

Dispositivo de Medición para la Ayuda Diagnóstica en la Enfermedad de Parkinson

Proyecto Integrador I

Juan Felipe Alarcón Gómez

Daniel Alejandro Castro Escobar

Laura Valentina Revelo Villareal

Katerine Valens Orejuela

Domiciano Rincón Niño

Universidad ICESI

Departamento de computación y sistemas inteligentes

Santiago de Cali, 28 de agosto de 2024

1. Introducción

La enfermedad de Parkinson es una afección cerebral que causa trastornos del movimiento, mentales y del sueño, dolor y otros problemas de salud. Esta enfermedad se manifiesta a través de síntomas como temblores, rigidez muscular, movimientos lentos o involuntarios, pérdida de equilibrio y dificultad para andar [1]. El Parkinson, del cual se desconocen sus causas, es una enfermedad progresiva que empeora con el tiempo y reduce significativamente la calidad de vida de las personas que lo padecen. Uno de los grandes desafíos en el manejo de la enfermedad de Parkinson es el diagnóstico temprano y la evaluación precisa de su evolución. Las formas tradicionales de diagnóstico y seguimiento se basan principalmente en observaciones clínicas y escalas subjetivas, lo que puede limitar la precisión y la detección temprana de cambios sutiles en los síntomas.

En respuesta a estas limitaciones, la investigación ha demostrado la efectividad de los dispositivos portátiles y sistemas móviles para la detección y monitoreo de síntomas relacionados con el Parkinson. Vescio et al. [2] desarrollaron y validaron un dispositivo móvil portátil, llamado μ EMG, que permite la cuantificación automatizada del temblor en reposo en pacientes con Parkinson y temblor esencial. Este dispositivo mostró un alto nivel de concordancia con los métodos electromiográficos estándar, lo que lo hace adecuado para su uso en entornos clínicos ambulatorios.

Por otra parte, Lin et al. [5] destacaron la utilidad de los sensores portátiles para la evaluación de la marcha y el temblor, identificando características como la distancia del paso, las fases de apoyo y balanceo, y las fuerzas normalizadas del talón como factores clave en la diferenciación entre sujetos con Parkinson y sujetos sanos. Estas innovaciones tecnológicas

no solo mejoran la precisión diagnóstica, sino que también permiten una monitorización continua, favoreciendo una intervención más temprana y personalizada.

En este contexto surge el presente proyecto, con el objetivo de desarrollar un dispositivo innovador que permita medir de manera precisa y objetiva los movimientos de zapateo y taconeo, dos indicadores motores clave en el diagnóstico y la evaluación de la enfermedad de Parkinson. Este dispositivo no solo facilitará la medición precisa de estos movimientos, sino que también permitirá hacerlo en entornos remotos, fuera de los centros de salud tradicionales, lo que representa un avance significativo en la accesibilidad y comodidad para los pacientes, así como mejorar los procesos de diagnóstico en estos lugares y prescindir de la presencia de un profesional de la salud para este tipo de evaluaciones.

Actualmente, la evaluación de estos movimientos se realiza de manera manual, a menudo en un entorno clínico con un doctor o una persona especializada en esta enfermedad, lo que puede resultar invasivo, costoso y poco accesible para los pacientes en etapas tempranas de la enfermedad o aquellos que habitan en áreas geográficas alejadas. Asimismo, la falta de estandarización en los procesos de recolección de datos puede llevar a variaciones en los resultados, afectando la confiabilidad de los diagnósticos realizados. El desarrollo y despliegue de un sistema que permita la recolección, procesamiento y análisis de los datos de manera automatizada, estandarizada y remota contribuirá de manera significativa a mejorar el diagnóstico y seguimiento de la enfermedad de Parkinson. Este sistema permitirá a los profesionales de la salud acceder a datos más precisos y detallados con respecto a las pruebas realizadas, facilitando la toma de decisiones clínicas informadas y mejorando la calidad de vida de los pacientes.

