



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,
Volumen 8, Número 1.

DOI de la Revista: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1

INTEGRACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL Y ARDUINO EN LA REHABILITACIÓN FÍSICA DE MIEMBROS INFERIORES

**USE OF VIRTUAL REALITY IN THE REHABILITATION
OF PEOPLE WITH MOTOR DISABILITIES APPLIED TO
THE LOWER LIMBS**

José Salvador Solís Lómbera

Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco

José Pablo Carbajal Solano

Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco

Miriam Martínez Arroyo

Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco

Eduardo de la Cruz Gámez

Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco

5 Juan Carlos Ramirez Teresa

Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9980

Integración de Realidad Virtual y Arduino en la Rehabilitación Física de Miembros Inferiores

José Salvador Solis Lombera¹mm22320005@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0008-3314-8059>Tecnológico Nacional
de México Campus Acapulco
México**José Pablo Carbajal Solano**mm22320004@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0009-6988-2578>Tecnológico Nacional
de México Campus Acapulco
México**Miriam Martínez Arroyo**miriam.ma@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5685-1731>Tecnológico Nacional
de México Campus Acapulco
México**Eduardo De La Cruz Gámez**eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3318-788X>Tecnológico Nacional
de México Campus Acapulco
México**Juan Carlos Ramirez Teresa**juan.rt@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0003-3740-3751>Tecnológico Nacional
de México Campus Acapulco
México

RESUMEN

En México existen centros de rehabilitación los cuales ofrecen terapias físicas y ocupacionales para fortalecer los músculos, mejorar el equilibrio y la coordinación sin embargo se requieren de nuevas estrategias para la realización de sus actividades diarias. En este trabajo se expone el desarrollo de un sistema auxiliar en la rehabilitación física de los miembros inferiores (piernas) utilizando la tecnología de Realidad Virtual (RV) inmersiva. El sistema de rehabilitación propuesto emplea dispositivos de RV brinda ejercicios diseñados para ejercitar los miembros inferiores y superiores para incrementar la fuerza, la coordinación y la destreza, para pacientes que hayan sufrido lesiones temporales. Estos ejercicios se ajustan a las necesidades individuales de cada paciente, permitiendo un enfoque personalizado. El sistema de rehabilitación consiste en un prototipo de hardware conectado a un módulo de rehabilitación con ejercicios a realizar mediante RV, utilizando las gafas Oculus quest 2. El prototipo de conexión (microcontrolador arduino 1) obtiene entradas de datos basados en los sensores (MPU6050) con acelerómetros y giroscopios que capturan las rotaciones de los movimientos de las piernas de los usuarios, con lo cual el módulo de rehabilitación simula los escenarios (juegos) que involucren los ejercicios necesarios para la terapia determinada por un experto humano.

Palabras clave: realidad virtual, miembros inferiores, rehabilitación física, sensor MPU6050

¹ Autor principal

Correspondencia: mm22320005@acapulco.tecnm.mx

Use of Virtual Reality in the Rehabilitation of People With Motor Disabilities Applied to the Lower Limbs

ABSTRACT

In Mexico there are rehabilitation centers which offer physical and occupational therapies to strengthen muscles, improve balance and coordination, however new strategies are required to carry out daily activities. This work presents the development of an auxiliary system in the physical rehabilitation of the lower limbs (legs) using immersive Virtual Reality (VR) technology. The proposed rehabilitation system uses VR devices and provides exercises designed to exercise the lower and upper limbs to increase strength, coordination and dexterity, for patients who have suffered temporary injuries. These exercises are tailored to the individual needs of each patient, allowing for a personalized approach. The rehabilitation system consists of a hardware prototype connected to a rehabilitation module with exercises to be performed through VR, using the Oculus quest 2 glasses. The connection prototype (arduino 1 microcontroller) obtains data inputs based on the sensors (MPU6050) with accelerometers and gyroscopes that capture the rotations of the users' leg movements, with which the rehabilitation module simulates the scenarios (games) that involve the exercises necessary for the therapy determined by a human expert.

