paciente y estimulando sus habilidades cognitivas, de lenguaje y comunicación. Estos videojuegos se dividen en dos categorías: edugames que buscan transmitir conocimiento y formar habilidades, mientras que los exergames se enfocan en actividad física e intelectual mediante ejercicios. [28].

Rehabilitación mediante la aplicación de videojuego

Las rutinas de ejercicios suelen aburrir al paciente generando desinterés y posiblemente la resignación a seguir las terapias de rehabilitación [29]. Para ello, el uso de los videojuegos en este proceso puede mejorar su actitud, humor y estado de ánimo [30]. Además, permite monitorear y registrar los avances del paciente [30]. Sin embargo, al utilizar los videojuegos para esta tarea es necesario monitorear la interacción del paciente con el software por el fisioterapeuta.

Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) se puede definir como la capacidad que tienen los ordenadores para poder ejecutar las actividades que un ser humano es capaz de realizar en base a su inteligencia [31], mediante el proceso de algoritmos aprendiendo un conjunto de datos y ser capaz de tomar decisiones tal y como lo haría un ser humano. La IA se aplica en el

reconocimiento de imágenes estáticas, reconocimiento de movimiento, permitiendo apoyar el sector de la salud [31].

Sistema Experto

Los Sistemas Expertos (S.E.) se puede definir como sistemas informáticos que simulan a los expertos humanos y están compuestos por dos partes principales: el ambiente de desarrollo y el ambiente de consulta [32]. El primer ambiente se utiliza por parte del constructor para elaborar los componentes e introducir conocimiento en la base de conocimiento, mientras que el segundo ambiente es empleado por los no expertos para que obtengan el conocimiento del experto [32].

Sistema Experto Basado en reglas

Estos S.E. trabajan mediante la aplicación de reglas, comparación de resultados y la aplicación de nuevas reglas basadas en la situación modificada [32]. El motor de inferencia utiliza dos tipos de elementos: los datos (hechos o evidencias) y el conocimiento (conjunto de reglas preestablecidas), para obtener conclusiones o hechos nuevos [33]. Para la obtención de las conclusiones, los expertos utilizan diferentes tipos de reglas y estrategias de inferencia. Al momento que las reglas se encadenan, los hechos pueden utilizarse para determinar nuevos hechos, y esta secuencia se repite de forma sucesiva hasta que no se pueda obtener más conclusiones.

Metodología SUM

Tiene como objetivo desarrollar videojuegos de calidad en tiempo y costo bajo, además de la mejora continua del proceso para incrementar su eficacia y eficiencia [34]. Gracias a SUM es posible adaptarlo a equipos multidisciplinarios pequeños, de tres a diez integrantes, y para proyectos cortos (menor a un año) con un alto grado de participación del cliente [35].

Metodología Buchanan

La metodología de Buchanan, basada en el ciclo de vida en cascada, busca adquirir conocimiento de expertos humanos para transferirlo y transformarlo en un programa de inteligencia artificial [36]. Para adquirir este conocimiento se requiere un experto que proporciona el conocimiento y un ingeniero que lo transfiere al programa. [37]. Esto se hace en cinco fases: identificación, conceptualización, formalización, implementación y prueba/validación [37].

Materiales y métodos

Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, según el manual de Frascati [38] debido al objetivo principal de esta tesis buscó solucionar un problema de la realidad utilizando tecnologías existentes.

Métodos de investigación

Los métodos de investigación empleados en este proyecto fueron:

TABLA I
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Sustento por el cual será empleado en la investigación
Analítico	Estudio y análisis del problema que presenta los pacientes con ACV y los procesos que tome en consideración la organización.
Implementación y revisión	Se ejecuta el videojuego inteligente y se evalúa en base a la facilidad de uso y la aceptación tecnológica.

Técnicas e instrumentos de recolección

La presente investigación utilizó las siguientes técnicas e instrumentos para la recolección de datos y quienes fueron los involucrados que accedieron a brindar dicha información:

TABLA II
Técnicas de investigación

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la Población	Propósito
Entrevistas	Guía de entrevistas	Fisioterapeuta y pacientes con ACV	Conocer la realidad problemática y el proceso de rehabilitación física en pacientes con ACV.
Encuesta	Cuestionario al especialista de la clínica y pacientes.	Fisioterapeutas y pacientes con ACV.	Conocer los gustos del paciente referente a videojuegos junto a la actividad física. Realizar las pruebas para obtener la información y analizarla.
Observación	Ficha de registro de datos	Fisioterapeutas	Conocer los procesos de evaluación de evolución del paciente tras realizar los ejercicios físicos.

Consideraciones Éticas

Esta investigación no involucró animales ni personas directamente, pero contó con la asesoría de fisioterapeutas expertos en rehabilitación de pacientes con ACV, sin utilizar su

información personal. Además, se respetó la confidencialidad de datos sensibles relacionados al lugar de desarrollo del proyecto.

Arquitectura del Videojuego



Fig. 1 – Arquitectura propuesta del videojuego

Metodología de desarrollo

La metodología utilizada es SUM, debido a que son proyectos de corto tiempo y en este caso de un desarrollador, características que se acoplan a la realidad de esta investigación [34] [35]. Además, es una metodología ágil dirigida específicamente al desarrollo de videojuegos de calidad. Teniendo en cuenta que el videojuego va enfocado a los pacientes con ACV para generar motivación en su proceso de rehabilitación física, se describe la ejecución de las fases de la metodología propuesta en base a [34] que detalla los pasos para cumplir con éxito cada fase:

- Fase 01: Concepto: Se elaboró el ecosistema del videojuego teniendo en cuenta las necesidades del paciente y del fisioterapeuta.
- Fase 02: Planificación: Se elaboró el cronograma de desarrollo del videojuego.
- Fase 3: Elaboración: Se creó el videojuego bajo dos iteraciones: la primera para el sistema experto basado en reglas y la segunda para la implementación en el videojuego.
- Fase 04: Beta: Se realizaron las pruebas correspondientes en la clínica Neurofuncional.
- Fase 05: Cierre: Se obtuvo la aprobación por parte de los interesados (paciente y fisioterapeuta),
- Fase 06: Gestión de riesgos: Se tuvo en cuenta los riesgos en el desarrollo del videojuego.

Para el desarrollo del sistema experto basado en reglas, teniendo en cuenta la necesidad de la adquisición del conocimiento de un especialista en rehabilitación física de las extremidades superiores en pacientes con ACV, y agregando la elaboración de la base del conocimiento; se optó por utilizar la metodología Buchanan [36] [37]. Esta metodología se divide en las siguientes fases:

- Fase de Identificación: Se define el problema, la solución propuesta y las tareas que el sistema experto va a realizar.
- Fase de Conceptualización: Se recopiló toda información referente a los ejercicios físicos y la evaluación del fisioterapeuta hacia los ejercicios realizados por el paciente.
- Fase de Formalización: Se creó la base de conocimiento junto al motor de inferencia.
- Fase de Implementación: Se implementó el motor de inferencia en el videojuego creado.
- Fase de Pruebas: Se realizó las pruebas en pacientes y fisioterapeutas.

Resultados y discusión

Resultados

En base a los objetivos de la investigación

De acuerdo con el primer objetivo, se realizaron entrevistas a pacientes y se tomaron en cuenta las pautas y recomendaciones de los especialistas de la clínica para que el paciente tenga un buen ecosistema al momento de jugar el videojuego. En base a esto se desarrolló la fase de conceptualización de la metodología SUM para determinar el ecosistema del videojuego:

Aspecto del Juego

- Idea del Juego:
 - Visión del Juego: Ser una plataforma de rehabilitación física interactiva y motivadora, que utiliza tecnología de seguimiento de movimiento y un sistema experto para proporcionar ejercicios terapéuticos personalizados.
 - Lugar de desarrollo: El paciente podrá jugarlo tanto en la clínica como en su hogar con la ayuda y supervisión de un tercero.
 - Género del Videojuego: Simulación.
 - Historia y Ambientación: El videojuego presenta tres niveles:
 - Dar de Comer a los animales: En este nivel deberá realizar los ejercicios de rotación del brazo para mover al granjero y darle de comer a los

animales que aparezcan en la escena.