2. Problema de ingeniería

El desarrollo de un dispositivo que permita la detección y monitoreo de la progresión de la enfermedad del Parkinson se enfrenta a distintas problemáticas. Entre ellas la precisión y confiabilidad de los datos recopilados en las pruebas efectuadas a los pacientes, los cuales son cruciales para el correcto seguimiento de la evolución de dicha enfermedad. Teniendo en cuenta esto, las tecnologías desarrolladas en la actualidad presentan múltiples limitaciones tanto para los centros médicos como para quienes padecen de la enfermedad, pues los dispositivos pueden ser difíciles de maniobrar, costosos y requiere de la presencia de personal capacitado para tomar las mediciones, lo cual puede ser una dificultad dado que no toda la población tiene acceso a estos recursos médicos, entre muchas otras limitaciones. De esta forma, se presenta a continuación un diagrama de árbol, donde se evidencia el problema principal, las causas y efectos que genera.

Efectos

La incapacidad de hacer chequeos constantes inhiben el seguimiento eficiente del avance de la enfermedad

Aumento de los costos de tratamiento para los pacientes, pues se ven obligados a buscar tecnologías mas costosas

Pérdida de oportunidad de los pacientes para detectar e intervenir el Parkinson en una etapa temprana.

Diagnósticos tardíos de Parkinson en etapa muy avanzada, donde se reduce la calidad de vida del paciente y reduce las posibilidades de tratamiento

Mediciones erróneas y poco confiables cuando los resultados de las pruebas no son consistentes, conllevando a la desconfianza en los dispositivos

Problema

Dificultad en la detección temprana y seguimiento de la evolución del Parkinson mediante la medición de pruebas de movilidad, en este caso de zapateo y taconeo en entornos remotos

Dispositivos poco prácticos en cuestiones de transporte y movilidad para los centros de salud y pacientes

Falta de dispositivos que permitan realizar mediciones precisas y en lugares rurales donde cuentan con poco acceso a tecnologías médicas

Dificultad de los pacientes para acceder y costear dispositivos para hacer chequeos periodicamente

Artefactos incómodos, invasivos para los pacientes y complejos tanto de implementar como maniobrar.

Limitaciones de conectividad Wi-Fi y uso de las tecnologías por parte de los pacientes

Causas

3. Justificación

La implementación de dispositivos tecnológicos, capaces de realizar mediciones automáticas y precisas de los movimientos de zapateo y taconeo, permite superar las limitaciones asociadas con los métodos manuales tradicionales. Mediante sensores, algoritmos de procesamiento de datos y sistemas de comunicación remota, estos dispositivos pueden capturar datos de manera precisa y objetiva, eliminando las variaciones que puedan surgir durante las evaluaciones clínicas realizadas por personas o en esta caso doctores.

Además, la integración de tecnologías de comunicación, como redes inalámbricas y plataformas de telemedicina, posibilita que los datos recolectados se transmitan de manera segura y eficiente a centros médicos o profesionales de la salud, independientemente de la ubicación del paciente, es decir en tiempo real. Esto permite la monitorización remota y continua, reduciendo la necesidad de visitas presenciales a los centros de salud, lo que es especialmente beneficioso para aquellos que viven en áreas rurales o que tienen dificultades para acceder a la atención médica especializada.

Por otra parte, esta tecnología no solo mejora la precisión en la detección y seguimiento de la enfermedad, sino que también aumenta la accesibilidad a diagnósticos tempranos y cuidados adecuados, contribuyendo significativamente a mejorar la calidad de vida de los pacientes y optimizando los recursos disponibles en el sistema de salud.

4. Requerimientos

Cliente	Fundación Valle del Lili
Usuario	Pacientes o personas encargadas de realizar la medición
Contexto del problema	La Fundación Valle del Lili requiere que