Keywords: virtual reality, lower limbs, physical rehabilitation, MPU6050 Sensor

Artículo recibido 28 diciembre 2023
Aceptado para publicación: 30 enero 2024



INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la rehabilitación física, la introducción de tecnologías innovadoras ha producido una transformación significativa en las estrategias de tratamiento, abriendo nuevas perspectivas para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad motriz. Este artículo se centra en la concepción y aplicación de un sistema de realidad virtual como auxiliar clínico para la recuperación de individuos con discapacidad motriz, enfocándose específicamente en los miembros inferiores.

La contemporaneidad de los métodos de rehabilitación puede verse limitada por la falta de dinamismo y adaptabilidad, lo que impulsa la búsqueda de soluciones más innovadoras y personalizadas para mejorar la eficacia de los tratamientos (Maggio, 2023). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el último año 2020 se realizó un censo de población y vivienda en donde, de acuerdo a sus datos, para el 15 de marzo del 2020 México contaba con una población de 126,014,024 personas de las cuales el 5.69% (7,168,178) cuentan con algún problema o condición mental, de estas más del 78% tienen únicamente discapacidad física (Vivienda, 2021) lo que ocasiona que tengan dificultados para adaptarse a una vida de forma plena y satisfactoria.

Del total de personas con discapacidad y/o condición mental se reporta que alrededor de 2.9 millones tienen dificultades para manejar acciones tan sencillas como subir y bajar, esto impide que este sector de la población pueda continuar con su reintegración en la sociedad, por ello es necesario la supervisión, aplicación y evaluación de los programas médicos para aportar alternativas en su rehabilitación médica con el propósito de estudiar las diferentes técnicas existentes que puedan ser lo suficientemente amplias como para no caer en el desaliento del largo proceso de la rehabilitación.

La relevancia de este estudio se fundamenta en la creciente necesidad de optimizar los procesos de rehabilitación, haciéndolos más efectivos y accesibles. La implementación de la realidad virtual como auxiliar clínico no solo introduce un enfoque novedoso, sino que también promete incrementar la eficacia de los tratamientos al proporcionar una opción más dinámica y motivadora para los pacientes (Ng, 2023).

Desde un punto de vista teórico, este estudio se apoya en las teorías de rehabilitación física y en los principios de la realidad virtual aplicada a la medicina. La adaptación de la teoría de la realidad virtual

al ámbito de la rehabilitación motriz, especialmente mediante el uso de dispositivos como las gafas Oculus Quest 2, constituye la base conceptual de esta investigación (Campo-Prieto P, 2021).

El uso de la realidad virtual se encuentra actualmente envuelto en diferentes estudios que involucran el desarrollo de diversos ensayos que tienen el fin de resivir retroalimentacion por los entornos virtuales a los que son sujetos combinada con el uso de rehabilitacion convencional, un ejemplo de ello es un articulo realizado por La revista de neurologia en donde se compara la efectividad del entrenamiento con realidad virtual hacia las extremidades superiores con el tratamiento convencional, para ello se incluyeron consecutivamente 120 participantes con deterioro motor de las extremidades superiores dentro de las 12 semanas posteriores al accidente cerebrovascular en 5 instituciones de rehabilitación.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a RV o TC como complemento de la rehabilitación estándar y estratificados de acuerdo con la paresia de la mano de leve a moderada o grave, definida como ≥ 20 grados de muñeca y 10 grados de extensión del dedo o menos, respectivamente. El resultado al que llegaron es que el entrenamiento adicional de RV en las extremidades superiores no fue superior, pero fue igual de efectivo que la TC adicional en la fase subaguda después del accidente cerebrovascular (Iris Brunner, 2017).