- Salta y Gana: En este nivel serás un granjero y deberás realizar los ejercicios de flexión y extensión para saltar y esquivar los obstáculos que aparecerán en el camino.
- Nivel de portero: El último nivel, el paciente simulará ser un portero y deberá tapar los balones que aparezcan en la pantalla y evitar que metan gol en su portería. Para ello, siendo el último nivel, deberá realizar los ejercicios practicados anteriormente y a su vez los ejercicios de la metodología Codman para lograr tapar los balones mediante el movimiento total de las manos.

Sobre los indicadores objetivamente verificables, se comienza por la parte de los pacientes que se utilizó el Índice de satisfacción (CSAT) referente al ecosistema planteado del videojuego (véase Anexo 03) y la forma de medirlo es:

$$CSAT = \left(\frac{\text{Entrevistados que contestaron 4 o 5}}{\text{número total de entrevistados}} \right) \times 100$$

Primero se lista en una tabla las respuestas obtenidas de los cuestionarios realizados a los tres fisioterapeutas. Se utilizó la escala de Likert de 1 al 5 y estos son los resultados:

TABLA III
RESULTADOS DEL CUESTIONARIO A PACIENTES

Fisioterapeutas	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Paciente 6
Pregunta 1	5	4	5	4	5	5
Pregunta 2	5	4	3	5	3	4
Pregunta 3	5	4	5	4	4	4
Pregunta 4	4	4	4	4	5	4
Pregunta 5	3	4	4	5	5	4

Para ello, se emplea esta fórmula para medir el CSAT de cada pregunta realizada en la entrevista:

$$\text{Pregunta 01: } CSAT1 = (6/6) \times 100 = 100 \%$$

$$\text{Pregunta 02: } CSAT2 = (4/6) \times 100 = 66.6 \%$$

$$\text{Pregunta 03: } CSAT3 = (6/6) \times 100 = 100 \%$$

$$\text{Pregunta 04: } CSAT4 = (6/6) \times 100 = 100 \%$$

$$\text{Pregunta 05: } CSAT5 = (5/6) \times 100 = 83.33 \%$$

Ahora para conocer el CSAT general de este cuestionario se hace el promedio simple:

$$CSATg = \left(\frac{100 + 66.66 + 100 + 83.33 + 83.33}{5} \right) = 86.664$$

Entonces se verifica que el 86.664% de los encuestados están satisfechos con el ecosistema del videojuego planteado.

Teniendo en cuenta que el motivo de elegir el coeficiente de Kappa radica en su capacidad para tener en cuenta tanto el acuerdo observado entre los evaluadores como el acuerdo esperado por azar. Dado que la evaluación de la aprobación en la base de conocimientos implica la comparación de juicios subjetivos de expertos, es crucial contar con un indicador que considere la posibilidad de acuerdos casuales o aleatorios. Ahora pasando con el apartado de los fisioterapeutas (véase Anexo 04), se evalúa el coeficiente de Kappa respecto a su aprobación, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$Kappa = \left(\frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \right)$$

Donde P_o es la proporción de acuerdo observado y P_e es la proporción de acuerdo esperado por azar. Para despejar el coeficiente de Kappa:

$$P_o = \left(\frac{\text{Número de acuerdos observados}}{\text{Total de instancias}} \right)$$

Primero se lista en una tabla las respuestas obtenidas de los cuestionarios realizados a los tres fisioterapeutas. Se utilizó la escala de Likert de 1 al 5 y estos son los resultados:

TABLA IV
RESULTADOS DEL CUESTIONARIO A FISIOTERAPEUTAS

Fisioterapeutas	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 4	Pregunta 4	Pregunta 5
Fisioterapeuta 1	5	4	5	4	5
Fisioterapeuta 2	5	4	5	5	5
Fisioterapeuta 3	5	4	5	4	5

Siendo P_o :

$$P_o = \frac{3 + 3 + 3 + 2 + 3}{3 \times 5} = \frac{14}{15}$$

Ahora se calcula la probabilidad de respuesta aleatoria (P_e) para cada pregunta:

$$\text{Pregunta 1: } P_{e1} = (1^2) / 3 = 1/3$$

$$\text{Pregunta 2: } P_{e2} = (1^2) / 3 = 1/3$$

$$\text{Pregunta 3: } P_{e3} = (1^2) / 3 = 1/3$$

$$\text{Pregunta 4: } P_{e4} = ((2/3)^2) / 3 = 4/27$$

Pregunta 5: $Pe_5 = (1^2) / 3 = 1/3$

Ahora se calcula el promedio de Pe :

$$Pe \frac{\frac{1}{3}x^4 + \frac{4}{27}}{5} = \frac{8}{27}$$

Finalmente se despeja el coeficiente de Kappa:

$$k = \left(\frac{\frac{14}{15} - \frac{8}{27}}{1 - \frac{8}{27}} \right) = \frac{86}{95} = 0.905263157$$

El coeficiente de kappa resulta en 0.9052 y se interpreta como una concordancia muy alta entre las respuestas de los fisioterapeutas. Es decir que los fisioterapeutas están de acuerdo con el ecosistema del videojuego debido a la concordancia de sus respuestas.

De acuerdo con el segundo objetivo, se entrevistaron a los expertos (Ver Anexo 02 y 05). Además, se realizaron las fases de Identificación y Conceptualización en base a la metodología Buchanan y se optó emplear los siguientes ejercicios para los tres niveles que presenta el videojuego:

- Para el nivel 01, se deberá realizar los ejercicios de rotación lateral y rotación medial; debido a que son los más sencillos de realizar en pacientes que recién empiezan su rehabilitación; esto en base a la opinión del fisioterapeuta.
- Para el Nivel 02, se deberá realizar los ejercicios de flexión y extensión, esto eleva la dificultad de la actividad física que el paciente debe realizar y permite motivarlo a superarse.
- Para el nivel 03, se da total libertad al paciente de mover la extremidad superior dañada a su voluntad, recomendándole emplear los movimientos pendulares de Codman, con la diferencia que en vez de estar doblado 90° mirando el suelo, el paciente estará 90° sentado frente al computador mirando la pantalla. Según el fisioterapeuta esto es recomendable y sirve de apoyo para su recuperación.

Y en base a los datos recolectados se elaboró el árbol de decisión (ver Figura 02) donde se determinaron la lista reglas y hechos para el sistema Experto junto al motor de inferencia (ver Figura 03) en lenguaje de programación C# para ser implementado en el videojuego desarrollado en Unity.

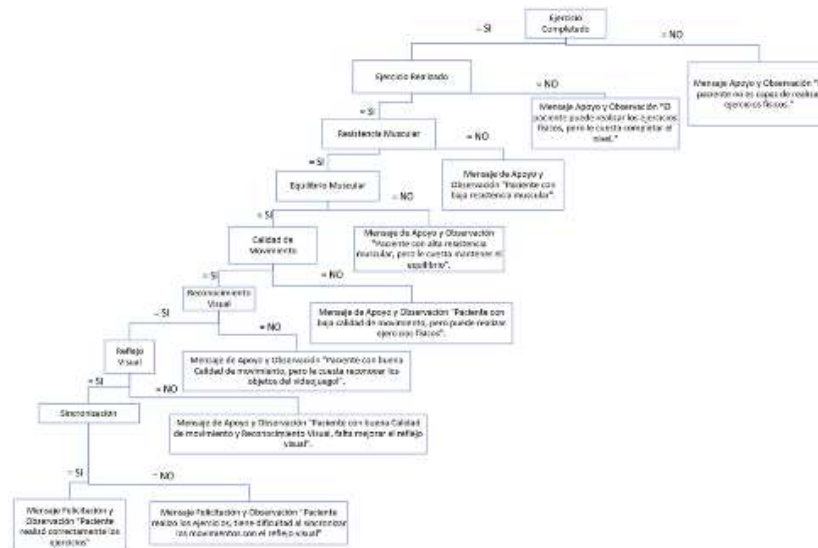


Fig. 2 – Árbol de decisión del S.E.

```

public class Reglas : MonoBehaviour
{
    // Variables de entrada
    //public string C; // ejercicio completado (si/no)
    //public int CA; // Cantidad de Aciertos
    //public int CE; // Cantidad de Errores
    //public int V; // Vidas por cada Nivel
    //public int P; // Puntaje

    // Variables de salida
    public string M; // Mensaje (Apoyar/Felicitar)
    public string O; // Observación (Negativo/Positivo)

    // Variables intermedias
    private string ER = "Incorrecto"; // Ejercicio Realizado (Correcto/Incorrecto)
    private string RM = "Baja"; // Resistencia Muscular (Alta/Baja)
    private string EM = "Necesita Mejorar"; // Equilibrio Muscular (Bueno/Necesita Mejorar)
    private string CM = "Pobre"; // Calidad del Movimiento (Buena/Pobre)
    private string RC = "Incorrecto"; // Reconocimiento Visual (Correcto/Incorrecto)
    private string RV = "Lento"; // Reflejo Visual (Rápido/Lento)
    private string S = "Pobre"; // Sincronización (Buena/Pobre)

    public (string, string, string, string, string, string, string, string, string) ActualizarMensajeObservacion(int CA, int CE, int V, int P, int N)
    {
        // Regla de inferencia
        if (ER == "No")
        {
            M = "Buen intento, no te rindas";
            O = "El paciente no es capaz de realizar el ejercicio físico";
            return (M, O, RM, CM, RC, RV, S, P, N);
        }
        if ((CA > 0) && CE == "0")
        {
            RM = "Buena";
        }
        else
        {
            RM = "Incorrecta";
        }
        if (RM == "Incorrecta")
        {
            M = "Realizado! Buen intento";
            O = "El paciente puede realizar los ejercicios físicos pero le cuesta completar el nivel";
            return (M, O, RM, CM, RC, RV, S, P, N);
        }
    }
}