	<p>los estudiantes de Proyecto Integrador I de Ingeniería Telemática desarrollen un dispositivo que facilite la detección y el diagnóstico de la enfermedad de Parkinson, automatizando el proceso y disminuyendo la necesidad de la presencia de un profesional de la salud. El dispositivo debe medir de manera precisa y no invasiva los movimientos de zapateo y taconeo en pacientes con posibles síntomas de Parkinson, capturando datos de velocidad, amplitud y frecuencia en cada extremidad inferior. Debe ser fácil de operar, funcionar en entornos remotos, y almacenar los datos de forma segura y cifrada. El sistema debe procesar y analizar los resultados, generar informes detallados que destaquen indicios de la enfermedad, y permitir la visualización y gestión de los datos a través de interfaces intuitivas y seguras.</p>
Requerimientos funcionales	<p>R1 - El sistema debe poder ser utilizado en entornos remotos distintos a centros de salud.</p> <p>R2 - Cuando se termina la medición, el sistema debe almacenar la información recolectada sin procesar en una base de datos en un JSON cifrado.</p> <p>R3 - El sistema debe ser capaz de medir los movimientos de zapateo y taconeo.</p> <p>R4 - Mientras se esté haciendo la medición, el sistema debe ser capaz de tomar medidas de velocidad, amplitud y frecuencia para ambos movimientos en cada extremidad inferior.</p> <p>R5 - El sistema debe analizar los resultados obtenidos de las mediciones a cada paciente y en cada prueba.</p> <p>R6 - El sistema debe generar un reporte que resalte medidas que den indicios de la presencia o la evolución de la enfermedad.</p> <p>R7 - El sistema debe permitir utilizar los datos obtenidos como indicadores de la enfermedad para posibles pacientes.</p> <p>R8 - El sistema debe permitir la generación de un archivo PDF con los</p>

	<p>datos recolectados y procesados en la medición.</p> <p>R9 - El sistema debe mostrar los datos y gráficas relacionadas en la interfaz.</p> <p>R10 - El sistema debe restringir el envío de los resultados a las bases de datos por parte de usuarios no autenticados.</p> <p>R11 - Cuando se inicia una medición, el sistema debe permitir registrar el nombre del paciente, la cédula de ciudadanía, el estado del paciente (ON/OFF) y la hora de la última toma de medicación.</p> <p>R12 - Cuando se inicia una medición, el sistema debe almacenar automáticamente la fecha y la hora de ese momento.</p> <p>R13 - El sistema debe incluir un apartado de notas y comentarios que puedan surgir en el proceso de medición.</p> <p>R14 - El sistema debe ser capaz de almacenar datos sin conexión a internet.</p>
Requerimientos no funcionales	<p>RN1 - El sistema debe tener un bajo costo de fabricación.</p> <p>RN2 - El sistema debe permitir un fácil transporte.</p> <p>RN3 - El sistema debe ser fácil de operar para los distintos usuarios.</p> <p>RN4 - El sistema debe ser lo menos invasivo posible para los pacientes.</p> <p>RN5 - El sistema debe estar estandarizado y parametrizado a través de protocolos.</p> <p>RN6 - El sistema debe utilizar el protocolo HTTPS para la transmisión de información.</p> <p>RN7 - El sistema debe considerar el entorno y las variables que puedan intervenir en el proceso de medición.</p> <p>RN8 - El sistema debe contar con interfaces intuitivas que faciliten la interacción con el usuario.</p> <p>RN9 - El dispositivo debe ser pequeño y de fácil instalación en el paciente garantizando comodidad.</p>

5. Referencias

- [1] “Enfermedad de Parkinson”. World Health Organization (WHO). Accedido el 28 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease>
- [2] E. Cubo y P. D. Delgado-López, “Telemedicine in the Management of Parkinson’s Disease: Achievements, Challenges, and Future Perspectives”, *Brain Sci.*, vol. 12, n.º 12, p. 1735, diciembre de 2022. Accedido el 28 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/brainsci12121735>
- [3] B. Vescio, R. Nisticò, A. Augimeri, A. Quattrone, M. Crasà y A. Quattrone, “Development and Validation of a New Wearable Mobile Device for the Automated Detection of Resting Tremor in Parkinson’s Disease and Essential Tremor”, *Diagnostics*, vol. 11, n.º 2, p. 200, enero de 2021. Accedido el 28 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11020200>
- [4] S. V. Perumal y R. Sankar, “Gait and tremor assessment for patients with Parkinson’s disease using wearable sensors”, *ICT Exp.*, vol. 2, n.º 4, pp. 168–174, diciembre de 2016. Accedido el 28 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ict.2016.10.005>
- [5] R. Bouça-Machado et al., “Feasibility of a Mobile-Based System for Unsupervised Monitoring in Parkinson’s Disease”, *Sensors*, vol. 21, n.º 15, p. 4972, julio de 2021.

Accedido el 28 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible:

<https://doi.org/10.3390/s21154972>

- [6] S. Lin et al., “Wearable sensor-based gait analysis to discriminate early Parkinson’s disease from essential tremor”, J. Neurol., febrero de 2023. Accedido el 28 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1007/s00415-023-11577-6>