

# A novel IoT system for remote monitoring in geriatric rehabilitation

## Un novedoso sistema IoT para la monitorización remota en la rehabilitación geriátrica

Katerin Deysi Vasquez Benito<sup>1</sup> , Eynar Calle Viles<sup>2</sup> , Edgar Roberto Ramos Silvestre<sup>3</sup> , Rommer Alex Ortega Martínez<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Investigadora Asociada de UMA Universidad Privada del Valle. Cochabamba, Bolivia.

<sup>2</sup>Coordinador de Investigación UMA, Universidad Privada del Valle. Cochabamba, Bolivia.

<sup>3</sup>Director de Carrera, Universidad Privada del Valle. Cochabamba, Bolivia.

<sup>4</sup>Coordinador de Investigaciones Clínicas, Universidad Privada del Valle. Cochabamba, Bolivia.

### Cite as

Vasquez Benito KD, Calle Viles E, Ramos Silvestre ER, Ortega Martínez RA. A novel IoT system for remote monitoring in geriatric rehabilitation. SAP Biomedical & Chemical Engineering Innovation. 2025; 4:200. <https://doi.org/10.56294/evk2025200>

### Publication History

**Submitted:** 20-08-2024

**Revised:** 26-12-2024

**Accepted:** 01-05-2025

**Published:** 02-05-2025

### ABSTRACT

This paper presents the design, development, and implementation of a geriatric rehabilitation kit consisting of four dynamic stations, aimed at improving the physical and cognitive well-being of older adults through the use of emerging technologies. The system employs specialized sensors, computer vision, interactive games, a web-based video game, and MQTT communication. It operates on an architecture of ESP32 development boards, sensors, and a VPS server for real-time data storage and analysis. Each geriatric station was designed to stimulate specific abilities: motor activity with a pedal board and video game, agility and memory through a cognitive panel, gait cycle rehabilitation with artificial vision, and balance improvement with the stairs and slope monitored by sensors. The results obtained from experimental tests conducted with geriatric patients at a senior care center demonstrated significant improvements in their physical and cognitive performance, as evidenced by the collected metrics and historical chart analysis. The combination of different sensors and their programming facilitates key data collection, optimizing physical therapy processes and promoting active aging. Furthermore, high acceptance was observed among patients and healthcare professionals, who highlighted the motivation the kit generates and the usefulness of remote monitoring. It is concluded that the kit not only promotes active aging but also represents a viable, scalable, and low-cost solution for physical therapy centers.

**Keywords:** EMQX; ESP32; IoT; Remote Monitoring; MQTT; Geriatric Rehabilitation; VPS.

### RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño, desarrollo e implementación de un kit de rehabilitación geriátrica conformado por cuatro estaciones dinámicas, orientadas a mejorar el bienestar físico y cognitivo de adultos mayores mediante el uso de tecnologías emergentes. El sistema emplea sensores especializados, visión artificial, juegos interactivos, videojuego en la web y una comunicación mediante el protocolo MQTT, operando sobre una arquitectura de tarjetas de desarrollo ESP32, sensores y un servidor VPS para almacenamiento y análisis de datos en tiempo real. Cada estación geriátrica fue diseñada para estimular capacidades específicas: actividad motriz con pedalera y videojuego, agilidad y memoria mediante un panel cognitivo, rehabilitación del ciclo de la marcha con visión artificial, y mejora del equilibrio con la escalera y pendiente monitorizadas por sensores. Los resultados obtenidos en las pruebas experimentales realizadas con pacientes geriátricos pertenecientes a un centro de atención al adulto mayor demostraron mejoras significativas en la evolución física y cognitiva de los pacientes, según lo evidenciado por las métricas recopiladas y el análisis de gráficos históricos. La combinación de los diferentes sensores y su programación facilita la recopilación clave, optimizando los procesos de fisioterapia y favoreciendo el envejecimiento activo. Además, se reflejó una alta aceptación por parte de pacientes y profesionales de la salud, quienes destacaron la motivación que el kit genera y la utilidad del monitoreo remoto. Se concluye que el kit no solo favorece un envejecimiento activo, sino que también representa una solución viable, escalable y de bajo costo para centros de fisioterapia.

**Palabras clave:** EMQX; ESP32; IoT; Monitoreo Remoto; MQTT; Rehabilitación Geriátrica; VPS.

## INTRODUCCIÓN

La rehabilitación geriátrica se enfrenta a numerosos retos debido a la falta de herramientas tecnológicas que permitan un seguimiento eficiente y la motivación continua de los pacientes.<sup>(1)</sup> Conforme la población envejece, se hace cada vez más evidente la necesidad de soluciones innovadoras que faciliten la recuperación de los adultos mayores, promoviendo su independencia y calidad de vida.<sup>(2)</sup> En este contexto, la aplicación de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y el protocolo de comunicación MQTT surge como una estrategia viable para optimizar la recopilación y el análisis de datos en tiempo real, lo que permite al personal de salud realizar un seguimiento más preciso del progreso del paciente.

El kit de rehabilitación geriátrica está compuesto por cuatro estaciones de entrenamiento diseñadas para abordar diferentes aspectos de la movilidad y la función cognitiva en pacientes. Cada estación incluye sensores que recopilan información sobre el rendimiento del paciente y envían en tiempo real para su análisis. La estación 1 integra un ejercitador de pedales vinculado con un videojuego para potenciar la actividad motora, fomentando la coordinación y la motivación del paciente. La estación 2 se centra en ejercicios cognitivos y de agilidad mediante un panel interactivo, promoviendo la estimulación mental y la toma de decisiones rápidas. La estación 3 está diseñada para la rehabilitación del ciclo de la marcha mediante barras paralelas, lo que facilita la recuperación de la movilidad en pacientes con dificultades para caminar. Finalmente, la Estación 4 incorpora un monitoreo para las escaleras y una rampa de rehabilitación, lo que permite que los pacientes mejoren su confianza y equilibrio mientras enfrentan desafíos de movilidad diarios.