```

Fig. 3 – Motor de Inferencia del S.E.

Para el funcionamiento del motor de inferencia, se establecieron las variables de entrada que son obtenidos tras completar el nivel del videojuego, esto es procesado por el S.E. y retorna 9 variables que representa la evaluación de la calidad del ejercicio realizado por el paciente, donde solo el mensaje de apoyo podrá visualizará el paciente en el videojuego mientras que las demás variables son guardadas en PlayFab, el gestor de base de datos empleado para este proyecto.

Referente a los indicadores objetivamente verificable se comienza con el cálculo de nivel de precisión, sensibilidad y eficacia del sistema experto basado en reglas implementado en el videojuego. Para ello, se hicieron las pruebas del S.E. en cuatro oportunidades a los usuarios interesados, donde en cada oportunidad se probó el videojuego 5 veces a 10 personas obteniendo lo siguiente:

TABLA V
Resultados de pruebas realizadas del s.e.

Prueba	Verdaderos Positivos (VP)	Falsos Positivos (FP)	Verdaderos Negativos (VN)	Falsos Negativos (FN)
Prueba 1	42	3	3	2
Prueba 2	45	1	2	2
Prueba 3	40	3	5	2
Prueba 4	39	5	4	2

En base a estos resultados se genera la matriz de confusión:

TABLA VI
MATRIZ DE CONFUSIÓN

		Predicción	
		Positivo	Negativo
Observación	Positivo	166	12
	Negativo	8	14

Se procede a calcular la exactitud que también es la eficacia:

$$Accuracy = \frac{VP + VN}{VP + FP + FN + VN} = \frac{180}{200} = 0.90$$

Se procede a calcular la precisión:

$$Precision = \frac{VP}{VP + FP} = \frac{166}{178} = 0.932584$$

Se procede a calcular la sensibilidad:

$$Sensitivity = \frac{VP}{VP + FN} = \frac{166}{174} = 0.954022$$

Se procede a calcular la eficacia:

$$Eficacia = 2 * \frac{Precision * Sensibilidad}{Precision + Sensibilidad} = \frac{0.9326 * 0.9540}{0.9326 + 0.954} = 0.9432$$

Pasando al segundo indicador, se tiene los cuestionarios (véase Anexo 06) y se obtuvieron estos resultados tras encuestar a 3 fisioterapeutas:

TABLA VII
VALIDACIÓN DE REGLAS

Nº Regla	Respuesta Fisioterapeuta A	Respuesta Fisioterapeuta B	Respuesta Fisioterapeuta C
01	SI	NO	SI
02	SI	SI	SI
03	SI	SI	SI
04	SI	SI	SI
05	SI	SI	SI
06	SI	SI	SI
07	SI	SI	SI
08	NO	SI	SI
09	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI
11	SI	SI	NO
12	SI	NO	SI
13	SI	SI	SI
14	SI	SI	SI
15	SI	SI	SI
16	SI	SI	SI
17	SI	SI	SI

Teniendo esto en cuenta, se visualiza que la concordancia observada (P_o) para cada pregunta es:

- Se tiene 13 preguntas donde las 3 respuestas coinciden:

$$P_o = \frac{3}{3} = 1$$

- Se tiene 4 preguntas donde 2 de las 3 respuestas coinciden.

$$P_o = \frac{2}{3}$$

Ahora se promedia los P_o obtenidos:

$$P_o = \frac{1 \times 13 + \frac{2}{3} \times 4}{17} = \frac{47}{51}$$

Ahora se calcula la probabilidad de respuesta aleatoria (P_e) para cada pregunta:

Se tiene 13 preguntas donde las 3 respuestas coinciden, por ende, la proporción de respuesta es 1 y se divide por el número de observadores (fisioterapeutas) que es 3:

$$Pe1 = \frac{(1)^2}{3} = \frac{1}{3}$$

Se tiene 4 preguntas donde dos de las 3 respuestas coinciden, por ende, la proporción de respuesta es 2 y se divide por el número de observadores (fisioterapeutas) que es 3:

$$Pe1 = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)^2}{3} = \frac{4}{27}$$

Ahora se calcula el promedio de Pe:

$$Pe = \frac{\frac{1}{3} \times 13 + \frac{4}{27} \times 4}{17} = \frac{133}{459}$$

Finalmente se despeja el coeficiente de Kappa

$$k = \left(\frac{\frac{47}{51} - \frac{133}{459}}{1 - \frac{133}{459}} \right) = \frac{145}{163} = 0.889570552$$

El coeficiente de kappa resulta en 0.88957052 y se interpreta como una concordancia muy alta entre las respuestas de los fisioterapeutas. Es decir que los fisioterapeutas están de acuerdo y aprobaron las reglas establecidas para la creación del sistema experto basado en reglas.

De acuerdo con el tercer objetivo, se plantearon los requisitos funcionales y no funcionales. Se desarrolló el videojuego empleando la fase de Elaboración de la metodología SUM planteada. Para programar el reconocimiento de manos, se utilizó las librerías: OpenCV, Mediapipe, nump. Y el entorno de desarrollo utilizado fue PyCharm. Primero se creó las funciones para el detector del brazo y evaluar la dirección a donde apunta el brazo (ver Figura 04)

```

# Inicializar el modelo de detección de poses de PoseNet
np_drawing = np.matplotlib.drawing_util
np_pose = np.solution.pose

# Inicializar la cámara web
cap = cv2.VideoCapture(0)

# Función para determinar a donde apunta el brazo según el ángulo
def get_direction(angulo):
    """
    """
    if 0 < angulo < 90:
        return "Izquierda"
    elif 90 < angulo < 180:
        return "derecha"
    else:
        return "Ejercicio A01"

# Función para detectar el brazo derecho e izquierda según la variable
def get_landmarks(pose):
    """
    """
    if pose == "Left":
        return [np_pose.PoseLandmark.LEFT_ELBOW, np_pose.PoseLandmark.LEFT_SHOULDER, np_pose.PoseLandmark.LEFT_SHOULDER]
    else:
        return [np_pose.PoseLandmark.RIGHT_ELBOW, np_pose.PoseLandmark.RIGHT_ARMIT, np_pose.PoseLandmark.RIGHT_SHOULDER]

```

Fig. 4 – Creación de las funciones para el Detector.

se le implementó el sistema experto basado en reglas, a continuación, se presenta algunas de las interfaces más relevantes:



Fig. 8 – Interfaz Selector de Nivel



Fig. 9 – Interfaz Configuración de Nivel



Fig. 10 – Interfaz Mensaje de Apoyo

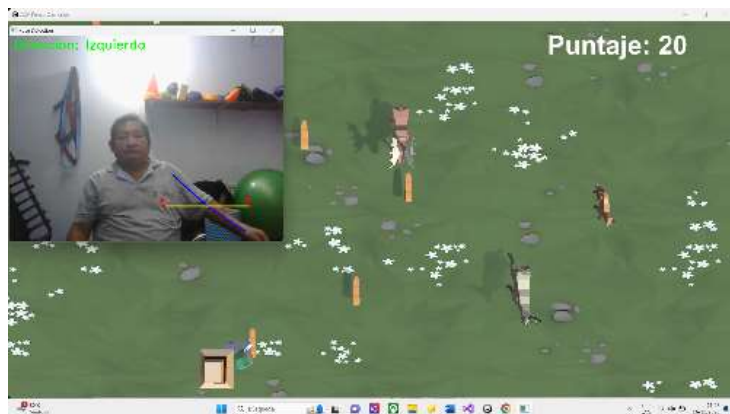


Fig. 11 – Prueba del Videojuego

Referente a las pruebas realizadas, se realizaron las pruebas de caja negra y blanca, también se tomó en cuenta la estabilidad de FPS, y se realizó las pruebas con un software externo llamado MSI AfterBurn que calcula y mide los FPS en tiempo real de las aplicaciones utilizadas:



