

Prototype of a system to monitor motor symptoms in people with Parkinson's disease

Prototipo de sistema para monitorear síntomas motores en personas con Enfermedad de Parkinson

Lisette Peña, Bachelor¹, Yessica Sáez, PhD^{1,2,3}, Edwin Collado PhD^{1,2,3}

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá {lisette.pena1, yessica.saez, edwin.collado}@utp.ac.pa

²Centro de Estudios Multidisciplinarios en Ciencias, Ingeniería y Tecnología-AIP (CEMCIT-AIP), Panamá

³Sistema Nacional de Investigación (SNI), República de Panamá

*Autor de correspondencia: lisette.pena1@utp.ac.pa

Resumen– La Enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo crónico que a medida que pasan los años puede conducir a una discapacidad total. Es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común en el mundo después del Alzheimer y hasta la fecha se desconoce la causa de la misma y un tratamiento que la cure. En un inicio la enfermedad es difícil de diagnosticar, pero desde la perspectiva clínica se conoce que existen cuatro síntomas esenciales: rigidez, temblor de reposo, bradicinesia y alteraciones posturales. Dichos síntomas influyen en el diagnóstico inicial y en la toma de decisiones sobre el tratamiento a seguir por parte del personal médico.

El uso de la tecnología puede ser utilizado como aporte para la mejora de la calidad de vida de personas con EP. Entre otras, el monitoreo de temblores involuntarios en las extremidades del paciente que permita al médico especialista identificar el grado de avance de la enfermedad y determinar la dosis y medicamento más adecuado para el mismo, se considera como un aporte. Esto se debe a que por un lado a las personas con esta enfermedad les resulta difícil explicarle al médico sobre la intensidad y frecuencia de los temblores, y, por otro lado, sobre todo en Panamá, los médicos no cuentan con un historial previo que contenga precisa sobre estos parámetros importantes para realizar un diagnóstico o prescribir una nueva dosis o un medicamento

El objetivo de este proyecto es la creación de un sistema que permita monitorear las fluctuaciones motoras (temblores) en extremidades superiores de los pacientes y registrar el momento exacto cuando las personas con EP toman sus medicamentos, permitiéndole al médico analizar el efecto terapéutico de los fármacos en cada paciente y ajustar las dosis según cada necesidad. Se propone la creación de un prototipo que hará uso de componentes IoT y elementos electrónicos como sensores, microcontroladores, acelerómetros, etc., que permitan la monitorización de los temblores de las personas con EP. Todos los datos leídos por el prototipo serán enviados a una plataforma de visualización de datos a la cual tendrán acceso tanto las personas con EP como sus familiares y médicos. Toda esta información, sin duda, permitirá al médico analizar los comportamientos y avances de sus pacientes para así realizar ajustes necesarios en el tratamiento que ayuden a mejorar la calidad de vida del paciente y a optimizar el uso de los recursos del sistema de salud.

Palabras claves– Enfermedad de Parkinson, IoT, microcontroladores, procesamiento de señales, sensores.

Abstract– Parkinson's Disease (PD) is a chronic neurodegenerative disorder that can lead to total disability over the years. It is the second most common neurodegenerative disease in

the world after Alzheimer's and to date its cause and a treatment to cure it are unknown. Initially, the disease is difficult to diagnose, but from a clinical perspective it is known that there are four essential symptoms: rigidity, tremor at rest, bradykinesia, and postural alterations. These symptoms influence the initial diagnosis and decision-making about the treatment to be followed by the medical staff.