El protocolo MQTT ha destacado en entornos IoT por su eficiencia en la transmisión de datos,<sup>(3)</sup> ya que opera bajo un modelo de publicación-suscripción que reduce el consumo de ancho de banda y minimiza la latencia. Su aplicación en la rehabilitación geriátrica permite la integración de sensores en las estaciones de ejercicio, permitiendo la monitorización de parámetros clave como la fuerza, la movilidad y la coordinación. Al conectar estos sensores con la placa de desarrollo ESP32, los datos se transmiten a un servidor central por medio de un intermediario MQTT como EMQX,<sup>(4)</sup> lo que confirma una comunicación estable y escalable en entornos médicos.

La recopilación de datos de los sensores integrados en cada estación ha facilitado la generación de informes detallados en forma de gráficos y tablas, proporcionando una visión completa del rendimiento del paciente durante las sesiones de rehabilitación. Esto no solo optimiza los procesos de fisioterapia, sino que también promueve el envejecimiento activo al involucrar a los pacientes en actividades dinámicas que combinan tecnología y movimiento.

Además del impacto técnico y terapéutico, la acogida del kit tanto por parte de los pacientes como del personal médico ha sido muy positiva. Los pacientes han destacado el diseño interactivo de las estaciones y su capacidad para motivarlos a continuar con la rehabilitación, mientras que los profesionales de la salud han enfatizado la utilidad del sistema para centralizar la información e integrar la tecnología en la práctica médica. Estos dictámenes avalan la viabilidad del kit como herramienta innovadora para mejorar la rehabilitación geriátrica.

La integración del kit de rehabilitación geriátrica representa un avance significativo en la aplicación de tecnologías IoT para la monitorización y optimización de la fisioterapia en adultos mayores. La capacidad de transmitir datos en tiempo real con bajo consumo de energía y ancho de banda hace que MQTT sea la opción ideal para este tipo de aplicaciones. Los resultados obtenidos de las pruebas experimentales con pacientes geriátricos han demostrado la eficacia del sistema en la rehabilitación, permitiendo un seguimiento continuo de la evolución del paciente. Este enfoque tecnológico no solo optimiza la rehabilitación geriátrica, sino que también abre nuevas posibilidades para el desarrollo de herramientas médicas innovadoras en el campo de la salud digital.

## Arquitectura del sistema

El kit de rehabilitación geriátrica está diseñado para abordar diversos aspectos motores y cognitivos para ayudar a los pacientes en el mantenimiento y/o recuperación de la autonomía personal. El fisioterapeuta puede elegir libremente entre estaciones en función de su criterio profesional. Cada paciente tiene una tarjeta RFID asignada, lo que asegura que todos los datos recopilados en cada estación se almacenen bajo el ID de paciente correspondiente (ID000#).

Cada estación puede ser utilizada de manera independiente y simultáneamente, lo que respalda que los datos se distribuyan correctamente sin interferencias entre estaciones. Todos los datos recopilados se visualizan en el servidor VPS dedicado del kit, lo que permite que los profesionales de la salud y los familiares puedan monitorear el progreso de cada paciente mediante tablas y gráficos.

### *Estación 1: Pedalera para incremento de actividad motriz*

La primera estación (figura 1) se centra en el trabajo físico de los miembros inferiores y superiores del paciente,<sup>(5)</sup> con el objetivo de activar progresivamente la parte motriz, buscando el fortalecimiento de los músculos de las articulaciones, recuperando y/o manteniendo el rango del movimiento de la articulación.<sup>(6)</sup> Por lo tanto, la actividad muscular desarrollada durante el pedaleo hace aconsejable su uso en determinados programas de Medicina Física y Rehabilitación.<sup>(7)</sup>

En el videojuego “Vuela en la Jungla” (figura 2), desarrollado en Unity (software para creación de videojuegos),<sup>(8)</sup> donde el jugador toma el control de un avatar que debe evadir obstáculos mientras vuela por un entorno inmersivo. En caso de que se deje de pedalear el avatar cae por efectos de la gravedad.

El videojuego consta de dos opciones de pedaleo (manos o pies) y tres niveles de dificultad (básico, medio y experto), los cuales se diferencian en la velocidad que se debe emplear al pedalear y la velocidad en la que aparecerán los obstáculos, está diseñado para funcionar con una comunicación constante entre el videojuego y la pedalera, los datos que se reciben de la pedalera al videojuego son en tiempo real y responde fluidamente a cada movimiento del jugador con una conexión estable de Internet. Cuando el paciente pierda el juego por haber tocado un obstáculo, se enviarán los datos obtenidos, donde posteriormente podrán ser visualizados en la página del paciente con su respectiva gráfica de progreso.



**Figura 1.** Pedalera acompañada de un videojuego



**Figura 2.** Videojuego “Vuela en la jungla”

#### *Estación 2: panel de trabajo cognitivo y de agilidad*

La segunda estación se enfoca en el trabajo a nivel cognitivo del paciente (figura 3), ofreciendo estímulos visuales, auditivos y mentales. Este enfoque busca fortalecer las conexiones cerebrales y mejorar la coordinación de mano-ojo mediante una estimulación cognitiva. Cuenta con tres juegos (memoria visual, memoria auditiva y agilidad). Los dos primeros juegos, requieren atención, memoria y capacidad de respuesta, manteniendo y mejorando las funciones cognitivas. Según un estudio de <sup>(9)</sup>, los juegos de memoria y atención pueden retrasar la progresión de deterioro cognitivo. La incorporación de un juego de agilidad ayuda a los adultos mayores en su coordinación motora y reflejos. Esto es esencial para prevenir caídas y mantener la independencia física.<sup>(10)</sup> Enfatizan la importancia de la actividad física y la coordinación en la calidad de vida de los adultos mayores.