Fig. 12– Prueba de FPS

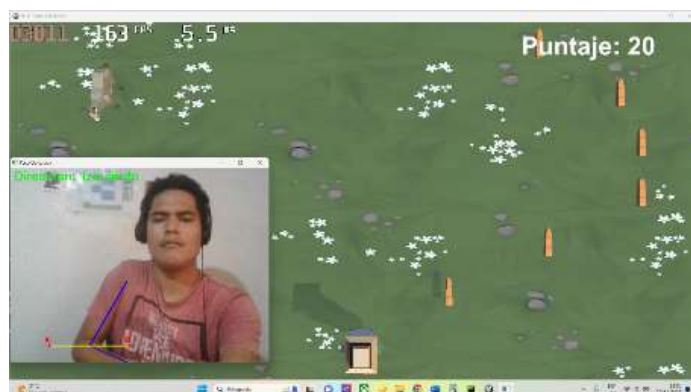


Fig. 13 – Prueba de FPS

También se realizaron las pruebas de rendimiento:

- Tiempo de espera: Se verificó el tiempo de respuesta en el inicio de sesión, registro de usuario y guardado de resultados de los niveles jugados que fueron

no mayor a 2 segundos para estas operaciones.

- **Rendimiento de Gráficos:** Se realizaron pruebas exhaustivas de rendimiento de gráficos en el videojuego utilizando una laptop modelo Pulse 15 B13VGK con 16 GB de RAM, un procesador Intel Core i9 y una tarjeta gráfica NVIDIA GeForce RTX 4070. Durante las pruebas, se evaluó la fluidez del juego y la ausencia de retrasos en la pantalla mientras se jugaban los diferentes niveles. Los resultados demostraron un rendimiento sobresaliente, ya que el videojuego se ejecutó de manera fluida y no se experimentaron retrasos o problemas gráficos significativos.
- **Conectividad de Red:** Dado que el sistema utiliza el gestor de base de datos Azure PlayFab, se evaluó la velocidad de respuesta en los llamados a los datos, lo cual depende de la conexión a Internet del usuario. Durante las pruebas, se tuvo en cuenta esta variable y se verificó que el tiempo de espera para los llamados del videojuego a PlayFab se mantuviera dentro de límites aceptables. Se concluyó que la velocidad de respuesta está directamente relacionada con la calidad de la conexión a Internet del usuario. Por lo tanto, se recomienda a los usuarios contar con una conexión estable y de alta velocidad para asegurar un rendimiento óptimo en la obtención de datos.
- **Pruebas de compatibilidad:** El videojuego fue desarrollado con el motor gráfico de Unity y se exportó el videojuego para la plataforma de Windows solamente. Por ende, solo computadoras con este sistema operativo.

En resumen, las pruebas de rendimiento del videojuego demostraron resultados satisfactorios en términos de tiempo de respuesta, rendimiento de gráficos, conectividad de red y FPS. Estos resultados respaldan la calidad y eficiencia del videojuego, proporcionando una experiencia de juego fluida, visualmente atractiva y sin problemas técnicos significativos. Se recomienda a los usuarios mantener una conexión a Internet estable y de alta velocidad para garantizar un rendimiento óptimo en la obtención de datos del juego.

De acuerdo con el cuarto objetivo, se elaboró un cuestionario dirigido a los fisioterapeutas (ver Anexo 07) y se empleó la escala de Likert para poder evaluar la utilidad percibida por cada fisioterapeuta.

Referente a la tasa de aprobación de utilidad percibida, se tomarán en cuenta las respuestas

obtenidas del cuestionario realizado a los 3 fisioterapeutas:

TABLA VIII
RESULTADOS AL CUESTIONARIO DE UTILIDAD PERCIBIDA

Fisioterapeutas	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Fisioterapeuta 1	4	5	5	5
Fisioterapeuta 2	5	5	4	4
Fisioterapeuta 3	5	4	5	5

En base a estos resultados se calcula la puntuación promedio para cada pregunta.

- Pregunta 1: $(4 + 5 + 5) / 3 = 4.67$
- Pregunta 2: $(5 + 5 + 4) / 3 = 4.67$
- Pregunta 3: $(5 + 4 + 5) / 3 = 4.67$
- Pregunta 4: $(5 + 4 + 5) / 3 = 4.67$

Ahora se calcula la tasa de aprobación Global (TAG):

$$TAG = (4.67 + 4.67 + 4.67 + 4.67) / 4 = 4.67$$

Teniendo como resultado 4.67 se concluye que:

- Un valor de 4,67 indica una alta aprobación por parte de los fisioterapeutas. Esto sugiere que, en promedio, consideran que el videojuego es altamente útil en el contexto de la rehabilitación física de las extremidades superiores en pacientes con ACV.
- La consistencia en las respuestas a lo largo de todas las preguntas (Pregunta 1, Pregunta 2, Pregunta 3, Pregunta 4) sugiere que los fisioterapeutas tienen una opinión uniforme sobre la utilidad del videojuego en diferentes aspectos de la rehabilitación.

De acuerdo con el quinto objetivo, se elaboró un cuestionario empleando la escala de Likert. Teniendo en cuenta lo siguiente:

- **Facilidad de uso:** Esta categoría incluye las preguntas de la sección de experiencia del paciente (P1-P4), la sección de experiencia del familiar o tercero (P5-P8), y la sección de experiencia con los ejercicios físicos (P13-P17). Estas preguntas están relacionadas con qué tan fácil es para el paciente y el familiar o tercero usar el videojuego y realizar los ejercicios físicos.
- **Aceptación tecnológica:** Esta categoría incluye incluir las preguntas de la sección de aceptación tecnológica percibida (P9-P12). Estas preguntas están relacionadas con qué tan útil y satisfactorio es el videojuego para el paciente y el familiar o tercero.

Tras realizar el cuestionario a 6 pacientes se obtuvo los siguientes resultados:

TABLA IX
RESULTADOS AL CUESTIONARIO BASE MODELO TAM

Pregunta	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Paciente 6
P1	5	4	3	5	4	5
P2	4	4	4	4	4	5
P3	5	4	3	5	5	4
P4	4	3	4	5	5	5
P5	5	4	5	5	5	5
P6	5	4	5	5	3	5
P7	5	4	4	5	4	5
P8	5	4	3	5	4	5
P9	5	4	3	5	4	5
P10	5	4	5	5	4	5
P11	5	4	3	5	4	5
P12	5	4	4	5	4	5
P13	5	4	3	5	4	5
P14	5	4	5	5	4	5
P15	5	5	3	5	4	5
P16	4	4	4	5	5	5
P17	5	4	4	5	4	5

En base a esta tabla se calcula las tasas de aprobación tanto para la aceptación tecnológica como la de facilidad de uso en base al modelo TAM, teniendo en cuenta que toman las respuestas mayores a 3 como respuestas positivas:

Facilidad de Uso

Sabiendo que el número total de respuestas es: 6 (pacientes encuestados) * 13 (preguntas para calcular la facilidad de uso) = 78.

$$\begin{aligned}
 \text{Tasa de Aprobación} &= \left(\frac{\text{Número de respuestas positivas}}{\text{Número total de respuestas}} \right) \times 100 \\
 &= \frac{71}{78} = 91.025641\%
 \end{aligned}$$

Aceptación Tecnológica

Sabiendo que el número total de respuestas es: 6 (pacientes encuestados) * 4 (preguntas para calcular la aceptación tecnológica) = 24.

$$\begin{aligned} \text{Tasa de Aprobación} &= \left(\frac{\text{Número de respuestas positivas}}{\text{Número total de respuestas}} \right) \times 100 \\ &= \frac{22}{24} = 91.66\% \end{aligned}$$

Interpretación de resultado

Un 91.03% de aprobación en términos de facilidad de uso sugiere que la mayoría de los usuarios consideran que el videojuego es sencillo de manejar. Esto refleja que el diseño del videojuego es intuitivo y fácilmente accesible para los usuarios, aspectos fundamentales para su adopción y éxito a largo plazo. Sin embargo, también indica que existe un pequeño grupo de usuarios que podrían estar enfrentando dificultades. Se podría examinar las respuestas individuales para identificar áreas específicas de dificultad y buscar formas de optimizar estas áreas en futuras actualizaciones del videojuego. En cuanto a la aceptación tecnológica, una tasa de aprobación del 91.66% muestra que la mayoría de los usuarios encuentran que el videojuego es beneficioso y están contentos con él. Esto demuestra que los usuarios aprecian el valor del videojuego y están dispuestos a seguir utilizándolo en el futuro. No obstante, también sugiere que hay un pequeño grupo de usuarios que podrían tener sugerencias o preocupaciones. Se podría analizar las respuestas individuales para identificar áreas específicas de preocupación y buscar formas de abordar estas áreas en futuras actualizaciones del videojuego.