The use of technology can be used as a contribution to improve the quality of life of people with PD. Among others, the monitoring of involuntary tremors in the patient's extremities that allows the specialist doctor to identify the degree of progress of the disease and determine the most appropriate dose and medication for it, is considered as a contribution. This is because, on the one hand, people with this disease find it difficult to explain to the doctor about the intensity and frequency of tremors, and on the other hand, especially in Panama, doctors do not have a previous history that contains precise on these important parameters to make a diagnosis or prescribe a new dose or medication

The objective of this project is the design and implementation of a system that allows monitoring motor fluctuations (tremors) in patients' upper extremities and recording the exact moment when people with PD take their medications, allowing the doctor to analyze the therapeutic effect of the drugs in each patient and adjust the doses according to each need. The creation of a prototype is proposed that will make use of IoT components and electronic elements such as sensors, microcontroller, accelerometers, etc., that allow the monitoring of the tremors of people with PD. All the data read by the prototype will be sent to a data visualization platform to which both people with PD and their relatives and doctors will have access. All this information will undoubtedly allow the doctor to analyze the behavior and progress of their patients in order to make the necessary adjustments in treatment that help improve the patient's quality of life and optimize the use of health system resources.

Keywords– Parkinson's disease, IoT, microcontrollers, signal processing, sensors

I. INTRODUCTION

Hasta la fecha se desconoce cuándo se detectó la Enfermedad de Parkinson (EP) por primera vez, datos demuestran que culturas ancestrales hablaban de algunos de los síntomas [1]. Personajes de la historia como: Leonardo Da Vinci, Shakespeare, Rembrand, entre otros, también relataron acerca del “temblor”, siendo este uno de los principales síntomas motores que aqueja a los pacientes que padecen de esta enfermedad [1]. No fue hasta el año 1817 cuando el médico

de origen británico James Parkinson, a quien hoy en día se le atribuye ser la primera persona en describir la enfermedad, logra recopilar y explicar de manera detallada algunos de los síntomas más notorios como: el temblor, la bradicinesia y la falta de equilibrio en su ensayo “Essay on the Shaking Palsy” [1], [2].

La EP es considerada como un trastorno neurodegenerativo crónico que impide la correcta coordinación de los movimientos del cuerpo y que a medida que pasan los años conduce a una discapacidad total [3]. Es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común en el mundo después del Alzheimer [4], y es provocada por la progresiva pérdida de las neuronas dopaminérgicas y otras neuronas subcorticales que se encuentran en la sustancia negra del encéfalo, siendo estas las encargadas de controlar los movimientos de coordinación de las personas [5].

No se conoce la causa de esta enfermedad, pero se cree que podría darse por factores genéticos, medioambientales o del envejecimiento del organismo. Habitualmente la enfermedad inicia entre los 50-60 años, aunque en algunos pacientes pueden presentarse antes de los 50, a la que se le denomina EP de inicio temprano. La probabilidad de padecer la EP aumenta con la edad lo que constituye un factor de riesgo [6].

La EP presenta un extenso espectro de síntomas motores y no motores. Desde la perspectiva clínica, existen cuatro síntomas esenciales: rigidez, temblor de reposo, bradicinesia y alteración postural [3], [7]. En un inicio la enfermedad es difícil de diagnosticar debido a que mucho de los síntomas presentes en la EP se pueden encontrar en otras patologías, por lo que el personal del salud se apoya en una serie de criterios clínicos que permiten considerar la presencia de Parkinson y de estudios complementarios (tomografías computarizada por emisión de positrones (PET), tomografía computarizada por emisión de foto único (SPECT), ecografía transcraneal, resonancias magnéticas, DaTSCAN) y la implementación de diferentes escalas para descartar otras enfermedades neurológicas como atrofia multisistémica, demencia con las carrocerías de Lewy (DLB), temblores esenciales, entre otras más [8]-[11].

En el presente no existe una cura para este padecimiento, pero se utilizan distintos métodos (fármacos, tratamientos quirúrgicos, terapias avanzadas como la infusión intestinal continua de Levodopa-Carbidopa y tratamientos no farmacológicos como terapias rehabilitadoras) con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los pacientes [3], [6], [12], [13]. Sin embargo, la utilización de fármacos como la levodopa u otros después de varios años puede provocar efectos adversos que se ven reflejados en dos estados motores o periodos, los llamados On y Off [3].