**Figura 3.** Panel de trabajo

#### *Estación 3: Rehabilitación del ciclo de la marcha*

La tercera estación (figura 4) tiene como objetivo fortalecer el ciclo de la marcha,<sup>(11)</sup> utilizando visión artificial para obtener datos sobre la elevación de rodilla y distancia recorrida. Los fisioterapeutas podrán realizar un análisis del ciclo de la marcha con los datos obtenidos el paciente trabajará una activación articular y muscular teniendo beneficios como la reeducación del equilibrio, rehabilitación en el ciclo de la marcha y un mayor control motor y coordinación.



**Figura 4.** Panel de trabajo

Está compuesta por una caja donde se realiza la lectura de la tarjeta del paciente y la parte de software de Visión artificial acompañado de librerías como OpenCV y Mediapipe para capturar video en tiempo real,<sup>(12)</sup> detectar poses y analizar movimientos. Se tiene dos ejercicios disponibles:

Ejercicio de caminata, donde su principal objetivo es obtener la distancia promedio entre pasos, el paciente caminará a lo largo de la barra y cuando llegue al final se obtendrá el dato correspondiente.

Ejercicio de elevación de rodilla, contabiliza la cantidad de elevaciones de rodilla que realiza en un tiempo determinado. Cuando el paciente complete el tiempo establecido, se envían los datos obtenidos.

#### *Estación 4 Escalera/pendiente de rehabilitación*

La cuarta estación (figura 5) tiene como objetivo trabajar en la rehabilitación de la motricidad, equilibrio y autonomía del paciente. Se dispondrá de sensores de distancia en la escalera que contabilizará los escalones de subida y bajada que realice el paciente, un sensor infrarrojo que ayudará a determinar si terminó de cruzar la rampa. Su objetivo es el monitoreo de la escalera/pendiente, donde el paciente debe cumplir toda la secuencia que se debe realizar en el mobiliario sin saltar ningún paso. El paciente inicia con subir las escaleras, que a medida que vaya subiendo se tendrá una estimulación visual en la escalera que debe subir, con el fin de motivar al paciente, una vez que termine de subir todas las gradas debe bajar la rampa y llegar al final, debe repetir el procedimiento hasta completar las tres secuencias asignadas.



**Figura 5.** Escalera/ pendiente de rehabilitación

#### *Implementación del protocolo MQTT*

MQTT es un protocolo de publicación-suscripción.<sup>(13)</sup> Un cliente puede publicar un mensaje para un tópico específico, y otros clientes suscritos al tópico recibirán los mensajes publicados por medio del broker.

En el kit de rehabilitación geriátrica, se utiliza el intermediario EMQX con QoS 0. Cada estación tiene un tópico dedicado, lo

que permite que los datos se transmitan de manera organizada y al mismo tiempo permite el funcionamiento independiente de cada estación. Como se ilustra en la figura 6, el sistema incluye al protocolo MQTT con el broker EMQX, se indica el tópicos y datos obtenidos de cada estación.

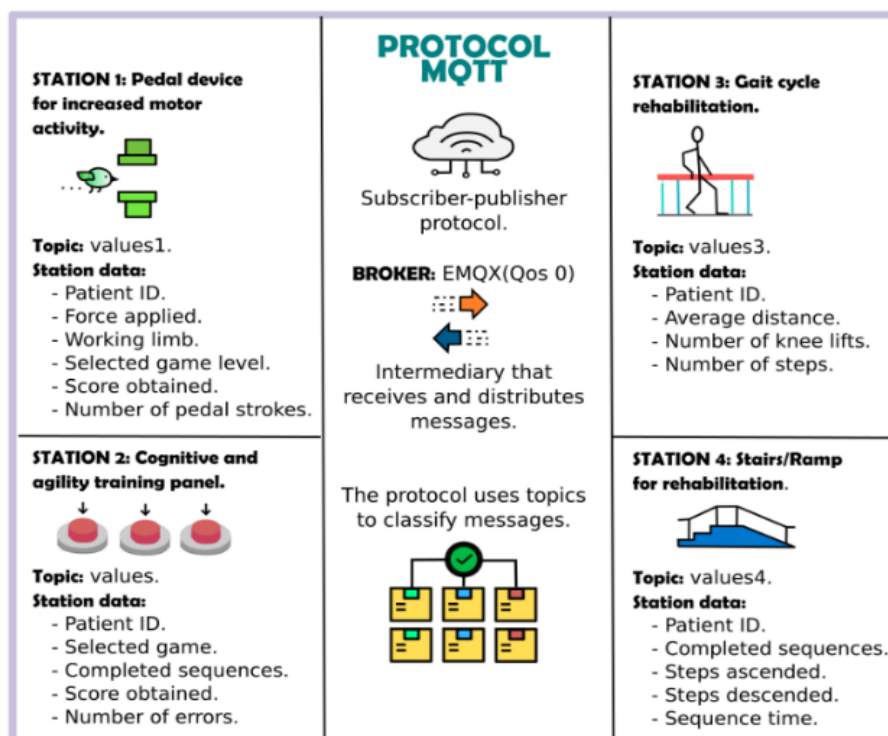


Figura 6. Estaciones y protocolo MQTT

## RESULTADOS

Los resultados experimentales validan su efectividad y ponen de manifiesto el potencial de futuras mejoras, como la incorporación de la inteligencia artificial para la terapia personalizada y la integración de nuevos protocolos de comunicación para ampliar la conectividad y funcionalidad del sistema, lo que permitiría identificar mejoras en las habilidades motoras, la movilidad y el desarrollo cognitivo. Este análisis de resultados facilita la evaluación de la efectividad del kit y su potencial contribución con la rehabilitación geriátrica.

