

## Parkinson's Tremor Data Analysis Device

D. Velasco<sup>1</sup>, V. P. Alanis<sup>1</sup>, H. A. Cantú<sup>1</sup>, U. León<sup>1</sup>, A. Melo<sup>1</sup>, J. C. Salinas<sup>1</sup>, J. J. Lozoya<sup>1</sup>

Departamento de Investigación, Universidad de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México.

**Abstract**— Parkinson's disease (PD) is classified as a chronic movement disorder by the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (1). It's progression status is characterized through the Unified Parkinson's Disease Rating Scale which is an ordinal scale. With recent advances in wireless sensor networks and embedded computing technologies monitoring devices have become feasible and have the capacity to provide continuous monitoring and analysis. This work presents the results of a technical pilot study using accelerometer and gyroscope (IMU) to identify and quantify the intensity of the tremor gathering and analyzing data. A wearable device for patient's wrist was developed to estimate the severity of tremor movements on patients. Results derived from the prototype, the IMU specifically, were analyzed to assess the accuracy of the device to prove its utility for the estimation of clinical scores of the duration and frequency of the tremor. The proposed device can potentially track the Parkinson's tremor status throughout real time which includes a subject database to quantify the progression of PD. Drug therapy dosage could be optimized with quantified feedback from the proposed device. Such measures have the potential to be used as parameters in clinical trials and close loop control micro dosing.

**Keywords** —Tremor, Device, Wearable Technology, analysis, Parkinson's disease.

### I. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson es la segunda enfermedad neurodegenerativa más común después del Alzheimer. Esta afecta aproximadamente al 3% de la población mayor a los 65 años (2) esta degenera de manera progresiva el sistema nervioso central (3) de la cual no existe una cura determinada para la cual existen diferentes tipos de tratamientos: farmacológicos y quirúrgicos los cuales permiten reducir de forma parcial en algunos casos de manera sustancial los síntomas de esta sin embargo la duración de los efectos provistos por estos tratamientos de manera particular en los farmacológicos se llegan a presentar efectos secundarios de manera gradual aunado a la generación de tolerancia a estos con el pasar del tiempo. Debido a que la enfermedad es causada por la degeneración en la sustancia negra en la ganglia basal existe una deficiencia anormal en la dopamina lo cual desenlaza una serie de síntomas ligados a las funciones motoras del individuo un ejemplo claro de esto es el temblor caracterizado por un movimiento oscilatorio continuo de la enfermedad que se encuentra en el 70%(6) de los casos pero existen una serie de síntomas también presentes como la bradicinesia, hipocinesia, acinesia, rigidez, inestabilidad de postura, dificultad al hablar y tragar(4). Los tratamientos más utilizados para esta afección consiste en utilizar fármacos agonistas de la dopamina como el pramipexol y la levodopa, ésta última es la más utilizada debido a su efectividad sin embargo con el pasar del tiempo se desarrolla una tolerancia la cual requiere de dosis mayores para

producir el mismo efecto ya que aumentar la dosis fomenta la generación de tolerancia al fármaco hasta llegar a un punto que pierde su efectividad de manera que potencia los síntomas aunado a otros síntomas secundarios propios por el medicamento. Debido a que existen dosis preestablecidas y que el metabolismo de cada individuo puede llegar a variar el enfoque de este estudio fué el desarrollo de un protocolo experimental basado en la *Unified Parkinson Disease Rating Scale* (UPDRS) (5) de estudio, un dispositivo para cuantificar de manera sistemática el temblor de Parkinson utilizando tecnologías emergentes como el prototipado rápido por medio impresión 3D, microprocesadores y giroscopios de nueva generación. Un dispositivo *Wearable* ligero, portátil capaz de medir el un movimiento oscilatorio dentro de una frecuencia de 3.5 a 7 Hz del cual se asemeja al temblor de parkinson en muñeca con el objetivo de analizar la intensidad del temblor y la frecuencia con respecto al tiempo mientras el sujeto se encuentra bajo los efectos del medicamento para hacer una correlación entre la intensidad y la efectividad de la dosis todo esto con el fin de proponer un modelo de medicación personalizada y microdosis buscando de alargar la vida útil del medicamento retrasando los efectos secundarios que pudiera traer el consumo de dosis más elevadas.

### II. METODOLOGÍA

Una vez construido el prototipo de medición fue necesario validar las lecturas del dispositivo, para esto se diseñó y construyó una máquina la cual consistía en dos soportes en el cual se monta un eje de rotación en donde se encontraba el giroscopio, un cople flexible que servía de unión entre el eje de rotación y el motor sobre una base de espuma amortiguadora aislando el sistema de vibraciones mecánicas indeseadas dirigida mediante un motor de 200 pasos, 1.8° grados por paso controlado mediante un microcontrolador y software de impresoras 3D los que permiten realizar la acción de *Microstepping* dividiendo cada paso en un dieciseisavo del mismo, así aumentando el número de pasos a 3200 cada revolución así aumentando la definición grados a 0.1125° y una transición de estados máximas del devanado de 40 µs así dando a un total de 80µs por paso. Se designó una apertura limite de 10° lo cual permite alcanzar una frecuencia máxima 19.53Hz ajustando de manera gradual y controlada el tiempo entre estados para emular de manera precisa la frecuencia de temblor parkinsoniano.