El desarrollo tecnológico de los últimos años ha permitido la creación de dispositivos que permiten mitigar diversos síntomas motores como los temblores involuntarios que experimentan los pacientes con EP y otros para monitorear los estados motores de los pacientes. Sin embargo, aunque muchos de estos avances se encuentran en el mercado, el costo de estos

impide adquirirlos fácilmente, por lo que nuestra propuesta busca diseñar un sistema para monitorear los temblores y síntomas motores de los pacientes con Parkinson, que sea de fácil utilización para los pacientes, cuidadores y médicos. El prototipo, que portará el paciente, está basado en dispositivos electrónicos de bajo costo los cuales detectarán los temblores en las extremidades superiores y enviarán información acerca de la intensidad y frecuencia de estos a un microcontrolador. Estos datos se enviarán inalámbricamente a una unidad central donde serán procesados mediante técnicas de procesamiento de señales y los cuales, gracias a un análisis correlacional, serán presentados en una plataforma de visualización a la cual tendrán acceso tanto las personas con la enfermedad como sus familiares y médicos. Este análisis permitirá clasificar el grado de avance de la enfermedad y obtener otros datos importantes para futuras investigaciones orientadas a combatir síntomas más específicos. Esto ayudará a los médicos a ajustar la dosis del medicamento, según las necesidades de cada paciente ofreciéndoles una atención mucho más personalizada. Este proyecto representa los primeros pasos en nuestro país en el desarrollo de tecnología asistiva basada en IoT para ayudar a personas con EP, así como a sus familiares y médicos. Además, aporta a la toma de conciencia más proactiva de esta enfermedad en concreto y de la salud y discapacidades en general en la sociedad.

II. ANTECEDENTES

La Asociación Europea de Parkinson estima que para el año 2030 habrá entre 8,7 y 9,3 millones de personas con esta enfermedad alrededor del mundo [4], siendo la población hispana la que presenta mayor riesgo de padecerla según [11]. Y la tasa de mortalidad en la EP, según datos estadísticos de los países que integran la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), fue del 0.7% en mujeres y 0.9% en hombres para el año 2017 [14]. En América Latina el país con mayor porcentaje de mortalidad para el año 2016 fue Paraguay con aproximadamente el 24% [15].

Investigaciones realizadas en Panamá, país donde enfocaremos el presente estudio, destacan que para el año 2006 no se conocía una cifra exacta de personas que padecen de Parkinson, ya que su declaración no era obligatoria para el censo realizado en dicho año [16]. La Tabla 1 muestra la cantidad de casos atendidos en el Hospital Santo Romas (HST) de la República de Panamá desde el año 2003 hasta el año 2006.

Tabla 1 Cantidad de Casos atendidos en el HST entre los años 2003 y 2006.

Año	Total de pacientes atendidos en la Consulta Externa de Neurología del HST	No. De pacientes atendidos en la Consulta Externa de Neurología del HST con diagnóstico de EP	%
2003	2448	73	2.96
2004	2779	79	2.50
2005	3275	124	3.79
2006	3583	153	4.27

Fuente: Diagnóstico de necesidades para el diseño e implementación de una clínica de Parkinson en el HST [16].

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Tal como se muestra en la Tabla 1, la cantidad de personas con Parkinson ha ido en aumento. En Panamá datos muestran que para el año 2016 el aumento en prevalencia de la EP fue de aproximadamente 14%, ocupando el onceavo lugar y aproximadamente 11% en la tasa de mortalidad entre los países latinoamericanos y centro americanos [15]. En una publicación realizada por un periódico del país, se estima que el número de pacientes en Panamá para el año 2019 ascendían a 25,000 casos [17], sin embargo, un artículo publicado en la página web de la Caja del Seguro Social de Panamá estima que de 30 a 40 mil personas padezcan de la EP, lo que representa un 3% y 5% entre los adultos mayores a los 65 años [18]. A diferencia de otros países como España, que cuentan con aproximadamente 66 organizaciones que ayudan a paciente y familiares, Panamá solo cuenta con la Asociación Panameña de Parkinson (APPAR), la cual se encuentra ubicada en el HST.