### Estación 1: Pedalera para incremento de actividad motriz

El análisis que se muestra a continuación pertenece al paciente Freddy de 73 años, los patrones observados se pueden visualizar en la figura 7.

Cantidad de pedaleadas: los valores obtenidos oscilan por sesión, mostrando variabilidad entre intentos. Esto refleja diferencias en el nivel de esfuerzo y tiempo dedicado, influenciados por su estado físico, nivel de fatiga y comprensión del juego.

Fuerza aplicada: los valores registrados en el pedal derecho e izquierdo se mantienen constantes entre 2.08 y 2.33 N, con pequeñas diferencias que indican equilibrio en el esfuerzo aplicado por ambas manos.

Puntaje: en la mayoría de las sesiones se registró un puntaje de 1, lo cual evidencia que al ser los primeros intentos el paciente no lograba coordinar la parte visual con la motora, es por ese motivo que se ve la gran diferencia entre el puntaje y cantidad de pedaleadas, ya que el paciente realizaba pedaleadas constantemente sin fijar la vista en el juego y luego de continuas explicaciones pudo tener mayor coordinación y obtener un puntaje de 6 al final.

Las tendencias del paciente pueden ser observados en la figura 8, y se tiene un desglose de estos.

La cantidad de pedaleadas presenta picos altos en partidas específicas, lo cual está relacionado con un desempeño óptimo del usuario en esos momentos. En contraste, en otras sesiones se observa un menor número de pedaleadas, lo que puede atribuirse a fatiga o un menor tiempo de uso.

Las fuerzas aplicadas (derecha e izquierda) son consistentes, con líneas estables que refuerzan la idea de un nivel de resistencia uniforme en la pedalera, adecuado para el nivel básico.

El puntaje muestra estabilidad y permanece positivo, confirmando que las sesiones lograron cumplir de manera eficiente.

| Fecha y Hora de registro | Parte trabajada | Nivel Juego | Puntaje | Cantidad de Pedaleadas | Fuerza pedal Derecho [Newtons] | Fuerza pedal Izquierdo [Newtons] |
|--------------------------|-----------------|-------------|---------|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 2024-12-02 10:42:27      | Manos           | basico      | 0       | 2                      | 2.23                           | 2.33                             |
| 2024-12-02 10:42:46      | Manos           | basico      | 1       | 8                      | 2.23                           | 2.33                             |
| 2024-12-02 10:43:01      | Manos           | basico      | 1       | 4                      | 2.23                           | 2.33                             |
| 2024-12-02 10:44:47      | Manos           | basico      | 1       | 0                      | 2.23                           | 2.33                             |
| 2024-12-02 11:01:55      | Manos           | basico      | 0       | 1                      | 2.08                           | 1.08                             |
| 2024-12-02 11:02:11      | Manos           | basico      | 0       | 3                      | 2.08                           | 1.08                             |
| 2024-12-02 11:02:24      | Manos           | basico      | 0       | 4                      | 2.08                           | 1.08                             |
| 2024-12-02 11:03:13      | Manos           | basico      | 6       | 11                     | 2.08                           | 1.08                             |

Figura 7. Datos de estación 1 paciente Freddy

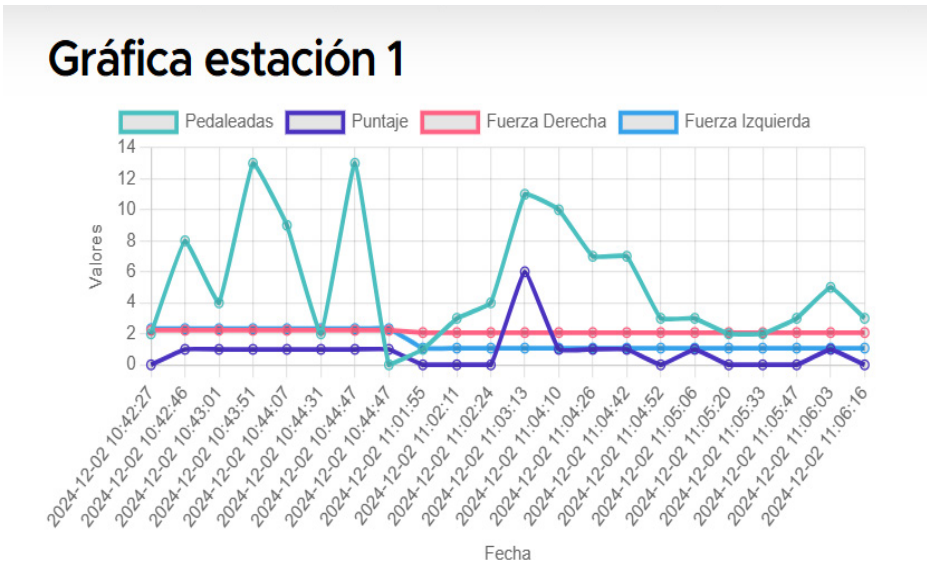


Figura 8. Gráfica de estación 1 paciente Freddy

Estación 2: Panel de trabajo cognitivo y de agilidad

El análisis que se muestra pertenece al paciente Olga de 86 años, los patrones observados se pueden observar en la figura 9.