Discusión

Tras estudiar la realidad de los pacientes, se descubrió que los ejercicios físicos terminan siendo tediosos y comienza a desmotivar al paciente por ser rutinarios y repetitivos, además, los centros médicos no siempre están al alcance del paciente; concordando a la problemática expuesta por Aguilar et al [14] y Schneider [15]. Es por ello que, para la creación del ecosistema que tuvo el videojuego producto de esta investigación, se tomó como base la opinión del paciente junto con la del fisioterapeuta, este último definiendo los requisitos necesarios para entender las necesidades del paciente, de esta forma el juego tuvo una gran aceptación por los implicados. Similar es lo que realizó Montolla et al [10] en el diseño centrado en el usuario, para conocer mucho más a estos pacientes y plasmar el ecosistema del videojuego antes de su elaboración. En ambos casos se logró obtener una alta tasa de aprobación por parte del paciente y motivarlos a realizar los ejercicios físicos para su rehabilitación mediante la recreación. Aunque Aguilar et al [14] tomó en cuenta realizar un videojuego divertido y didáctico, no tomó en cuenta los gustos del paciente solo sus necesidades. Esto corre el riesgo de ser rechazado por el paciente ya que no podría ser llamativo y motivador para el mismo.

Por otro lado, Baluz et al [13] expresa que el alto costo y la baja supervisión limitan la terapia de juego en rehabilitación, para ello tomaron en cuenta los factores tecnológicos y económicos del paciente, además de la implementación en un entorno doméstico, así lograron determinar el ecosistema del videojuego antes de su creación. En la presente tesis, siguiendo la metodología SUM se tomaron en cuenta estos factores con la finalidad de que el sistema tenga un gran alcance hacia los pacientes sin tener que invertir mucho dinero. Es por ello, que el videojuego puede ser ejecutado en toda computadora que tenga acceso a una cámara web y a internet; permitiendo al paciente utilizarlo ya sea en la clínica bajo la supervisión del fisioterapeuta o desde la comodidad de su hogar acompañado de un tercero.

Cando et al [16] desarrollaron el videojuego empleando la metodología SUM y obtuvieron un 70% de aprobación por parte de los expertos en que el sistema si motiva y ayuda a los pacientes en su rehabilitación. La presente investigación también empleó la misma metodología para el desarrollo del videojuego y se obtuvieron resultados similares presentados en el objetivo N°04 y N°05, dando a entender que esta metodología permite conocer mucho más a los involucrados tanto como en el diseño, el desarrollo y la ejecución del videojuego, aumentando la posibilidad de ser aceptados por los clientes (en este caso los pacientes y fisioterapeutas).

También se descubrió que, de 10 pacientes, 3 a 4 no realizaron sus ejercicios físicos en casa y dejó en evidencia la ausencia de monitoreo por parte del fisioterapeuta respecto a esta situación. Contreras [18] desarrolló una app móvil para el seguimiento del paciente en casa empleando la cámara web del dispositivo. De forma similar, el videojuego creado es capaz de realizar un seguimiento de los pacientes en casa, debido al historial de inicio de sesión que permite al fisioterapeuta saber que paciente realiza sus ejercicios físicos en casa y que paciente lo evade.

Conclusiones

El emplear la metodología SUM permitió determinar y elaborar el ecosistema del videojuego de forma correcta, es decir que se tuvo en cuenta las opiniones del fisioterapeuta para determinar las necesidades del paciente y a su vez se tuvo las opiniones del paciente para entender su realidad junto a sus gustos o preferencias referente a la actividad física; esto sirvió de base para el planteamiento de los requerimientos del videojuego elaborado junto al diseño de los tres niveles. Con esto se logró obtener la satisfacción de los pacientes con un 86.66% y con un 90% por parte de los fisioterapeutas.

El sistema experto basado en reglas logró simular la evaluación que el fisioterapeuta realiza respecto a la ejecución de los ejercicios, esto debido a que se creó en base a los conocimientos

obtenidos por los mismos y por bases teóricas de la presente investigación, además permitió seleccionar los ejercicios físicos exactos para cada nivel planteado; este sistema se implementó en el videojuego y tras las pruebas arrojó una exactitud del 90% e incluso se evaluó el coeficiente de kappa obteniendo un 88.95% indicando una concordancia muy alta por parte de los fisioterapeutas ante las reglas que emplea el sistema experto.

El videojuego se desarrolló empleando diversas tecnologías existentes para la elaboración del detector de movimiento y la creación de los niveles, además, se le implementó el sistema experto propuesto para que realice la evaluación de la calidad de ejercicio físico tras completar cierto nivel. Además, se demostró el cumplimiento total de los requerimientos establecidos en la fase de conceptualización, esto se verifica en los resultados expuestos y el videojuego completado.

Tras desarrollar el videojuego, se realizaron las pruebas para validar la utilidad que los fisioterapeutas percibieron al usar esta herramienta. Obteniendo un puntaje de 4.67 en la escala de Likert indicando una alta tasa de aprobación de utilidad percibida por parte de los fisioterapeutas evaluados. Además, indicaron que la posibilidad de poder implementar nuevos niveles a futuro puede aumentar el alcance hacia pacientes con secuelas similares al ACV o con dificultades motoras de las extremidades superiores.

El videojuego fue llamativo y fomentó la motivación en los pacientes, debido a que se tomó en cuenta los gustos, las necesidades, factores económicos y tecnológicos del paciente para poder conceptualizar los niveles propuestos y las herramientas necesarias para la correcta ejecución del sistema. Esto se refleja en los resultados obtenidos por la aceptación tecnológica y facilidad de uso mediante el modelo TAM, 91.66% y 91.03% respectivamente. Dando a entender que para poder realizar un videojuego enfocado en la rehabilitación del paciente es necesario estudiar a los involucrados (paciente y fisioterapeuta), para determinar los requerimientos del videojuego que pueda abordar las necesidades del paciente y diseñar los niveles y características en base a los gustos del paciente y de esta forma poder fomentar la motivación al paciente por medio del videojuego y no aburrirlo, logrando apoyar a su proceso de rehabilitación del ACV.

Recomendaciones

Esta investigación se centró en el desarrollo de un videojuego diseñado específicamente para satisfacer las necesidades y preferencias de pacientes con ACV. El videojuego permitió la realización de ejercicios físicos para las extremidades superiores, demostrando ser efectivo en la rehabilitación. Se recomienda ampliar la investigación para abordar la implementación de

ejercicios físicos en otras extremidades o áreas del cuerpo afectadas por el ACV, con el objetivo de beneficiar tanto a los pacientes como a los fisioterapeutas en el proceso de rehabilitación.

Además, se sugiere explorar el uso de otras tecnologías similares como el RV o la integración de artefactos como el Kinect para el proceso de detección de movimiento que apoye al paciente en realizar sus ejercicios mediante actividades físicas entretenidas.

También, teniendo en cuenta la evolución de los videojuegos en el área de la rehabilitación física, es recomendable siempre verificar la existencia de nuevos factores de riesgo, para prevenir posibles fallos del sistema a desarrollar.

Por último, se recomienda al ministerio de salud invertir en proyectos de desarrollo no solo de videojuegos, también de sistemas de apoyo en rehabilitación física para pacientes con ACV, ya que con lo expuesto en la presente investigación; son escasas las investigaciones realizadas que involucren o traten el problema planteado en este trabajo.