De manera concreta, en noticias en la prensa de Panamá, se indica que hay carencia de datos e indicadores que registren la realidad de las personas con EP, con lo cual no se pueden realizar diseño de planes, programas, y políticas acordes para su atención [19]. Por lo tanto, se puede decir que se ha hecho muy poco al respecto y en materia de tecnología, quizás menos. Por otro lado, en [20], el Servicio Nacional para la Discapacidad (SENADIS) indica que la primera encuesta nacional de discapacidad (PENDIS) fue realizada en 2006 y se registraron 370,053 personas con discapacidad, el 11.3% de la población. En 2019 estaban preparando la segunda encuesta de discapacidad para hacerla en 2020, y que se intuía que la cifra podría estar en 600,000 PcD, representando un 14%, aproximadamente. Con lo cual, es notable el aumento de estas cifras. Sin embargo, esta encuesta no ha sido realizada debido a la pandemia de la COVID-19. La programación de esta segunda encuesta, 15 años después de la primera, y que aún se divague en los valores y en la preparación de planes y programas para el beneficio de estas personas, deja notar que, se ha hecho muy poco al respecto. Con todo esto, ayudas tecnológicas como las que se ofrecen en esta propuesta deber dar un impulso perceptible a las ayudas a personas con discapacidad, específicamente a las personas con EP.

Por otro lado, costo del tratamiento de la EP ha traído como consecuencia el aumento de la carga en los sistemas de salud en todo el mundo. El promedio anual en gastos entre los años 2003 y 2006 en Panamá por costos de medicamentos aumentaron en un 300%, el aumento también se reflejó en números de consultas atendidas y hospitalizaciones tomando como referencia el HST [16]. Se estima que los costos de atención de salud para estos pacientes es significativamente mayor comparado con individuos de la misma edad sin la enfermedad. Además, a las personas con EP en Panamá les resulta difícil explicarle al médico sobre la intensidad y frecuencia de los temblores, lo cual dificulta el diagnóstico y la prescripción de tratamiento por parte del personal de salud.

Por lo antes mencionado, la idea principal de este proyecto es desarrollar una herramienta eficiente y fácil de utilizar que permita mejorar la calidad de vida de los pacientes con EP,

mientras se reduce la carga al sistema de salud debido al alto costo de tratamiento de esta enfermedad. Para ello, nuestro grupo de trabajo propone un sistema de monitoreo que mide las vibraciones o temblores en las extremidades superiores de los pacientes con EP, almacena esta información en una unidad y la envía a una plataforma de visualización y análisis de datos que puede ser compartida con sus familiares, cuidadores y doctores. Toda esta información, sin duda, permitirá al médico analizar los comportamientos y avances de sus pacientes para así realizar ajustes necesarios en el tratamiento que ayuden a mejorar la calidad de vida del paciente y a optimizar el uso de los recursos del sistema de salud.

Con respecto al tema ético y de propiedad intelectual, para asegurar el cumplimiento del cometido social del proyecto, la producción de este dispositivo contará con financiamiento del Estado Panameño para a través de la convocatoria FID22 de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT). Se tomarán en cuenta aspectos como registro de propiedad intelectual y/o patentes, contemplando siempre todos los colaboradores de las instituciones participantes (Universidad Tecnológica de Panamá, Centro de Estudios Multidisciplinarios en Ciencias, Ingeniería y Tecnología-AIP (CEMCIT-AIP), Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá- INDICASAT AIP, Hospital Santo Tomás).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Metodología

Los métodos de investigación utilizados deberán estar relacionados en este orden, iniciando con un método exploratorio adecuado desde el punto de vista social y finalizando con un método de investigación experimental/aplicado, sin dejar nunca de separarlos, ya que siempre estarán interactuando entre ellos. Además, la utilización del método hipotético-deductivo será de mucha utilidad, ya que se emplea de manera frecuente tanto en la vida ordinaria como en la investigación científica, el cual proporciona un camino lógico para buscar la solución a los problemas que se plantean. Principalmente, consiste en emitir hipótesis acerca de las posibles soluciones al problema planteado, y luego comprobar con los datos disponibles si éstos están de acuerdo o validan la hipótesis planteada. Por lo tanto, se plantea una hipótesis para llevar a cabo el proyecto la cual es:

- *La utilización del prototipo propuesto permitirá conocer el estado motor y temblores de manera rápida y eficiente, actualizando el historial médico del paciente con EP, lo cual ayudará a realizar mejores diagnósticos y a identificar el grado de avance de la enfermedad.*

Se ha dividido el trabajo en tres fases importantes, en donde se considera dos tipos de población: personas sin EP y personas con EP.