Secuencias correctas: en todas las sesiones, la paciente completo las 3 secuencias correctas, independientemente del número de errores cometidos. Esto demuestra que la paciente logró entender y cumplir los objetivos básicos de la estación.

Errores: los errores muestran una variabilidad significativa, oscilando entre 0 y 25, lo que refleja diferentes niveles de precisión y dificultad de cada juego.

Puntaje: se observaron puntuaciones que varían entre valores positivos (30) y negativos (-95). Las puntuaciones negativas se relacionan con sesiones de alto número de errores, principalmente en el “Juego Visual”, esto debido al entendimiento y nivel de atención que tiene la paciente.

Las tendencias de la paciente pueden ser observados en la figura 10.

Puntaje: el puntaje presenta caídas abruptas durante las sesiones con juegos visuales, donde los errores alcanzaron valores máximos. Posteriormente, se estabiliza en un rango positivo, sugiriendo una mejora en la precisión.

| Datos Estación 2: Panel de trabajo |                    |                      |         |         |
|------------------------------------|--------------------|----------------------|---------|---------|
| Fecha y Hora de registro           | Juego Seleccionado | Secuencias Correctas | Errores | Puntaje |
| 2024-11-27 14:58:56                | Juego Agilidad     | 3                    | 0       | 30      |
| 2024-11-27 15:00:15                | Juego Agilidad     | 3                    | 0       | 30      |
| 2024-11-27 15:05:39                | Juego Visual       | 3                    | 25      | -95     |
| 2024-11-27 15:06:18                | Juego Agilidad     | 3                    | 25      | -95     |
| 2024-11-27 15:07:21                | Juego Agilidad     | 3                    | 0       | 30      |
| 2024-11-27 15:07:51                | Juego Agilidad     | 3                    | 0       | 30      |
| 2024-11-27 15:08:22                | Juego Agilidad     | 3                    | 0       | 30      |
| 2024-11-29 11:00:49                | Juego Agilidad     | 3                    | 1       | 25      |
| 2024-11-29 11:01:24                | Juego Agilidad     | 3                    | 1       | 25      |
| 2024-11-29 11:02:16                | Juego Agilidad     | 3                    | 2       | 20      |
| 2024-11-29 11:03:45                | Juego Visual       | 3                    | 3       | 15      |
| 2024-11-29 11:05:06                | Juego Visual       | 3                    | 5       | 5       |

Figura 9. Datos de estación 2 paciente Olga

Errores: hay una disminución general en los errores con el tiempo, excepto en sesiones puntuales. esto debido al nivel de atención que tiene la paciente, debido a su condición mental (Demencia Leve) tiende a desconcentrarse y nuevamente se le explica el juego y se la anima.

## Gráfica estación 2

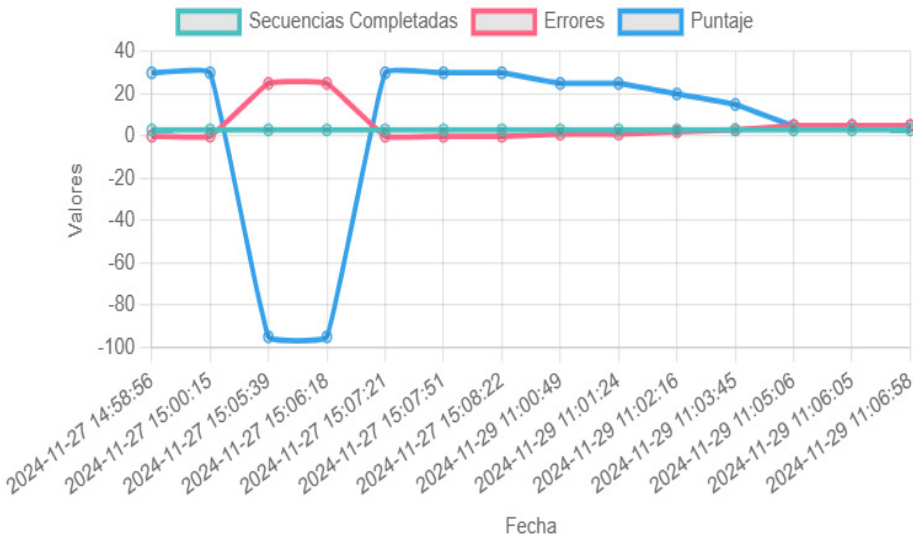


Figura 10. Gráfica de estación 2 paciente Olga

### Estación 3: Rehabilitación del ciclo de la marcha

El análisis pertenece al paciente Alberto de 82 años, los patrones observados se pueden observar en la figura 11.

Distancia de pasos promedio: es constante en la mayoría, registrando un valor de 37 cm en la mayoría de los casos. Sin embargo, en un único registro se observa una disminución de 25 cm, lo cual indica:

- Variaciones en la capacidad física (fatiga o disminución de fuerza).
- Cambios en la técnica o postura durante la actividad.

| Datos Estación 3: Paralelas |                                  |                         |                          |                        |
|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Fecha y Hora de registro    | Distancia de pasos Promedio [cm] | Cantidad de pasos total | Fecha y Hora de registro | Elevaciones de Rodilla |
| 2024-12-03 11:05:31         | 37                               | 4                       | 2024-12-03 11:05:31      | 9                      |
| 2024-12-03 11:05:31         | 37                               | 4                       | 2024-12-03 11:05:31      | 14                     |
| 2024-12-03 11:05:45         | 37                               | 4                       |                          |                        |
| 2024-12-03 11:05:46         | 37                               | 4                       |                          |                        |
| 2024-12-03 11:05:56         | 25                               | 6                       |                          |                        |
| 2024-12-17 11:46:33         | 37                               | 4                       |                          |                        |
| 2024-12-17 11:46:46         | 37                               | 4                       |                          |                        |

Figura 11. Datos de estación 3 paciente Alberto

Cantidad de pasos total: muestra valores uniformes de 4 pasos en la mayoría de las mediciones, con un aumento ocasional de 6 pasos, lo cual podría estar relacionado con una mejora momentánea.