Referencias

- [1] "Accidentes cerebrovasculares | NINDS Español." Inicio | NINDS español. <https://espanol.ninds.nih.gov/es/trastornos/accidentes-cerebrovasculares#collapseTreatment> (accedido el 8 de abril de 2023).
- [2] "Accidente cerebrovascular." The Texas Heart Institute. <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/accidente-cerebrovascular/> (accedido el 8 de abril de 2023).
- [3] "Tratamiento para el ACV: Conoce todas sus características." ACV: Red colombiana contra el Ataque Cerebrovascular. <https://www.recavar.org/tratamiento-para-el-acv> (accedido el 9 de abril de 2023).
- [4] "Estadísticas ACV: conoce la incidencia y los factores de riesgo". 403 Forbidden. <https://www.recavar.org/estadisticas-acv> (accedido el 9 de abril de 2023).
- [5] "Annual reports". World Stroke Organization. <https://www.world-stroke.org/about-wso/annual-reports> (accedido el 9 de abril de 2023).
- [6] A. Bernabé-Ortiz y R. M. Carrillo-Larco, "Tasa de incidencia del accidente cerebrovascular en el Perú", *Revista Peruana de Medicina Exp. y Salud Pública*, vol. 38, n.º 3, pp. 399–405, octubre de 2021. Accedido el 9 de abril de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2021.383.7804>.
- [7] J. D. R. Daza y M. K. S. Rojas, "Factores de riesgo asociados a accidente cerebrovascular en pacientes adultos y adultos mayores, atendidos en el servicio de emergencias del hospital regional de pucallpa, 2021", título de segunda especialidad en interdisciplinarias con mención en: emergencias y desastres, univ. nac. ucayali, pucallpa, 2022. Accedido el 19 de abril de 2024. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6321>
- [8] H. Cai et al, "Evaluating the effect of immersive virtual reality technology on gait rehabilitation in stroke patients: a study protocol for a randomized controlled trial," *Trials*, vol. 22, (1), 2021. Available: <http://usat.lookproxy.com/scholarly-journals/evaluating-effect-immersive-virtual-reality/docview/2730331936/se-2>. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05031-z>
- [9] D. R. Allegue et al, "Rehabilitation of Upper Extremity by Telerehabilitation Combined With Exergames in Survivors of Chronic Stroke: Preliminary Findings From a Feasibility Clinical Trial," *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, vol. 9, (2), 2022. Available: <http://usat.lookproxy.com/scholarly-journals/rehabilitation-upper-extremity-telerehabilitation/docview/2682589475/se-2>. DOI: <https://doi.org/10.2196/33745>

- [10] M. F. Montoya, J. F. V. Villada, J. E. Muñoz Cardona, O. A. Henao Gallo y J. F. López, "Diseño contextual para la creación de videojuego basado en Realidad Virtual usado en terapia de rehabilitación física en personas con accidente cerebrovascular", *Revista EIA*, vol. 19, n.º 38, julio de 2022. Accedido el 10 de abril de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.24050/reia.v19i38.1549>
- [11] J. Calderon et al., "Boletín epidemiológico", Instituto nacional de ciencias neurológicas, pp. 3–5, 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.incn.gob.pe/wp-content/uploads/2022/07/BOLETÍN-EPIDEMIOLOGICO-8.pdf>
- [12] "Secuelas de ACV: Causas y recuperación de un ataque cerebrovascular". ACV: Red colombiana contra el Ataque Cerebrovascular. <https://www.recavar.org/secuelas-de-ACV> (accedido el 9 de abril de 2023).
- [13] R. Baluz et al., "Motor Rehabilitation of Upper Limbs Using a Gesture-based Serious Game: Evaluation of Usability and User Experience", *Games Health J.*, marzo de 2022. Accedido el 17 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1089/g4h.2022.0005>
- [14] D. L. Aguilar Jiménez, E. M. Santana Franco, A. Villarreal Carrillo, y I. R. Aguilar Figueroa, «Aplicación de Inteligencia Artificial en un Videojuego Serio para la Rehabilitación de la Articulación del Codo», *MCNIB*, vol. 8, n.º 1, pp. 245–249, nov. 2021. Accedido el 20 de mayo de 2023.
- [15] N. Schneider Montaña, "Diseño y Desarrollo de una Aplicación Para el Apoyo a la Rehabilitación de Personas que Hayan Sufrido un Accidente Cerebrovascular", Universidad Antonio Nariño, Ibagué, 2020. Accedido el 20 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3115>
- [16] E. F. Cando Pilco, V. S. Lalón Yanza, "Desarrollo de un videojuego para motricidad gruesa utilizando interfaces naturales de usuario en niños con discapacidad motriz de la U. E. Especializada Carlos Garbay.", *TRABAJO DE TITULACIÓN*, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2020. Accedido el 20 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7466>
- [17] E. Saavedra Parisaca y E. Vidal Duarte, "Juego Serio para rehabilitación motora fina en niños", *Revista científica de sist. e informática*, vol. 2, n.º 2, julio de 2022, art. n.º e405. Accedido el 20 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.51252/rcsi.v2i2.405>
- [18] I. F. Contreras Alcazar, "Reconocimiento de imagen por medio de dispositivos móviles para la rehabilitación de la lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla", *TRABAJO DE TITULACIÓN*, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA,

Arequipa, 2022. Accedido el 20 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14987>

[19] Organización mundial de la salud. "Estrategia paso a paso de la OMS para la vigilancia de accidentes cerebrovasculares". PAHO/WHO | Pan American Health Organization. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2009/manuales.pdf> (accedido el 20 de mayo de 2023).

[20] "Rehabilitación". World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation> (accedido el 20 de mayo de 2023).

[21] "Qué esperar mientras te recuperas de un accidente cerebrovascular". Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/stroke/in-depth/stroke-rehabilitation/art-20045172> (accedido el 24 de mayo de 2023).

[22] American Stroke Association. "LA VIDA TRAS UN ATAQUE CEREBRAL". American Stroke Association. https://www.stroke.org/-/media/Stroke-Files/Spanish-Resources/Life-After-Stroke-Guide_SpanishA.pdf (accedido el 13 de junio de 2023).

[23] American Stroke Association. "The Stroke Recovery Guide". American Stroke Association. https://www.stroke.org/-/media/Stroke-Files/life-after-stroke/ASA_HOPE_Stroke_Recovery_Guide_122020.pdf (accedido el 13 de junio de 2023).

[24] S. Belli y C. López Raventós, "Breve historia de los videojuegos", Revista de Pensamiento e Investigación Social,, n.º 14, pp. 159–179, 2008. Accedido el 26 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53701409>

[25] J. L. Eguía, R. S. Contreras y L. Solano Albajés, "Videojuegos: conceptos, historia y su potencial como herramientas para la educación", 3Ciencias, 2012. Accedido el 26 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/10854/2764>

[26] "Gamificación: posibilidades y ventajas de los videojuegos y otros enfoques "gamer" en el ámbito de la salud". Elsevier Connect. <https://www.elsevier.com/es-es/connect/ehealth/gamificacion-posibilidades-y-ventajas-de-los-videojuegos-y-otros-enfoques-gamer-en-el-ambito-de-la-salud> (accedido el 26 de mayo de 2023).

[27] "Videojuegos terapéuticos". El portal para profesionales de la salud | Roche+. <https://www.rocheplus.es/innovacion/investigacion-ciencia/videojuegos-para-la-salud.html> (accedido el 27 de mayo de 2023).

[28] "Gamificación: posibilidades y ventajas de los videojuegos y otros enfoques "gamer" en el ámbito de la salud". Elsevier Connect. <https://www.elsevier.com/es-es/connect/ehealth/gamificacion-posibilidades-y-ventajas-de-los-videojuegos-y-otros-enfoques-gamer-en-el-ambito-de-la-salud> (accedido el 26 de mayo de 2023).