Fase 1: Diseño del prototipo.

Esta fase incluye una investigación exploratoria con el fin de lograr un acercamiento más preciso a los problemas que afectan a los pacientes con la EP. Inicialmente, trabajaremos en

conjunto con expertos en neurociencia, específicamente con personas con un amplio conocimiento acerca de la EP y, de ser posible, con personas con EP. Esto ayudará al equipo ingenieril a comprender mejor la enfermedad para lograr diseños apropiados. En esta fase se deben seleccionar los sensores, microprocesadores y otros dispositivos electrónicos indispensables para el desarrollo del prototipo. Además, se debe ir trabajando en determinar cómo se va a procesar la información y en cómo se van a presentar los datos al usuario (ambiente gráfico). Una vez definido lo anterior, se procederá a elaborar los consentimientos informados para todas las personas que van a participar de las pruebas de los prototipos. Serán dos tipos de consentimientos informados: para personas sin EP y para personas con EP. También se elaborará el protocolo de pruebas, el cual será sometido al comité de bioética para su respectiva aprobación. El tiempo estimado para la ejecución de esta fase es de 10 meses.

Fase 2: Pruebas con personas sin EP

La fase 2 consiste en una fase de experimentación con los prototipos antes mencionados. Se realizarán pruebas de laboratorio y de validación del funcionamiento del sistema propuesto. Las primeras pruebas del prototipo del sistema de monitoreo de temblores y estados motores se realizarán en un entorno controlado con personas pertenecientes al grupo de trabajo que lleva este proyecto y con personas sin EP ajenas al grupo de investigación para obtener opiniones y datos más imparciales sobre el funcionamiento del prototipo. Para ambos casos, aunque dichas personas no cuentan con la enfermedad, pueden simular las frecuencias más comunes que presentan los pacientes con EP (entre 5Hz y 7Hz) [21]. Se propone reclutar alrededor de ocho controles (sin Parkinson) y parearlos por edad.

Todos los sujetos participarán en una sola sesión de análisis para determinar los temblores de los brazos y cada sujeto recibirá la instrucción de lo que debe realizar y cómo utilizar el dispositivo. De cada participante se tomarán 10 muestras con el dispositivo, donde se deben simular diversas frecuencias de movimiento de manos. Se verificará que el sistema de monitoreo detecte correctamente los temblores, su frecuencia o intensidad, que los datos sean enviados correctamente al microprocesador donde deben ser procesados para categorizar el grado de avance de la EP y finalmente presentados en una plataforma de visualización. Para validar lo anterior, se deben comparar los resultados con dispositivos de uso comercial.

Fase 3: Pruebas con personas con EP

La etapa final consiste un estudio cuasi-experimental, ya que se probará el prototipo con personas con diferentes niveles de avance de EP. Se proponen reclutar alrededor de 6-10 personas con EP y parearlos por edad. Nuevamente, los sujetos participarán en una sola sesión de análisis para determinar los temblores de los brazos y cada sujeto recibirá la instrucción de lo que debe realizar y cómo utilizar el dispositivo. De cada participante se tomarán 10 muestras con el dispositivo. En esta fase se verificará que el prototipo pueda transmitir los datos recolectados en tiempo real y de manera remota, a un servidor

en la nube. Se verificará que esta información sea enviada a través de una red inalámbrica de manera directa a una plataforma de código abierto y que se pueda visualizar, procesar y analizar los datos. Los datos obtenidos serán analizados posteriormente en Matlab Data Analysis o un software similar que tenga funciones para usar servicios HTTP REST que permiten descargar los datos en formato JSON y transformarlos para poder trabajar con ellos. Luego del proceso, las señales estarán adecuadas y listas para ser analizadas.