El diseño de experimentos de validación consistió en una serie experimentos para determinar la frecuencia óptima de muestreo del dispositivo, tiempo de carga, tiempo de descarga de la batería y validación de muestras. El primer experimento consistía en una frecuencia de oscilación de 8 Hz haciendo 10 movimientos empezando con una frecuencia de muestreo 10 Hz aumentando de manera gradual hasta los 45 Hz con el fin de determinar la frecuencia de muestreo con menor pérdida de información.

El segundo experimento consistió en aumentando 1Hz de manera gradual la frecuencia de oscilación partiendo de 1 Hz a 10 Hz haciendo 10 repeticiones por cada una de las frecuencias de muestreo utilizadas previamente (de 10 Hz a 45 Hz). Por último los ejercicios de carga y descarga en los cuales consistió en la utilización de un Convertidor Análogo Digital(DAC) y una resistencia de precisión 1Ω, 2 watts, 1% de tolerancia conectada directamente en la batería a fin de medir las corrientes de operación, el tiempo de carga y descarga en condiciones normales a una temperatura ambiente de 25°C. Cada experimento se realizó 10 veces con 10 repeticiones por cada cambio de parámetros.

Los datos recabados se analizaron mediante un análisis de espectro de frecuencia con de la transformada rápida de Fourier (FFT) para los primeros dos experimentos, para el de carga y descarga se sacó una media de los tiempos y corriente. Los resultados se sintetizaron utilizando análisis de la varianza (ANOVA) con el uso de Matlab.

### III. RESULTADOS

Posteriormente de realizar las pruebas y el análisis estadístico se mostró que la frecuencia de muestreo más óptima con respecto al uso de batería y menor variabilidad era de 36 Hz como se muestra en las figuras 1.1 y 1.2.

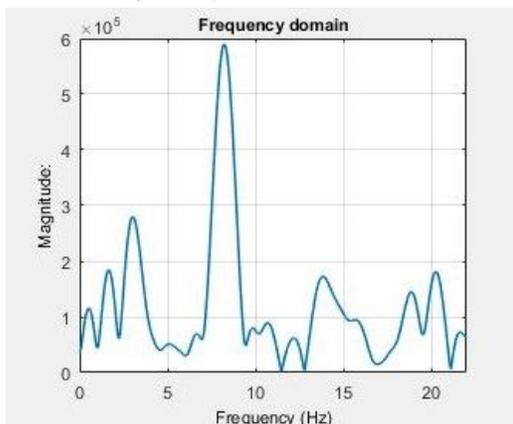


Fig. 1.1 oscilación de 8Hz

Los Anovas de los experimentos muestran las variaciones a las diferentes frecuencias de muestreo

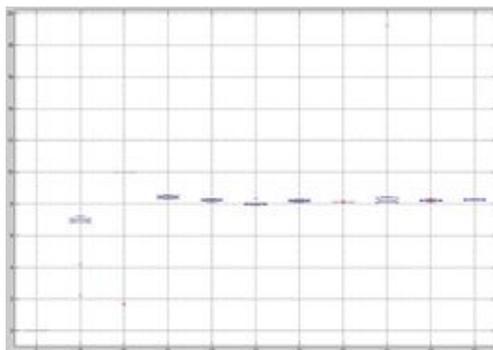


Fig. 1.2 ANOVAS en frecuencias de muestreo

En la figura 2.1 se muestran los ANOVAS al aumentar la frecuencia de oscilación en la misma frecuencia de muestreo

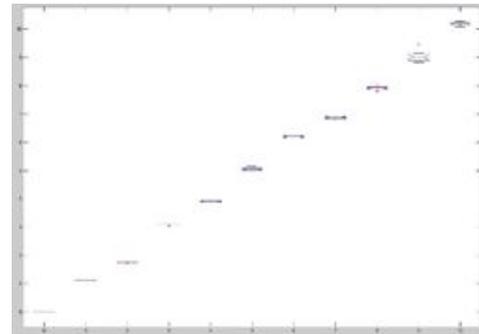


Fig. 2.1 ANOVAS en frecuencias oscilación

Después del análisis de los resultados provenientes de los experimentos y los ajustes realizados sobre el dispositivo era pertinente el desarrollo de pruebas clínicas con sujetos afectados por dicha enfermedad para esto se desarrolló una lista de 6 ejercicios basados en el UPDRS con una duración de 30 segundos los cuales propician al temblor de Parkinson, estos consisten en tareas básicas como pronación, supinación, movimientos repetitivos y caligrafía. El cual se presentó ante un comité ético para su revisión y aprobación previa al estudio clínico. Una vez aprobado se realizaron pruebas de 3 minutos por paciente con 12 sujetos dos frecuencias a la semana durante 2 meses a fin de recabar muestras suficientes muestras para llevar a cabo el mismo análisis propuesto en la metodología. Estos ejercicios fueron realizados por un grupo control a continuación en la figura 3.1 y 3.2 se muestran las diferencias claras de manera que dentro de los mismos ejercicios realizados hay componentes pertenecientes al temblor de parkinson, esto permite tener una idea de la severidad del temblor y a su vez la efectividad del medicamento.