- [29] H. Holguín. "Este videojuego peruano tiene el poder de la rehabilitación médica | CNN". CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/2018/08/16/videojuego-peruano-ayudar-personas-derrames-cerebrales-acv/> (accedido el 27 de mayo de 2023).
- [30] E. Martínez. "Uso de videojuegos para la rehabilitación -canalSALUD". Blog Salud MAPFRE. <https://www.salud.mapfre.es/enfermedades/tecnologicas/videojuegos-para-la-rehabilitacion/> (accedido el 27 de mayo de 2023).
- [31] Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro - 1. edición. Alienta Editorial, 2018.
- [32] S. Badaró, L. J. Ibañez y M. J. Agüero, "Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones", Ciencia y Tecnología, vol. 13, pp. 349–364, 2013. [En línea]. Disponible: https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf
- [33] J. M. Gutiérrez, "Sistemas Expertos Basados en Reglas". Accedido el 13 de junio de 2023. [En línea]. Disponible: <https://personales.unican.es/gutierjm/cursos/expertos/Reglas.pdf>
- [34] "SUM para Desarrollo de Videojuegos". Gemserk. <http://www.gemserk.com/sum/> (accedido el 20 de mayo de 2023).
- [35] N. Acerenza, A. Coppes, G. Mesa, A. Viera, E. Fernández, T. Lorenzo y D. Vallespir, «Una metodología para desarrollo de videojuegos-Versión extendida,» Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE 2009), pp. 171-176, 2009 (accedido el 20 de mayo de 2023).
- [36] P. K. Jimmy Josue, C. M. Orlando Adrian y B. A. Cinthia del Carmen, "SISTEMA EXPERTO EN APOYO A TOMA DE DECISIONES PARA APROBACIÓN DE LÍNEAS DE CRÉDITO", Pistas Educativas, Vol. 39, 2017.
- [37] J. T. Palma, E. Paniagua, F. Martín y R. Martín, "Ingeniería del Conocimiento. De la Extracción al Modelado de Conocimiento", Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artif., vol. 4, n.º 11, p. 46–72, 2000. Accedido el 19 de junio de 2023. [En línea]. Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92541105>
- [38] Manual de Frascati 2015. OECD, 2018. Accedido el 27 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>

Anexos**ANEXO N°01 CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA INSTITUCIÓN PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO****CONSTANCIA DE CONFORMIDAD**

Por medio de la presente dejo constancia de la aprobación del videojuego inteligente por el estudiante **Torres Lucero Edwin Wilder** con **DNI 72917099**, estudiante de la carrera de **INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN** de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, como producto acreditable de su trabajo de investigación de tesis, cumpliendo los requisitos establecidos y objetivos planteados.

Se expide la presente constancia a petición del interesado agradeciendo de antemano su atención a la presente, me despido expresando muestras de estima personal.

Chiclayo, 16 de mayo de 2024

Atentamente:


NEUROFUNCIONAL
Centro de Rehabilitación
Mg. Edmundo Sipón Pánsa
TECNOLOGO MÉDICO - RUP N° 2454

**ANEXO N°02 ENTREVISTA REALIZADA A LA CLÍNICA
NEUROFUNCIONAL**

Entrevista para Proyecto de Tesis

Nombre y apellido: Alliaga Herrera Luis Fernando Cargo: Tecnólogo Médico

Responder las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuántos pacientes con secuelas de ACV vienen a la clínica Neurofuncional para someterse a una rehabilitación anualmente?

Aprox. 60 pacientes

2. ¿Todos los pacientes realizan sus sesiones de rehabilitación sin mostrar aburrimiento o desinterés?

Los primeros 3 meses si muestran interés, después dejan de darle importancia e incluso abandonan.

3. De esos pacientes ¿Nota algún problema al momento que realiza sus sesiones de rehabilitación?

Depende de su estado de ánimo. Habrá días que el paciente se comprometa a cumplir las sesiones y días que no tenga interés en realizarlas.

4. ¿Cuántos pacientes dejan de asistir a sus sesiones de rehabilitación al mes?

En promedio asisten 10 pacientes al mes, ualho 3 dejan de asistir.

5. ¿Considera que de alguna manera las sesiones de rehabilitación son sofocantes para los pacientes? ¿Por qué?

Llegan a deprimirse cuando no pueden realizar las sesiones de ejercicios.

6. ¿Cuántos días a la semana se realizan las sesiones de rehabilitación? ¿Y cuántas horas duran cada sesión diaria?

Depende de la economía del paciente, varía de 3 a 4 sesiones por semana. Y cada sesión es de 1 hora.

7. ¿Se le manda al paciente alguna rutina de ejercicios para que las realice en su domicilio? ¿Cuáles son esas rutinas?

Si se le manda una rutina al paciente varía dependiendo de la zona afectada por la enfermedad.

8. ¿Tiene seguimiento de los pacientes en su domicilio para cerciorar que estén cumpliendo con las rutinas de ejercicios en casa?

no se tiene seguimiento, solo se confía en la palabra del paciente.

9. De los pacientes que acceden a la rehabilitación de las secuelas del AC ¿Cuántos de ellos logran cumplir dicho proceso?

Para que un paciente logre su rehabilitación, mínimo se demora 3 meses, logran recuperarse 6 aprox.

10. Una vez el paciente con ACV sea dado de alta, ¿Qué le recomienda realizar en su vida diaria?

Varía dependiente del estado del paciente
Se le recomienda asistir una sesión por mes.

NEUROFUNCIONAL
Centro de Rehabilitación

Lic. Luis Fernando Ortega Herrera
TECNÓLOGO MÉDICO - CIMP 9530

Firma del Dr.

**ANEXO N° 03 CUESTIONARIO A LOS PACIENTES SOBRE EL
ECOSISTEMA DEL VIDEOJUEGO**

Cuestionario de Satisfacción del Paciente con el Ecosistema del Videojuego de Rehabilitación para Pacientes con ACV

Instrucciones: Por favor, evalúe su satisfacción con diferentes aspectos del ecosistema del videojuego de rehabilitación. Utilice la siguiente escala de satisfacción:

1. Muy insatisfecho
2. Insatisfecho
3. Neutral
4. Satisfecho
5. Muy satisfecho

1. Tipo de Juego: Consiste en 3 niveles donde cada uno se realiza un ejercicio físico distinto.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

2. Objetivo de cada minijuego: Dar de comer a los animales, Saltar y ganar, Tapar y ganar.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

3. Historia sencilla que presenta cada minijuego.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

4. La escenografía expuesta en cada nivel.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

5. La música que se escucha al jugar el videojuego.

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
-

ANEXO N° 04 CUESTIONARIO A LOS FISIOTERAPEUTAS SOBRE EL ECOSISTEMA DEL VIDEOJUEGO

Cuestionario de Evaluación de Documentación del Ecosistema del Videojuego para Rehabilitación de Pacientes con ACV

Instrucciones: Por favor, evalúe la documentación proporcionada para el ecosistema del videojuego relacionado con la rehabilitación de pacientes con ACV. Indique su opinión sobre cada elemento utilizando la escala de Likert de 1 a 5, donde:

1. Muy insatisfecho
2. Insatisfecho
3. Neutral
4. Satisfecho
5. Muy satisfecho

1. Tipo de Juego propuesto: Consiste en 3 niveles donde cada uno se realiza un ejercicio físico distinto.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

2. Objetivo de cada minijuego: Dar de comer a los animales, Saltar y ganar, Tapar y ganar.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

3. Inclusión de las actividades físicas necesarias para un paciente con ACV dentro del videojuego.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

4. Adecuación del ecosistema a las necesidades de rehabilitación de pacientes con ACV:

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

5. Coherencia y consistencia entre todos los elementos del ecosistema

- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
-

ANEXO N°05 ENTREVISTA A EXPERTOS DE FISIOTERAPIA

ENTREVISTA A FISIOTERAPEUTAS PARA CONOCER EL PROCESO DE REHABILITACIÓN FÍSICA DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES EN PACIENTES CON ACV.

Se les hizo una entrevista a tres fisioterapeutas especialistas en brindar sesiones de rehabilitación a pacientes con ACV.

Entrevista al primer Fisioterapeuta

1. ¿Cuál sería la posición correcta para que el paciente emplee el videojuego?

El paciente debe tener comodidad ergonómica, es decir con los pies en el piso y debe tener un apoyo en el respaldo. Entonces el paciente debe estar sentado en una silla con respaldo con los brazos recostados sobre la mesa.

El paciente debe realizar los ejercicios con una ergonomía a la altura del eje anterior tanto el derecho como el izquierdo. En este caso al ser el videojuego oculomotor, se debe tener en cuenta un test oculomotor para conocer los reflejos visuales del paciente y estos puedan seguir el ritmo del videojuego.

Entrevista al segundo Fisioterapeuta

- 1.- ¿Cuál es el proceso de tratamiento de un paciente con ACV?

Se comienza con la evaluación para corroborar posible movimiento en las extremidades superiores e inferiores, detectar cuál hemisferio del cerebro fue afectado por el ACV.