Es importante mencionar que este proyecto se trata de un sistema prototipo, por lo tanto, los pacientes no requieren pagar por la utilización de los mismo. Una vez el proyecto logre la madurez suficiente, se harán planes sobre cómo el paciente podrá adquirir el equipo. El tiempo estimado para la ejecución de las fases 2 y 3 es de 14 meses.

B. Plan de Análisis de Resultados

Para el análisis de datos se hará uso de análisis correlacional para modelar o caracterizar los temblores con base en los componentes de la frecuencia de las señales, que permitirá clasificar los temblores, detectar diferentes grados de avances de la EP, mostrar el temblor del paciente como un gráfico, entre otras funcionalidades que se pueden ir definiendo a lo largo del desarrollo del proyecto. Para detallar un poco más, de las señales capturadas mediante los sensores, se extraerá la frecuencia de los temblores, utilizando técnicas de procesamiento de señales, como por ejemplo la Transformada Rápida de Fourier (por sus siglas en inglés Fast Fourier Transform, FFT) o similar, que proporcione la frecuencia dominante de los temblores en cuestión. La amplitud de los temblores también puede ser calculada. Por lo tanto, dada la amplitud y frecuencia del temblor, se puede buscar relación con el grado de avance de la enfermedad. También se pueden asignar puntuaciones que posteriormente se pueden utilizar para clasificar los temblores en, por ejemplo, normal, moderado, avanzando, entre otras. El sistema debe ser capaz de analizar el rango en el que se encuentra la amplitud de un temblor determinado y de realizar la clasificación.

Con relación a las actividades planteadas en la metodología para el logro de los objetivos propuestos, se recolectarán diversos tipos de datos desde el inicio del proyecto. Se iniciará por la recolección de datos provenientes del estudio exploratorio con profesionales de Neurología que forman parte del proyecto y aquellos que sean recomendados incluir. Los datos serán recolectados y procesados en Microsoft Excel para encontrar datos simples que nos muestren el interés de la mayoría de ellos, sin dejar de lado algunas diferencias individuales. Esto hará que podamos empezar a diseñar los sistemas propuestos con base a los requerimientos de los usuarios finales, dentro de las restricciones que tengamos con relación a la aplicación de la tecnología.

Luego, en la segunda etapa se realizará el estudio exploratorio con las personas con EP. Antes de la realización de las encuestas/entrevistas, y de cualquier colaboración que aporte la persona con EP, se les explicará el concepto del

proyecto y se le presentará una hoja de consentimiento informado o de aceptación en colaborar con el proyecto.

Una de las encuestas aplicadas a participantes externos al grupo con y sin EP, de carácter técnico, se denomina “encuesta de usabilidad” que se conoce por las siglas SUMI (del inglés Software Usability Measurement Inventory), la cual es una medición estandarizada de la satisfacción del usuario con el uso de un software, siendo una medida clásica de actitud tipo Likert hacia un paquete de software, la cual será utilizada, principalmente, para valorar los prototipos del sistema. Esta encuesta será aplicada a los usuarios externos al equipo de trabajo (sin y con EP) durante la evolución de estos, con la finalidad de encontrar fallos de uso desde la perspectiva del usuario y mejorarlos.

C. Materiales

Para la realización del prototipo se utilizarán placas de desarrollo abierto como la ESP8266 NodeMCU, la cual incorpora un módulo WiFi que permitirá el envío de los datos leídos por el sensor de movimiento (por ejemplo, el MPU6050) a la plataforma de visualización donde el médico, familiar o cuidador podrán acceder desde cualquier dispositivo con acceso a Internet. Este prototipo portable también contará con un adaptador para tarjetas Micro SD, donde se colocará una tarjeta como parte de la redundancia del sistema, en caso tal del que el paciente no cuente con acceso a Internet. Además, se utilizará una pantalla OLED donde se mostrará una opción que permitirá la selección del momento exacto donde el paciente tomó su medicamento.