Aun con ello existen diversos estudios que avalúan la efectividad de que el uso de la realidad virtual es igual o superior en los resultados favorables al momento de cursar por una rehabilitación, otro ejemplo de ello es la investigación del uso de la realidad virtual en la rehabilitación de extremidades superiores en accidentes cerebrovasculares subagudos y crónicos, en esta investigación los pacientes fueron escogidos aleatoriamente en dos grupos según la etiología del ictus (isquémico o hemorrágico), Ambos grupos mejoraron después del tratamiento, pero el grupo experimental tuvo mejores resultados que el grupo control, la conclusión a la que llegaron fue "La terapia RFVE combinada con el tratamiento de RC promueve mejores resultados para las extremidades superiores que la misma cantidad de RC, independientemente de la etiología del accidente cerebrovascular" (Pawel Kiper, 2018).

Además, se han realizado estudios en donde esta tecnología se intenta aprovechar en la afectación de la marcha de pacientes, este otro estudio sigue los Elementos de Reporte Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis. Los tratamientos basados en la realidad virtual de la enfermedad de Parkinson, la esclerosis múltiple, el accidente cerebrovascular agudo y crónico, la lesión cerebral

traumática y la parálisis cerebral se investigaron en PubMed y Scopus, incluidos los primeros registros disponibles. Se evaluó la validez terapéutica (escala CONTENT) y el riesgo de sesgo en los ensayos controlados aleatorizados (ECA) (herramienta de la Colaboración Cochrane) y no ECA (escala de Newcastle-Ottawa). En donde los resultados fueron favorables.

A pesar de la existencia de investigaciones previas que exploran el uso de la realidad virtual en la rehabilitación, pocos estudios se centran específicamente en la recuperación de los miembros inferiores. Aunque estos estudios resaltan la eficacia general de la realidad virtual, aún queda por investigar cómo esta tecnología puede aplicarse de manera más específica y adaptada a las necesidades de las personas con discapacidad motriz en las piernas (Nicholas Aderinto, 2023).

Dicha investigación se sitúa en el contexto de la rehabilitación física en el siglo XXI, considerando factores históricos, sociales y tecnológicos y con ello se busca aprovechar la evolución de la realidad virtual y abordar las demandas actuales en la atención a personas con discapacidad motriz.

En las últimas décadas, el campo de la rehabilitación física ha experimentado avances significativos gracias al uso de la tecnología. Estas innovaciones han demostrado ser herramientas eficaces para mejorar la calidad de vida de las personas que necesitan recuperarse de lesiones, enfermedades o cirugías. El análisis de antecedentes históricos y sociales proporcionará un marco contextual para comprender mejor la aplicación de esta tecnología en la rehabilitación (Pawassar CM, 2021).

Los impulsores en la producción de videojuegos aplicados a la salud como la secretaria de políticas universitarias (SPU) consideran que la ejercitación para la rehabilitación de personas con discapacidad motriz mediante el uso de los videojuegos con realidad virtual aplicada en la propia casa de los pacientes constituye el futuro de las terapias de rehabilitación, la utilización de la realidad virtual en entornos telecontrolados emerge como una herramienta sumamente valiosa. Su capacidad para representar situaciones de la vida real en un entorno de completa seguridad la convierte en un recurso invaluable. Además, facilita el acceso a tratamientos continuos y controlados para aquellos pacientes que enfrentan complicaciones en términos de traslado, ya sea en distancia o en tiempo. (Cintia Ferrarini, 2016)

Un videojuego es un programa informático en el cual se mantiene una interacción por medio de imágenes y/o sonidos de manera que exista un estímulo implícito para intentar ganar. Actualmente estos ya funcionan como una herramienta digital en la formación de diferentes áreas o temas específicos ya

que son diseñados con propósitos formativos que cumplan con el objeto de apoyar no solo en el entretenimiento, sino también en la investigación, educación o medicina. Cada afectación de un paciente es diferente, y por ende los tipos de rehabilitación para cada usuario usualmente también tienden a ser diferentes o con menores variaciones, por ello actualmente se han desarrollado diferentes accesorios enfocados en las diferentes áreas de rehabilitación, sensores, botones, acelerómetros, guantes, botas, bastones etc. Cada uno está pensado para un tipo diferente de aplicación y/o usuario.

