

# Caracterización de episodios de congelación de marcha y pérdida de balance en pacientes con Parkinson utilizando sensores inerciales (IMUs) y la Transformada Rápida de Fourier (FFT).

AUTORES:

Carlos Andrés Cancino Escobar, Nabila Nuñez Alonso, José Miguel Hernández Ortega, Emilio Rivera Macías, Mtra. en C. Ana Moreno Hernández, Mtro. Huber Girón Nieto y Mtro. Oliver Ochoa García

Institución: Universidad Iberoamericana Puebla

Videoconferencia: [https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3at0NNUASByouZp78UQxn51r1940AbkQTPP\\_cjv3AuU1%40thread.tacv2/1653606986978?context=%7b%22Tid%22%3a%2232ddf65d-e60f-490d-b6f4-eceeb29d5fd9%22%2c%22Oid%22%3a%22bb7ca542-18f8-48e8-bb96-b265e33b92a2%22%7d](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3at0NNUASByouZp78UQxn51r1940AbkQTPP_cjv3AuU1%40thread.tacv2/1653606986978?context=%7b%22Tid%22%3a%2232ddf65d-e60f-490d-b6f4-eceeb29d5fd9%22%2c%22Oid%22%3a%22bb7ca542-18f8-48e8-bb96-b265e33b92a2%22%7d)

## RESUMEN:

La enfermedad de Parkinson (EP) es una patología neurodegenerativa que en la actualidad presenta problemas a la hora de estudiarla y tratarla. En este proyecto el objetivo es encontrar un método para identificar e interpretar datos de una forma sencilla y rápida que mejore el tratamiento de esta enfermedad. La metodología incluye múltiples procedimientos para detectar la pérdida de balance y la congelación de la marcha, los cuales son medidos e identificados a través de la utilización de los software Excel y Matlab. Los cálculos de los datos incluyen porcentaje, promedio, diferencia trigonométrica y la transformada rápida de Fourier (FFT). En conclusión, encontramos una forma de diferenciar correctamente los síntomas, sin embargo, una muestra más grande ayudaría a confirmar que los métodos utilizados son efectivos.

## INTRODUCCIÓN:

La EP es una patología neurodegenerativa que afecta principalmente al sistema nervioso del paciente generando dificultades al caminar o realizar labores sencillas. Los síntomas más comunes de la EP son el temblor, lentitud de movimientos y los problemas de equilibrio y coordinación, estos síntomas se comportan de manera diferente en un ensayo clínico en comparación con las actividades diarias del paciente.

El tratamiento de la EP consiste en métodos habituales que se basan en la observación y experiencia del especialista, por lo cual se vuelve deficiente y da lugar a diferentes diagnósticos que no son precisos.

Para la realización de dicho método se utilizaron sensores inerciales (IMUs) para recopilar información del movimiento de todo el cuerpo del paciente en el periodo OFF y ON de medicación. Todos estos datos fueron procesados por el software Xsens para visualizar animaciones de las actividades del paciente, junto con gráficos y datos en formato XML.

## OBJETIVO:

Capturar la pérdida de balance (PdB) y la congelación de marcha (FoG) de pacientes con la EP durante sus actividades de la vida diaria (AVD) utilizando IMUs para posteriormente caracterizarlas.

## METODOLOGÍA:

### A. Caracterización de la PdB.

Se utilizaron las posiciones (x,y) de ambos pies para estimar la Base de Sustentación (BoS) y las posiciones (x,y) del Centro de Masa (CoM). Posteriormente, se calculó la posición.

$$\sqrt{x^2 + y^2} = p$$

Con las posiciones calculadas se generó una gráfica donde el eje x es el tiempo en cuadros (1/60 segundos) y el eje y es la posición.

A continuación se obtuvo un promedio de la posición de ambos pies.

$$\frac{(PRF + PLF)}{2} = \bar{p}$$

El cual se utilizó para obtener la diferencia entre la posición del CoM y la posición promedio usando:

$$|\bar{p} - PCM| = Dif$$

### B. Caracterización del FoG.

Se tomaron en cuenta la aceleración del CoM y los ángulos de flexión y extensión de las rodillas durante el reposo y los episodios de FoG.

Después, se obtuvo el porcentaje de variación de aceleración y ángulo de extensión y flexión respecto al tiempo en ambos casos.

$$\frac{\sum a_n}{frames} = \beta \quad \left| \quad \frac{\sum a_{FOG}}{frames} = \alpha \quad \right| \quad \alpha - \beta = \%$$

Por último, los datos se pasaron a un programa de Matlab que genera la transformación de Fourier para cada caso de los datos.