Elevaciones de rodilla: se registraron 9 y 14 elevaciones de rodilla en dos sesiones consecutivas. Esta diferencia indica una progresión en la capacidad del paciente. La modalidad que se obtuvo en este ejercicio es realizar 10 elevaciones por lado durante 1 minuto.

Las tendencias de la paciente pueden ser observados en la figura 12.

Distancia de pasos: se observa una línea estable, lo que refuerza la uniformidad en la distancia media alcanzada por el paciente. La ligera disminución puntual podría estar relacionada con una menor estabilidad o fatiga.<sup>(14)</sup>

Cantidad de pasos: los valores de pasos totales muestran estabilidad en sesiones consecutivas, con ligeras variaciones que reflejan el desempeño físico del paciente.

Elevaciones de rodilla: la gráfica muestra una clara diferencia en las sesiones evaluadas, solo se realizaron dos debido a la dolencia que padece el paciente al doblar las rodillas.

Gráfica estación 3

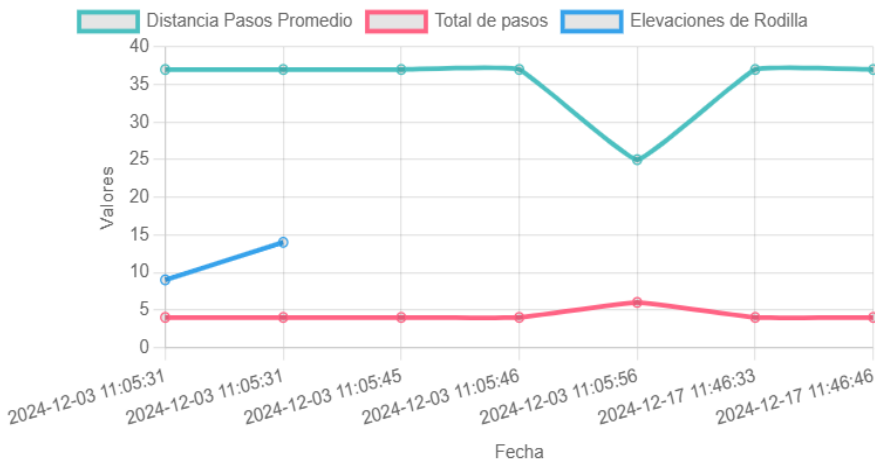


Figura 12. Datos de estación 3 paciente Alberto

Estación 4 Escalera/pendiente de rehabilitación

El análisis que se muestra pertenece al paciente Olga de 86 años, los patrones observados se pueden observar en la figura 13.

Secuencias completas: en ambas sesiones, se completaron 3 secuencias completas, lo que refleja una consistencia en el desempeño de la paciente en completar la actividad. Este resultado evidencia un nivel de esfuerzo controlado, adecuado para un entorno geriátrico.

Gradas subidas y bajadas: tanto en la primera como en la segunda sesión, se registraron 9 gradas subidas y 9 gradas bajadas, lo que demuestra un equilibrio entre las métricas y un enfoque simétrico en el diseño del ejercicio.

Tiempo total: el tiempo total requerido para completar las secuencias disminuyó de 89 segundos en la primera sesión a 79 segundos en la segunda sesión. Esta reducción de 10 segundos indica una mejora en la eficiencia de la paciente, como resultado de un aumento en la confianza, la técnica y la familiarización con la estación de ejercicio.

### Datos Estación 4: Rampa/Gradas

| Fecha y Hora de registro | Secuecuencias Completas | Gradas Subidas | Gradas Bajadas | Tiempo Total de secuencias |
|--------------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------------------|
| 2024-11-29 11:45:18      | 3                       | 9              | 9              | 89                         |
| 2024-11-29 11:46:54      | 3                       | 9              | 9              | 79                         |

Figura 13. Datos estación 4, paciente Olga

Las tendencias de la paciente pueden ser observados en la figura 14, la gráfica muestra una consistencia en el número de secuencias completas y gradas subidas/bajadas. Sin embargo, se aprecia una disminución en el tiempo total, lo que sugiere una progresión positiva en el desempeño del usuario.