Caso el hemisferio izquierdo sea el afectado, el paciente puede presentar pérdida de movilidad en la parte derecha del cuerpo, además posibles dificultades con la inteligencia, problemas lingüísticos o de razonamiento en el paciente. En caso del hemisferio derecho afecta el conocimiento y la parte sentimental del paciente.

Por otra parte, la rehabilitación de las extremidades superiores es más lenta que las extremidades inferiores debido a la presencia de tres nervios: radial, cubital y mediano; siendo nervios autónomos es lo que dificulta el proceso de rehabilitación. En caso de las extremidades inferiores posee el nervio ciático que se ramifica dando paso a más nervios.

Para la recuperación de las extremidades inferiores se necesita un buen control del tronco por parte del paciente para que pueda dar movimiento a las extremidades

superiores e inferiores. Luego, se comienza a trabajar los protocolos de marcha con el objetivo de que el paciente logre incorporarse a las actividades cotidianas.

2.- ¿Qué máquinas utilizan en el proceso de rehabilitación?

Se utiliza la electroestimulación para combatir la contractura o rigidez muscular en las extremidades superiores e inferiores. Además, esto ayuda a reactivar la capacidad de movimiento afectado en el cerebro por el ACV. También, emplean máquinas de calor.

3.- ¿Qué tipos de ejercicios se emplean en las sesiones de rehabilitación?

Todo ejercicio que es de flexión, extensión, abducción, aducción; incluido todo movimiento que realiza el paciente en su vida diaria.

4.- ¿Cómo evalúan el avance o mejora del paciente en su periodo de rehabilitación?

Observación de los avances diarios del paciente, los primeros avances de rehabilitación en un paciente con ACV son los tres primeros meses. Después de 8 meses a 1 año caso el paciente presenta mejores avances o resultados, se puede decir que tiene secuelas del ACV.

5.- ¿En qué lapso del día concurren más pacientes?

Desde las 2 pm a 5 pm es el lapso donde más pacientes asisten a la clínica.

6.- ¿En qué consiste la terapia ocupacional?

Consiste en que el paciente realice actividades como peinarse, tomar una cuchara, botonarse, etc. Es muy importante para que el paciente pueda volver a realizar sus actividades diarias.

Entrevista al tercer Fisioterapeuta

1.- ¿Cuántos fisioterapeutas laboran en la clínica?

Laburan 6 con todo y practicantes. Teniendo en cuenta que la clínica tiene varias áreas para atender a los pacientes según su necesidad. Por ello, cada fisioterapeuta monitorea la sesión de terapia de un solo paciente.

2.- ¿Cuánto dura la terapia en pacientes con ACV?

Dura entre una hora y media a dos horas o incluso dos horas y media.

3.- ¿Qué máquinas utilizan en las terapias para pacientes con ACV?

Máquinas infrarrojas que es para proporcionar calor y Onda rusas que es la corriente. La primera máquina se utiliza en el paciente entre 8 a máximo 12 minutos, y la segunda máquina que es para la electroterapia se utiliza 15 minutos en el paciente.

4.- ¿Qué metodología utilizan para la realización de ejercicios físicos?

La metodología CODMAN, ejercicios del hombro y brazo perpendiculares.

**ANEXO N° 06 CUESTIONARIO A LOS FISIOTERAPEUTAS SOBRE LAS
REGLAS Y HECHOS DEL S.E.**

Evaluación de las Reglas

N°	Regla	Acuerdo	No Acuerdo
01	Si el paciente completa el nivel del juego (vidas > 0), entonces EC es Si.		
02	Si el paciente no completa el nivel del juego (vidas = 0), entonces EC es No.		
03	Si EC es No, entonces M es Apoyar y O es Negativo.		
04	Si CA es mayor a CE, entonces ER es Correcto; sino ER es Incorrecto.		
05	Si ER es Incorrecto, entonces M es Apoyar y O es Negativo.		
06	Si EC es Si y ER es Correcto, entonces RM es Alta, sino RM es Baja.		
07	Si RM es Baja, entonces M es Apoyar y O es Negativo.		
08	Si RM es Alta y V>0, entonces EM es Bueno; sino EM es Necesita Mejorar.		
09	Si EM es Necesita Mejorar, entonces M es Apoyar y O es Negativo.		
10	Si EM es Bueno, entonces CM es Buena; sino CM es Pobre.		

11	Si CM es Pobre, entonces M es Apoyar y O es Negativo.		
12	Si CM es Buena y P es mayor a 30, entonces RC es Correcto, sino RC es Incorrecto.		
13	Si RC es Correcto, entonces RV es Rápido; sino RV es Lento.		
14	Si RC es Incorrecto, entonces M es Apoyar y O es Negativo.		
15	Si RC es Correcto y RV es Rápido, entonces S es Buena; sino S es Pobre.	•	
16	Si S es Buena, entonces M es Felicitar y O es Positivo.		
17	Si es Pobre, entonces M es Felicitar y O es Negativo.		

**ANEXO N° 07 CUESTIONARIO A LOS FISIOTERAPEUTAS REFERENTE A
LA UTILIDAD PERCEBIDA**

Cuestionario de Evaluación de Utilidad del Videojuego para Rehabilitación de Pacientes con ACV

Licenciado Fernando Aliaga

Instrucciones: Por favor, evalúe el videojuego de rehabilitación diseñado para pacientes con ACV. Indique su opinión sobre la utilidad percibida del videojuego utilizando la escala de Likert de 1 a 5, donde:

- | | | |
|---------------|------------|-------------|
| 1. Muy inútil | 3. Neutral | 5. Muy útil |
| 2. Inútil | 4. Útil | |

1. ¿Considera que el videojuego es útil en el contexto de la rehabilitación de pacientes con ACV?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

2. ¿El videojuego podría ser una herramienta efectiva para mejorar la motivación de los pacientes en su proceso de rehabilitación?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

3. En una escala del 1 al 5, ¿qué calificación general le daría al videojuego en términos de utilidad percibida?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

4. En una escala del 1 al 5, ¿recomendaría a sus pacientes utilizar el videojuego en su hogar para realizar los ejercicios físicos de las extremidades superiores?

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| • <input type="checkbox"/> 1 | • <input type="checkbox"/> 3 | • <input type="checkbox"/> 5 |
| • <input type="checkbox"/> 2 | • <input type="checkbox"/> 4 | |

ANEXO N° 08 CUESTIONARIO A LOS PACIENTES SOBRE MODELO TAM

Sección 1: Experiencia del paciente

1. ¿Consideras que el videojuego es fácil de usar?

- 1 2 3 4 5

2. ¿Puedes aprender a usar el videojuego rápidamente?

- 1 2 3 4 5

3. ¿Encuentras que las funciones del videojuego son fáciles de entender?

- 1 2 3 4 5

4. ¿Sientes que es fácil moverte y navegar por el videojuego?

- 1 2 3 4 5

Experiencia del familiar o tercero

5. Consideras que es fácil ayudar al paciente a usar el videojuego?

- 1 2 3 4 5

6. ¿Crees que el videojuego es útil para el paciente?

- 1 2 3 4 5

7. ¿Recomendarías el videojuego a otros?

- 1 2 3 4 5

8. ¿Continuarías ayudando al paciente a usar el videojuego en el futuro?

- 1 2 3 4 5

Aceptación tecnológica percibida

9. ¿Crees que el videojuego es útil para ti (como paciente o como familiar/tercero)?

- 1 2 3 4 5

10. ¿Estás satisfecho con la experiencia que te brinda el videojuego?

- 1 2 3 4 5

11. ¿Recomendarías el videojuego a otros?

- 1 2 3 4 5

12. ¿Continuarías usando el videojuego en el futuro?

- 1 2 3 4 5

Experiencia con los ejercicios físicos

13. ¿Crees que los ejercicios físicos en el videojuego son útiles para ti (como paciente)?

- 1 2 3 4 5

14. ¿Encuentras que los ejercicios físicos en el videojuego son fáciles de realizar?

- 1 2 3 4 5

15. ¿Sientes que los ejercicios físicos en el videojuego te ayudan a mejorar tu condición física?

- 1 2 3 4 5

16. ¿Crees que es motivador tener que superar un nivel para desbloquear el siguiente?

- 1 2 3 4 5

17. ¿Cómo calificarías la dificultad de los niveles en el videojuego?

- 1 2 3 4 5