El uso de estas tecnologías tiene una amplia variedad de aplicaciones en el tratamiento de diversas patologías o padecimientos dentro de la medicina "Bob's Fish Shop" se postula como una experiencia de RV en donde se podrán poner en práctica diversas interacciones sociales típicas como las habilidades de la comunicación, esta dirigido hacia un público joven con problemas de TEA (Transtordo del Espectro Autista), la principal etiqueta de este desarrollo es que estos pacientes puedan participar en un entorno seguro y práctico de brindar apoyo. (Stewart Rosenfield, 2019). Algunos estudios sugieren evaluar los resultados del uso de estas tecnologías por medio de los cambios en diversas regiones del cerebro, esto se basa en la estimulación del sistema de procesamiento motor, que activa las regiones de la corteza inferior del cerebro implicadas en la realización de la acción, el uso de la resonancia magnética funcional podría detectar patrones de excitación cerebral durante el trabajo motor, la tecnología EEG detecta la actividad eléctrica con el fin de proporcionar datos de eficiencia mejorados, Un metaanálisis de 2.470 pacientes con accidente cerebrovascular encontró que la RV como ayuda para la función motora de las extremidades superiores ayudó a mejorar la función motora de las extremidades superiores y la capacidad de la vida diaria, La RV puede enriquecer el entorno de entrenamiento al participar en las vías sensoriales, cognitivas y perceptivo-motoras, y es más capaz de proporcionar los componentes clave de la neuroplasticidad para apoyar los resultados de la recuperación funcional que las intervenciones de rehabilitación tradicionales (Jie Shen, 2023).

En concordancia con la problemática planteada, se formula la hipótesis de que el sistema de realidad virtual puede facilitar los tratamientos de fisioterapia en personas con discapacidad motriz, contribuyendo a la recuperación fisioterapéutica de la movilidad de las piernas de manera dinámica, versátil y con menor supervisión, según la gravedad del daño. Los objetivos de la investigación incluyen el diseño de un sistema adaptable, la identificación de requerimientos físicos basados en referencias

médicas, el desarrollo de un entorno virtual y la evaluación del sistema mediante pruebas de usabilidad. Estos objetivos persiguen mejorar la efectividad y accesibilidad de la rehabilitación para personas con discapacidad motriz en los miembros inferiores mediante la realidad virtual.

METODOLOGÍA

La estrategia metodológica adoptada para el desarrollo de esta herramienta se fundamentó en el marco de trabajo SCRUM, reconocido por su enfoque ágil que facilita la gestión colaborativa y flexible de proyectos de desarrollo de software. SCRUM aporta un conjunto de buenas prácticas que propician una planificación y ejecución efectiva de los proyectos, permitiendo una adaptabilidad continua a medida que evoluciona el desarrollo.

El seguimiento de tareas dentro del contexto SCRUM desempeñó un papel fundamental en la adecuada planificación y evolución del sistema. Se llevaron a cabo ciclos de retrospectiva ágiles de manera constante, lo que posibilitó la revisión y depuración iterativa de la idea base del proyecto. Este enfoque, crucial en proyectos que involucran la codificación y diseño de elementos complejos, facilitó la obtención de retroalimentación de manera regular.

Con el propósito de evaluar la efectividad y aceptación de la herramienta, se realizaron pruebas piloto con un grupo compuesto por 7 individuos que experimentaban dolor muscular en las rodillas y piernas. La elección de estos participantes se hizo con la finalidad de evaluar la herramienta en un contexto clínicamente relevante para la rehabilitación de los miembros inferiores. La inclusión de personas con dolor muscular específico permitió recopilar datos sobre la aplicabilidad y utilidad práctica de la herramienta en situaciones clínicas específicas.