### Gráfica estación 4

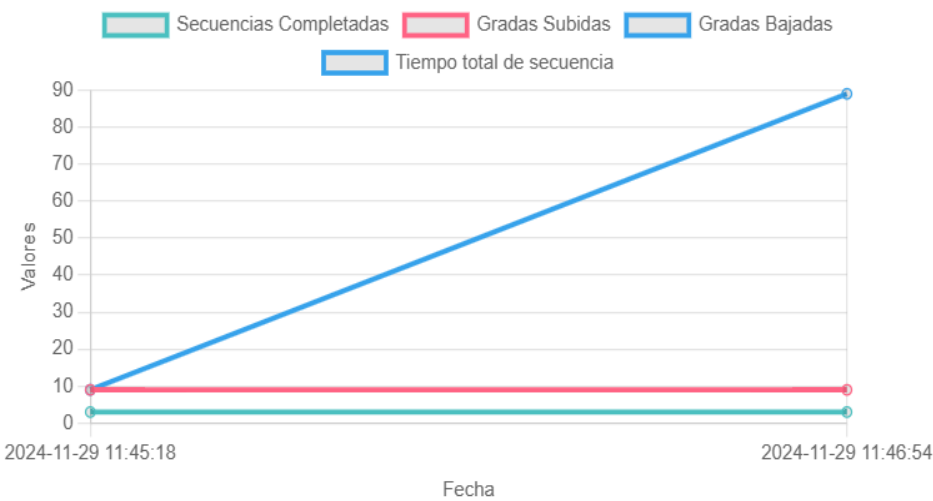


Figura 14. Gráfica estación 4, paciente Olga

#### Impacto en la rehabilitación geriátrica

La integración de la tecnología en la rehabilitación geriátrica ha transformado la atención al paciente al proporcionar soluciones innovadoras que mejoran su calidad de vida.<sup>(15)</sup> El diseño del kit de rehabilitación refleja un equilibrio entre tecnología y funcionalidad, por medio de una meticulosa selección de componentes electrónicos y la incorporación de tecnologías emergentes.

Las cuatro estaciones dinámicas están diseñadas para abordar tanto la rehabilitación motora como la cognitiva, ofreciendo una experiencia innovadora y atractiva. Estas estaciones se destacan por su capacidad para operar de manera independiente, promoviendo el compromiso físico y mental de los pacientes, al tiempo que permiten al personal médico monitorear de manera eficiente el progreso en tiempo real.

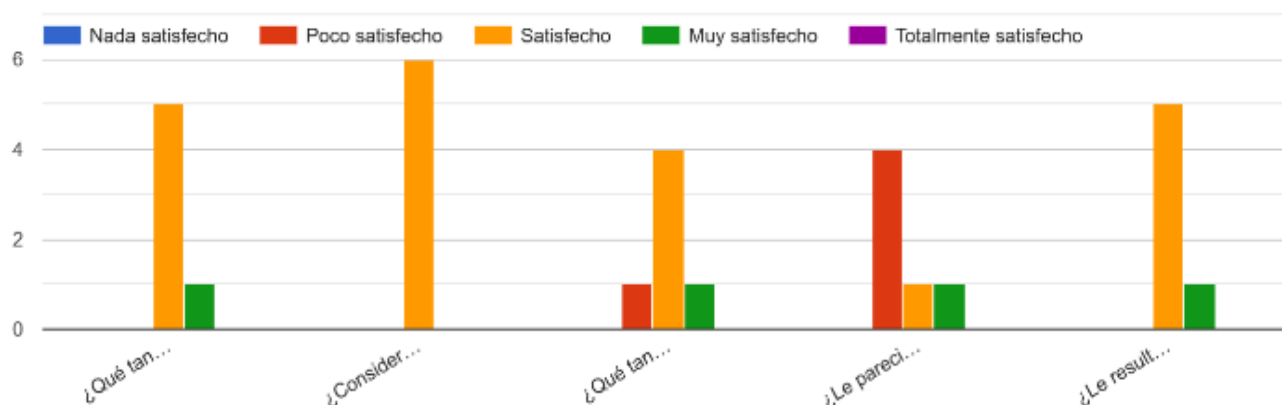
Todas las partes interesadas destacaron el impacto positivo del kit, como se observa en los resultados de la encuesta de satisfacción. Los pacientes elogiaron el diseño dinámico de cada estación y cómo los motivó a continuar, mientras que el personal médico enfatizó

su utilidad para centralizar la información y fusionar la tecnología con la medicina.



**Figura 15.** Geriatric Center Validation Process. a) Station 1. b) Station 2. c) Station 3. d) Station 4

Indique su nivel de satisfacción de acuerdo a la pregunta



**Figura 16.** Gráfica de encuesta de satisfacción de paciente

La encuesta de satisfacción fue diseñada con el propósito de evaluar la percepción y satisfacción de los pacientes y personal médico respecto al uso y funcionalidad de las estaciones de rehabilitación geriátrica. Este instrumento se estructuró en preguntas específicas que abarcan diversos aspectos como facilidad de uso, comodidad durante el ejercicio, percepción de mejora física, y utilidad del dispositivo para la rehabilitación. La encuesta busca recopilar datos cuantitativos que permitan validar la eficacia del diseño y funcionamiento de las estaciones, así como identificar posibles áreas de mejora en la implementación.

Pacientes, se encuestó a 6 pacientes de los cuales 5 pertenecen al género masculino y una al femenino. La mayoría está entre un rango de edad de 80 - 89 años.

Los resultados de la encuesta fueron reflejan un alto nivel de satisfacción por parte de los usuarios respecto a las estaciones de rehabilitación geriátrica (figura 16). La mayoría de los participantes calificaron positivamente la facilidad de uso y la comodidad durante las sesiones de ejercicio, lo que indica que el diseño del equipo cumple con los estándares necesarios para la población geriátrica. Asimismo, un porcentaje significativo de los encuestados manifestó una percepción de mejora física y atención tras el uso

de las estaciones, lo que valida su eficacia como herramienta terapéutica.

Personal médico, se encuestó a los 2 usuarios del personal de salud, se cuenta con una doctora con especialidad de médico general y un fisioterapeuta.

El análisis de las respuestas indica que se tiene los niveles de satisfacción altos, con puntuaciones destacadas en preguntas relacionadas con la percepción de mejora física y la adaptabilidad de las estaciones a las capacidades individuales de los pacientes (figura 17).



**Figura 17.** Gráfica de encuesta de satisfacción de personal médico

## FINANCIACIÓN

Este trabajo cuenta con el apoyo del Centro de Investigación UMA, afiliado a la Universidad Privada del Valle Cochabamba – Bolivia.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Katerin Deysi Vasquez Benito, Eynar Calle Viles, Edgar Roberto Ramos Silvestre, Rommer Alex Ortega Martínez.