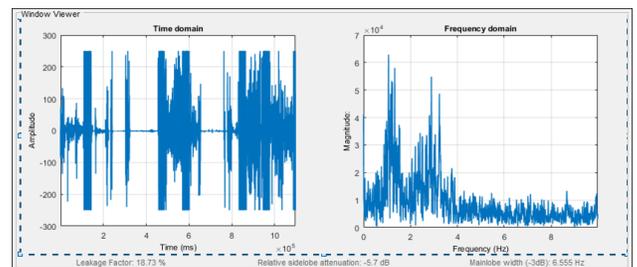


Fig. 3.1 Actividad realizada por paciente

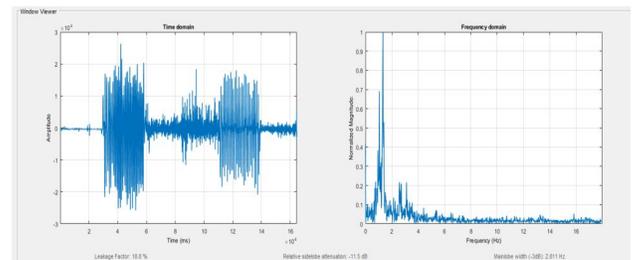


Fig. 3.2 Actividad realizada por control

### IV. CONCLUSIÓN

La creación de este dispositivo capaz de cuantificar de manera significativa los síntomas asociados con temblor de parkinson en el cual se muestran claramente que el temblor característico de parkinson se encuentra en el rango de 3.4 a 7 Hz permiten el desarrollo de nuevas metodologías o sistemas para diagnóstico, tratamiento y prevención para esta enfermedad.

## V. DISCUSIÓN

Es necesario una extensiva fase de experimentación clínica aún existe la necesidad de realizar pruebas más extensas con los pacientes que se encuentren bajo los efectos y sin los efectos del medicamento para poder determinar de manera efectiva el uso correcto de las microdosis.

## REFERENCIAS

1. **World Health Organization.** ICD-10 Version: 2016. [Online] 2016. <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2016/en>.
2. *Analysis of Feature for Monitoring Persons with Parkinson's Disease With Application to a Wireless Wearable Sensor System.* **Shyamal Patel, et al.** 2007, Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp. 6290-6293.
3. *Technologies for Assessment of Motor Disorders in Parkinson's Disease: A Review.* **Qui Wei Oung, et al.** 2015, Sensors (Basel, Switzerland), pp. 21710-21745.
4. *Update in the epidemiology of Parkinson's disease.* **A Elbaz and F Moisan.** 2008, Curr Opin Neurol, pp. 454-460.
5. *Tremor UPDRS Estimation in home environment.* **George Rigas, et al.** 2016, Conference Proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 3642-3645.
6. *Quantitative Assesment of Parkinsonian Tremor Based on an Inertial Measurement Unit.* **Houde Dai, Pengyue Zhang and Tim Lueth.** 2015, Sensors, pp. 25055-25071.
7. *Clinical Approach to Parkinson's Disease: Features, Diagnosis, and Principles of Management.* **Joao Massano and Kailash Bhatia.** 2012, Cold Spring Harb Perspectives in Medicine, p. 2(6).
8. *Optimizing levodopa therapy for Parkinson's disease with levodopa/carbidopa/entacapone: implications from a clinical and patient perspective.* **Brooks, David.** 2008, Neuropsychiatric Disease and Treatment, pp. 39-47.
9. **Christopher Pulliam.** Kinesia, Objective Motor Assessment. *Wearables & Apps For Parkinson's Disease: Why Big Data & Big Names May Not Be Small Enough.* [Online] 2017. <http://glneurotech.com/kinesia/products/kinesia-360/pd-wearables-apps/>.
10. *Online monitoring of dyskinesia in patients with Parkinson's disease.* **N Keijsers, M Horstink and S Gielen.** 2003, IEEE Engineering Medicine and Biology Magazine, pp. 96-103.
11. *Statistical Models of Parkinson's Disease Progression: Predictive Validity in a 3-Year Follow-up.* **Alexandre Mendes, et al.** 2016, Journal of Parkinson's Disease, pp. 793-804.
12. **Intel and Michael J. Fox Foundation.** Using Wearable Technology to Advance Parkinson's Research. [Online] 2015. <http://www.intel.la/content/www/xl/es/big-data/parkinson-disease-michael-j-fox-foundation-video.html>.
13. *A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation.* **Shyamal Patel, et al.** 2012, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, pp. 9-21.
14. **PBC Linear.** Stepper Motor NEMA 17. [Online] <http://www.pbcllinear.com/Download/DataSheet/Stepper-Motor-Support-Document.pdf>.
15. **Pololu Corporation.** A4988 Stepper Motor Driver Carrier. [Online] 2001. <https://www.pololu.com/product/1182>.