D. Diseño preliminar del prototipo

Para el diseño del prototipo se utilizarán los materiales mencionados en la sección B. El prototipo será diseñado de manera que quede sobre la muñeca del paciente (Ver Fig. 1). La Fig. 2 muestra el diagrama esquemático preliminar del sistema propuesto. A lo largo de estas pruebas, los prototipos se irán mejorando y calibrando de manera continua según los resultados obtenidos, siempre con el apoyo de los neurocientíficos.

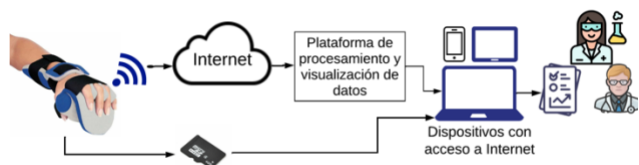


Fig. 1 Diagrama esquemático del sistema propuesto.



Fig. 2 Prototipo que portará el paciente.

IV. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El desarrollo de esta propuesta tendrá un impacto innovador en el país en cuanto a proporcionar ayudas a las personas con EP, así como a sus familiares y médicos, para monitorear los estados motores de los pacientes con EP y almacenar, en tiempo real, los estados motores a lo largo del día, para así tener un registro/historial válido que aporten a la toma de mejores decisiones que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los pacientes y familiares, así como su inclusión social. Esto impactará en el desarrollo tecnológico y social de Panamá, contribuyendo en la mejora de la calidad de vida de esas personas, aunque es conocido que hacen falta más ayudas de otro tipo, que se escapan del alcance de esta propuesta.

Los beneficiarios directos en el desarrollo de esta propuesta de investigación serán las personas con EP en Panamá y alrededor del mundo, a los que se le desea mejorar la calidad de vida. De manera indirecta, también se benefician sus familiares, cuidadores, médicos y organizaciones que tratan con estos pacientes ya que, como es de esperar, esta es una tarea agotadora y que requiere de mucho apoyo.

La contribución tecnológica de este proyecto será tangible y de forma evidente. La creación de este dispositivo prototipo permitirá la detección temprana de ciertos síntomas motores de las personas con EP, permitiéndoles a los médicos tomar decisiones basadas en la información recaudada por el sistema y no en el tiempo que pueda durar la consulta médica, ni en los apuntes de los familiares o cuidadores. Desde el punto de vista socioeconómico, la ejecución de este proyecto mejorará la calidad de vida de los miles de pacientes que son atendidos en las distintas salas de neurología en la República de Panamá y los que se encuentran en su entorno. Desde el punto de vista de salud, el sistema le permitirá al médico evaluar la duración del efecto de fármacos hasta que se presente algún síntoma motor y realizar los ajustes necesarios que requiera el paciente para mejorar el tratamiento, por lo que el paciente recibirá una atención médica más personalizada. El sistema contará con una base de datos, que permitirá la clasificación de los pacientes de acuerdo con sus sintomatologías para en un futuro poder crear dispositivos destinados a mitigar padecimientos que ocasiona esta enfermedad.

En cuanto a la formación de recurso humano, este proyecto busca elevar el número de tesis científicas y tecnológicas, incorporando ayudantes de investigación, estudiantes de tesis y/o pasantes de investigación, además de la generación de publicaciones científicas, presentaciones en conferencias, simposios, entre otros.

Además de lo anterior, este proyecto crea un entorno propicio para el fomento de investigaciones futuras que contribuyan a mitigar o tratar los distintos síntomas que aquejan a los pacientes con la EP.

REFERENCIAS

- [1] K. Arredondo-Blanco, R. Zerón-Martínez, M. Rodríguez-Violante y A. Cervantes-Arriaga, “Breve recorrido histórico de la enfermedad de