La idea de combinar a los videojuegos con la rehabilitación de un paciente es poder trabajar dos partes importantes de cada usuario: la parte física y la parte cognitiva. Entre los aspectos cognitivos podríamos mencionar las acciones de atención, memoria, habilidad para la resolución de los problemas y el razonamiento matemático. Un artículo publicado por la biblioteca nacional de medicina evaluó una revisión sistemática enfocándose en los efectos beneficiosos de los videojuegos dentro de estudios de intervención, aquí se menciona que los videojuegos activan un gran número de regiones del cerebro, además de esto se hace hincapié en cómo afectan la estructura y la función del cerebro dependiendo de cómo se juegue el juego. (Brilliant T D, 2019)

Además, en el ámbito físico, se deben abordar aspectos como el equilibrio, el control cefálico, el control del tronco, la coordinación y la velocidad de los movimientos, entre otros. En este contexto, se destaca la importancia de llevar a cabo ejercicios de rehabilitación física de manera regular. La rehabilitación puede adoptar diferentes métodos y técnicas, pero nos centraremos en aquellas que implican la realización de ejercicios físicos específicos. El ejercicio terapéutico se erige como el componente central en la rehabilitación de trastornos musculoesqueléticos, siendo ampliamente utilizado debido a sus resultados positivos. Este tratamiento tiene el fin de “restaurar la función normal al alterar la información sensorial, reducir la inflamación, disminuir, coordinar y fortalecer la actividad muscular y promover la reparación y regeneración de los tejidos”. (Armijo-Olivo, 2018)

La meta final de este estudio es mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad motriz en los miembros inferiores, con un énfasis particular en niños. La herramienta se diseñó con el criterio de éxito de proporcionar una experiencia de realidad virtual efectiva y motivadora, contribuyendo así a la reducción del dolor muscular y mejorando la movilidad de las rodillas y piernas en el contexto específico del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT). Para mantener un control en la evolución de los pacientes/usuarios se evaluaron los cambios en los diferentes resultados vinculados a las deficiencias en las funciones y estructuras de las extremidades inferiores de cada paciente, así como las limitaciones a las que se encuentran sujetos en las diferentes situaciones de la vida como por ejemplo las actividades y las restricciones de participación. Se llevaron a cabo análisis en diferentes momentos, abarcando desde el inicio hasta después de la intervención, posterior a la intervención hasta la evaluación de seguimiento, y desde la línea de base hasta la evaluación de seguimiento.

Estas pruebas piloto no solo fueron útiles para evaluar la herramienta, sino que también brindaron la oportunidad de obtener retroalimentación directa de los usuarios finales. La adaptabilidad y ajuste continuo de la herramienta según las necesidades y experiencias de los participantes fueron aspectos clave en el proceso de desarrollo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La integración de dispositivos Arduino con juegos de realidad virtual ha demostrado ser altamente prometedora en el ámbito de la rehabilitación física. La aplicación de realidad virtual ha marcado un avance significativo al mejorar la efectividad de las terapias. Este progreso se atribuye a la capacidad

única de ofrecer enfoques terapéuticos dinámicos y personalizados, respaldados por la versatilidad y flexibilidad del sistema Arduino.

En términos de participación del paciente, los juegos de realidad virtual con Arduino han logrado un aumento notorio en la interactividad y compromiso durante las sesiones de rehabilitación. Esta característica resulta crucial, ya que la participación activa se correlaciona directamente con la efectividad de las terapias. La combinación de la tecnología Arduino y la realidad virtual ha creado un entorno terapéutico más atractivo y motivador.

La personalización de las terapias es otro aspecto destacado. La capacidad de adaptar los ejercicios y desafíos a las necesidades individuales de cada participante se ha convertido en una ventaja significativa. Los datos recopilados por los dispositivos Arduino permiten ajustar las terapias con precisión, considerando las capacidades y limitaciones específicas de cada persona.