*Curación de datos:* Katerin Deysi Vasquez Benito, Eynar Calle Viles, Edgar Roberto Ramos Silvestre, Rommer Alex Ortega Martínez.

*Análisis formal:* Katerin Deysi Vasquez Benito, Eynar Calle Viles, Edgar Roberto Ramos Silvestre, Rommer Alex Ortega Martínez.

*Redacción – borrador original:* Katerin Deysi Vasquez Benito, Eynar Calle Viles, Edgar Roberto Ramos Silvestre, Rommer Alex Ortega Martínez.

*Redacción – revisión y edición:* Katerin Deysi Vasquez Benito, Eynar Calle Viles, Edgar Roberto Ramos Silvestre, Rommer Alex Ortega Martínez.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud, «Rehabilitación en los sistemas de salud: guía de acción», 2020. <https://iris.who.int/handle/10665/331228>
2. G. Constanza Fonseca, Manual de medicina de rehabilitación: Calidad de vida más allá de la enfermedad, 2ª ed. Colombia: Manual Moderno, 2008.
3. L. Llamas, «¿Qué es MQTT? Su importancia como protocolo IoT», 2019. <https://www.luisllamas.es/que-es-mqtt-su-importancia-como-protocolo-iot/>
4. EMQX, «EMQX: The #1 MQTT Platform for IoT, IIoT and Connected Cars», 2024. <https://www.emqx.com/en>.
5. E. P. Chicaiza Lisintuña, «Aplicación de actividades lúdicas motrices para los adultos mayores en el geriátrico Arcángel de Luz.», “Instituto Superior Tecnológico Superior del Honorable Consejo Provincial de Pichincha, 2022. <https://repositorio.tecnologicopichincha.edu.ec/bitstream/123456789/390/1/CHICAIZA LISINTUÑA EVELYN PAMELA.pdf>
6. V. DE Igualdad De Oportunidades y D. Lorena Godoy Gonzales Dra Marisol Ramírez Barrera, «MINISTERIO DE JUSTICIA Y TRANSPARENCIA INSTITUCIONAL por la Recuperación del Derecho a la Educación MODELO “GUÍA PARA LA ATENCIÓN A PERSONAS ADULTAS MAYORES EN CENTROS DE LARGA ESTADÍA”», 2021. [www.justicia.gob.bo](http://www.justicia.gob.bo)
7. A. Villarroya, S. Nerín, E. Serrano, T. Moros, C. Marco, y L. P. Rodríguez, «ESTUDIO COMPARADO DEL PEDALEO CON LA MARCHA, EN RELACIÓN A LOS PROGRAMAS DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN. - PDF Descargar libre», Revista Motricidad, 2001. <https://docplayer.es/61986041-Estudio-comparado-del-pedaleo-con-la-marcha-en-relacion-a-los-programas-de-medicina-fisica-y-rehabilitacion.html>
8. «¿Qué es Unity y para qué sirve?» <https://ebac.mx/blog/que-es-unity-y-para-que-sirve>.
9. G. J. González-Pérez, «Efecto de una intervención educativa sobre la memoria operativa de trabajo del adulto mayor: estudio cuasi experimental con juegos populares», Rev. Electrónica ..., ene. 2011, [https://www.academia.edu/14520521/Efecto\\_de\\_una\\_intervención\\_educativa\\_sobre\\_la\\_memoria\\_operativa\\_de\\_trabajo\\_del\\_adulto\\_mayor\\_estudio\\_cuasi\\_experimental\\_con\\_juegos\\_populares](https://www.academia.edu/14520521/Efecto_de_una_intervención_educativa_sobre_la_memoria_operativa_de_trabajo_del_adulto_mayor_estudio_cuasi_experimental_con_juegos_populares)
10. F. Beier, M. Löffler, F. Nees, L. Hausner, L. Frölich, y H. Flor, «Promoting neuroplasticity and neuropsychological functioning in frailty through an app-based sensorimotor training: study protocol for a randomized trial», BMC Geriatr. 2021 211, vol. 21, n.o 1, pp. 1-13, jun. 2021, doi: 10.1186/S12877-021-02293-9.
11. A. Lorena Cerda, «Manejo del trastorno de marcha del adulto mayor», Revista Médica Clínica Las Condes, vol. 25, n.o 2, Elsevier, pp. 265-275, 1 de marzo de 2014. doi: 10.1016/S0716-8640(14)70037-9.
12. A. Shin Kan, «Módulo de seguimiento de poses con OpenCv y Mediapipe - Prompts para IA», 2023. <https://prompt.uno/inteligencia-artificial/machine-learning/modulo-de-seguimiento-de-poses-con-opencv-y-mediapipe/>
13. R. Vega, «Primeros Pasos con MQTT», 2016. <https://ricveal.com/blog/primeros-pasos-mqtt>.
14. O. Fernandez, «Introducción a MQTT y Mosquitto», 2024. <https://aprenderbigdata.com/mqtt-mosquitto/>
15. B. Carmona Ferrer, D. Y. Rubio Olivares, y D. Hernández Chisholm, «IMPORTANCIA DE LA PROFESIONALIZACIÓN EN REHABILITACIÓN», EVENTO VIRTUAL CIENTÍFICO CULTURAL “PROFESOR ANDUX in MEMORIAM” 2020, 2020. Accedido: 12 de julio de 2024. <https://promociondeeventos.sld.cu/profesoranduxinmemorian/files/2020/12/Importancia-de-la-profesionalización-en-la-rehabilitación-geriátrica.pdf>