- Parkinson a 200 años de su descripción,” *Gaceta Médica de México* , 2018.
- [2] M. Paccha Dueñas, “Características del habla y procesos motores en la Enfermedad de Parkinson,” Quito: UCE, Quito, 2020.
- [3] C. P. López, “Monitorización ambulatoria de fluctuaciones y síntomas motores mediante acelerómetros: contribución a la diagnosis y seguimiento de la enfermedad del parkinson,” Cataluña, 2016.
- [4] M. Linares-del Rey, L. Vela-Desojo, R. Cano-de la Cuerda, “Aplicaciones móviles en la enfermedad de Parkinson: una revisión sistemática,” *ScienceDirect*, vol. 34, pp. 38-54, 2019.
- [5] D. M. Martín, «Contribución al análisis del movimiento humano aplicado a la identificación de posturas y bloqueos de la marcha de pacientes con Parkinson,» Cataluña , 2014.
- [6] F. E. d. Parkinson, “Parkinson Federación Española,” [En línea]. Available: <https://www.esparkinson.es>. [Último acceso: Marzo 12 2020].
- [7] Y. M. Macías, “Ansiedad, ira y tristeza-depresión en la enfermedad de Parkinson,” Madrid, 2006.
- [8] A. P. George DeMaagd, “Parkinson’s Disease and Its Management: Part 1: Disease Entity, Risk Factors, Pathophysiology, Clinical Presentation, and Diagnosis,” *Pharmacy and Therapeutics*, vol. 40, n° 8, pp. 504,510,532, 2015.
- [10] A. M. García, “Detección del temblor 3D para la enfermedad de Parkinson,” Universidad de Las Palmas Gran Canaria, Gran Canaria, 2020.
- [9] Gómez-Castro, E., Mejía-Rodríguez, A., & Dorant, G. (2017). Sistema de Adquisición y Caracterización de Temblor de la Enfermedad de Parkinson en Extremidades Superiores Mediante Acelerometría. Memorias XL Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica . Monterrey, Nuevo León.
- [11] R. Martínez- Fernández, C. Gasca-Salas C., A. Sánchez-Ferro, J. A. Obeso, “Actualización en la enfermedad de Parkinson,” *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. XXVII, n° 3, pp. 363-379, 2016.
- [12] L. Andros, “La estimulación cerebral profunda en la enfermedad de Parkinson,” *Médico Científica* , vol. 28, n° 1, pp. 24-35, 2015.
- [13] Y. P. Sánchez, La Estrella de Panamá, 3 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.laestrella.com.pa/cafe-estrella/salud/180703/tratar-terapia-parkinson-innovadora>. [Último acceso: Abril 4 2021].
- [14] OCDE, “Panorama de la salud 2017, Indicadores de La OCDE,” 2017.
- [15] A. M. Lejva, M. A. Martínez-Sanguinetti, C. Troncoso-Pantoja, G. Nazar, F. Petermann-Rocha,, C. Celis-Morales, “Parkinson’s Disease in Chile: Highest Prevalence in Latin America,” *Médica Chile*, vol. 147, n° 4, 2019.
- [16] D. Chen de Lee, “Diagnóstico de necesidades para el diseño e implementación de una Clínica de Parkinson en el Hospital Santo Tomás,” Panamá, 2007.
- [17] Y. P. Sánchez, “Nueva esperanza para los pacientes con Parkinson,” *La Estrella de Panamá*, 3 Julio 2019.
- [18] J. E. Sanchez, Caja del Seguro Social, 10 Abril 2021. [En línea]. Available: <http://prensa.css.gob.pa/2021/04/10/enfermedad-de-parkinson-sintomas-y-causas/>. [Último acceso: 30 Septiembre 2021].
- [19] Núñez, Y. (30/10/2019). Discapacidad en Panamá: una realidad que enfrenta la carencia de registros. La Estrella de Panamá. [En línea]. Disponible en: <https://www.laestrella.com.pa/cafeestrella/cultura/191029/discapacidad-panama-realidad-enfrenta-carencia-registros>
- [20] Molina, U. (3/12/2019). \$3.1 millones para la Segunda Encuesta de Discapacidad. La Prensa. [En línea]. Disponible en: <https://www.prensa.com/imprensa/panorama/3-1-millones-para-la-segunda-encuesta-dediscapacidad/>
- [21] A. V. Bermeo Maldonado, M. F. Bravo Guamán, “Diseño y desarrollo de un sistema inalámbrico que permita monitorear los temblores en pacientes que padecen la enfermedad de Parkinson utilizando software y hardware libre” (Bachelor’s thesis), 2016.