Las pruebas piloto realizadas con un grupo de 7 individuos que experimentaban dolor muscular en las rodillas y piernas proporcionaron información valiosa sobre la aplicabilidad clínica de la herramienta. La inclusión de participantes con dolor muscular específico permitió evaluar la utilidad práctica de la herramienta en situaciones clínicas específicas.

La meta final de este estudio es mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad motriz en los miembros inferiores, con un enfoque particular en niños. La herramienta se diseñó con el criterio de éxito de proporcionar una experiencia de realidad virtual efectiva y motivadora. Este diseño se alinea con el propósito de reducir el dolor muscular y mejorar la movilidad en el contexto específico del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT).

Estas pruebas piloto no solo fueron fundamentales para evaluar la herramienta, sino que también ofrecieron la oportunidad de obtener retroalimentación directa de los usuarios finales. La adaptabilidad y ajuste continuo de la herramienta según las necesidades y experiencias de los participantes fueron aspectos clave en el proceso de desarrollo. En resumen, la convergencia de tecnologías, respaldada por pruebas clínicas, sugiere un impacto positivo potencial en la calidad de vida de los pacientes con discapacidad motriz en los miembros inferiores.

Cabe destacar que durante la prueba piloto, más del 67% de los participantes demostraron una mejora notable en su movilidad y una reducción significativa en el dolor muscular, respaldando así la efectividad y aceptación de la herramienta en el contexto clínico.

Tabla 1

Componente	Descripción
Sensores	Utilización de sensores para mejorar la precisión de las mediciones.
Firmware	Desarrollo en el transmisor utilizando el MPU-6500 para leer valores de aceleración y giroscopio, transmitiendo datos a Unity a través de Serial.write().
Módulos de Arduino	Dos módulos de Arduino utilizados para detectar transmisión y recepción de información: uno en la placa Arduino UNO (extremo de transmisión) y otro en la computadora (extremo receptor).
Entorno de Prueba	Procesador: Intel Core i5-11300HQ, 3.11 GHz. - Memoria: 16 GB. - Tarjeta Gráfica: Nvidia Geforce GTX 3050 M. - Sistema Operativo: Windows 10.
Recomendación de Rendimiento	de Se sugiere una tarjeta gráfica con al menos el rendimiento de Nvidia Geforce GTX 980 para una experiencia óptima.

Esta tabla proporciona una visión clara y estructurada de los componentes clave del proyecto, desde el uso de sensores hasta las especificaciones del entorno de prueba, incluyendo recomendaciones para mejorar el rendimiento.

Ilustración 1. Inicio del Juego



La Ilustración 1 constituye una captura de pantalla de como se ve el entorno dentro de la simulación, en ella podemos observar como el ambiente esta modelado y texturizado para asemejar un campo relajante, sobre el se encuentra el paciente observando al entrenador, el entrenador funge la misión de

ser el guía, por medio de diversas animaciones este puede indicarle al jugador como es que deberá mover la pierna, la flexión esta limitada a 3 movimientos en los cuales se pone a prueba la capacidad del paciente de realizarlos. Por medio del sensor giroscópico es que se puede saber si está realizando correctamente el ejercicio como podemos ver en la ilustración 2.

Ilustración 2: Animaciones hacia el jugador

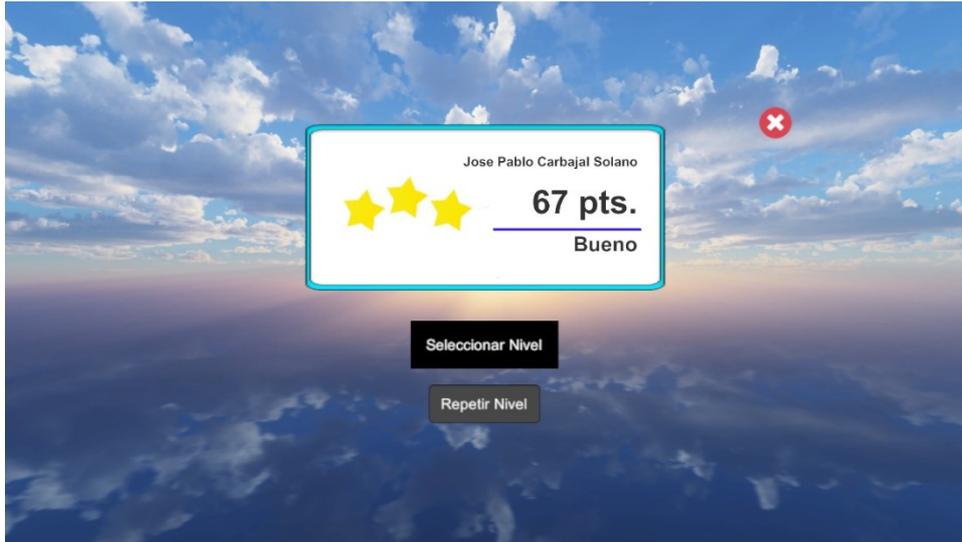


En la parte superior del guía se muestra un Canvas con el texto de las instrucciones a seguir, cuando el paciente esté listo para recibir la segunda instrucción podrá apretar un botón del mando del sistema Oculus para pasar a la siguiente instrucción. Una vez que el ejercicio es iniciado un cronometro comienza a mostrarse, durante este tiempo es en el cual el paciente tiene que manter la pierna flexionada, el entrenador tambien realiza una simulacion del como el paciente debe realizar el ejercicio.

Ilustración 3 Resultados de juego



Ilustración 4 Resultados de juego



Como se puede observar en la ilustración 3 nos arroja un resultado de la partida con un 67%, el cual se clasifica como bueno, demostrando una mejora notable en su movilidad y una reducción significativa en el dolor muscular, respaldando así la efectividad y aceptación de la herramienta en el contexto clínico.

CONCLUSIONES

En conclusión, la aplicación de la realidad virtual en la rehabilitación de miembros inferiores representa una innovación prometedora que ha ganado reconocimiento en el ámbito de la fisioterapia. La integración de dispositivos de detección Arduino con juegos de realidad virtual añade un elemento adicional de versatilidad y eficiencia, brindando resultados que respaldan la efectividad terapéutica, el aumento de la participación del paciente, la capacidad de personalizar la terapia y la mayor accesibilidad.

La efectividad terapéutica se deriva de la capacidad de la realidad virtual para proporcionar un entorno inmersivo y atractivo que motiva a los pacientes a comprometerse activamente con sus sesiones de rehabilitación. La gamificación y la personalización de las experiencias virtuales permiten adaptar los programas de rehabilitación según las necesidades y habilidades individuales, lo que contribuye a un enfoque más centrado en el paciente.

El aumento de la participación del paciente es crucial en el proceso de rehabilitación, ya que la motivación y el compromiso son factores clave para el éxito del tratamiento. La realidad virtual logra

esto al hacer que las sesiones de rehabilitación sean más atractivas, desafiando a los pacientes de manera positiva y ofreciendo un ambiente lúdico que facilita la adhesión a los programas de ejercicio.

La capacidad de personalizar la terapia es esencial para adaptarse a las variadas condiciones y necesidades de los pacientes. La realidad virtual permite ajustar la intensidad, la duración y el tipo de ejercicios de manera precisa, lo que facilita una rehabilitación más específica y eficaz.

La mayor accesibilidad se refiere a la posibilidad de llevar a cabo sesiones de rehabilitación en entornos virtuales desde la comodidad del hogar del paciente, reduciendo las barreras geográficas y mejorando la accesibilidad a la atención médica. Esto es especialmente beneficioso para aquellos que enfrentan dificultades para desplazarse físicamente a una clínica de rehabilitación.

A pesar de estos avances, es fundamental subrayar la importancia de la supervisión profesional por parte de fisioterapeutas u otros profesionales de la salud. Estos expertos deben evaluar y adaptar las sesiones virtuales de rehabilitación de piernas para garantizar que se ajusten de manera segura y efectiva a las necesidades individuales de cada paciente.

Además, la implementación exitosa de la realidad virtual en la rehabilitación de piernas requiere equipo especializado y software diseñado específicamente para fines terapéuticos. La colaboración entre profesionales de la salud, desarrolladores de software y fabricantes de dispositivos es esencial para garantizar la calidad y seguridad de estas aplicaciones en el ámbito clínico.

La combinación de realidad virtual y dispositivos de detección Arduino ofrece un enfoque prometedor y efectivo para mejorar la rehabilitación de piernas, proporcionando beneficios terapéuticos, motivación del paciente, personalización de la terapia y mayor accesibilidad. Sin embargo, su implementación debe ser cuidadosamente supervisada y adaptada por profesionales de la salud para garantizar resultados seguros y efectivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Armijo-Olivo, S. (2018). *A new paradigm shift in musculoskeletal rehabilitation: why we should exercise the brain?* Canada: University of Alberta, Faculty of Rehabilitation Medicine/Faculty of Medicine and Dentistry, Edmonton-Canada Institute of Health Economics, Edmonton,.

Brandt, M. (2008). *Video games activate reward regions of brain in men more than women, Stanford study finds.* Stanford Medicine.



- Brilliant T D, N. R. (2019). *Does Video Gaming Have Impacts on the Brain: Evidence from a Systematic Review*. East Jakarta 13210, Indonesia: Department of Biomedicine, Indonesia International Institute for Life Sciences (i3L).
- Campo-Prieto P, S.-G. D.-C.-F. (2021). *Current status of immersive virtual reality as a tool for physical and functional rehabilitation in patients with Parkinson's disease: systematic review*. *Rev Neurol*.
- Cintia Ferrarini, M. G. (2016). *MoVeR-T: Entorno de videojuego en Realidad Virtual Telecontrolado*. Provincia de San Juan: Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI).
- Desiderio Cano Porras, M. P. (29 de May de 2018). *Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait*. *Neurology journal*.
- Iris Brunner, P. J.-M. (2017). *Virtual Reality Training for Upper Extremity in Subacute Stroke (VIRTUES)*. *NEUROLOGY*, American Academy of Neurology.
- Jie Shen, X. G. (2023). *Virtual reality-induced motor function of the upper extremity and brain activation in stroke: study protocol for a randomized controlled trial*. Zhejiang, China: Center of Rehabilitation Medicine, The Second Hospital of Jiaying.
- Maggio, M. G. (2023). *The Role of Innovation Technology in the Rehabilitation of Patients Affected by Huntington's Disease: A Scoping Review*. Messina, Italy: *Biomedicines* 12, no. 1: 39.
- Ng, J. &. (2023). *Evaluating the Integration of Virtual Reality in Physical Therapy: A Scoping Review*. India: *International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET)*.
- Nicholas Aderinto, G. O. (2023). *Exploring the efficacy of virtual reality-based rehabilitation in stroke: a narrative review of current evidence*. *Annals of Medicine*.
- Pawassar CM, T. V. (2021). *Virtual Reality in Health Care: Bibliometric Analysis*. *JMIR Serious Games*.
- Pawel Kiper, A. S. (2018). *Virtual Reality for Upper Limb Rehabilitation in Subacute and Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial*. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.
- Stewart Rosenfield, N. K. (2019). *A Virtual Reality System for Practicing Conversation Skills for Children with Autism*. *Multimodal Technologies and Interaction* 3.
- Vivienda, I. C. (2021). *Estadísticas a propósito del día internacional de las personas con discapacidad (datos nacionales)*. Mexico: INEGI.