## RESULTADOS:

Para la caracterización del balance, comparamos la BoS con respecto a la posición del CoM en el periodo OFF, en la Fig. 1 existe una separación significativa del CoM de la posición esperada, adicionalmente, en la Fig. 2, se puede visualizar la discrepancia en centímetros, cuya magnitud no se acerca a los 2 cm.

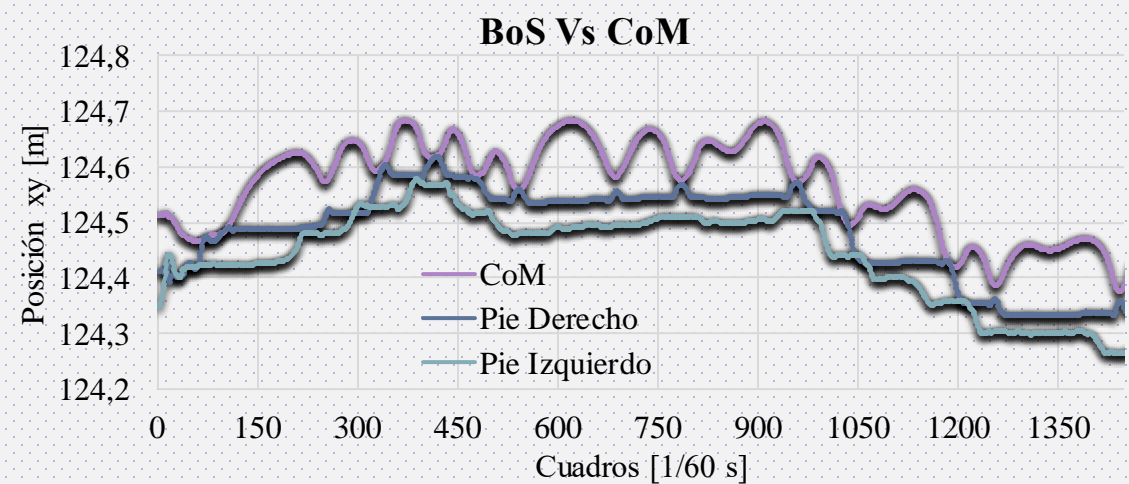


Fig. 1. Centro de Masa en contraste con la Base de Sustentación al caminar durante el periodo OFF

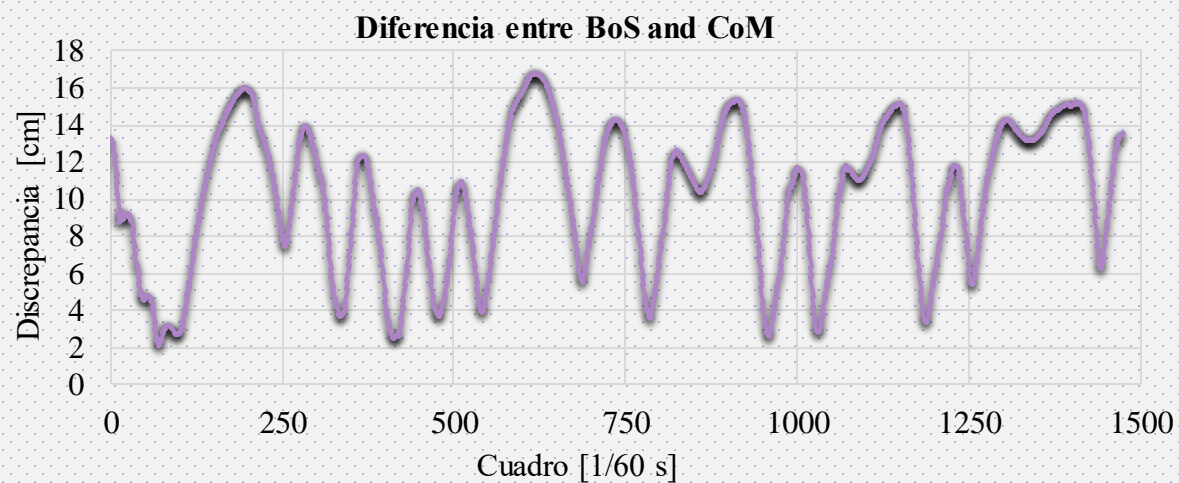


Fig. 2. Discrepancia entre medias de BoS y CoM al caminar (OFF).

En cuanto a la caracterización del FoG, consideramos la aceleración del CoM, en la Fig. 3 se puede observar que durante el FoG una aceleración oscila a lo largo del episodio a diferencia de cuando el paciente está parado. Y con la implementación de la FFT (Fig. 4), es más fácil apreciar los valores de frecuencia más altos durante el FoG.

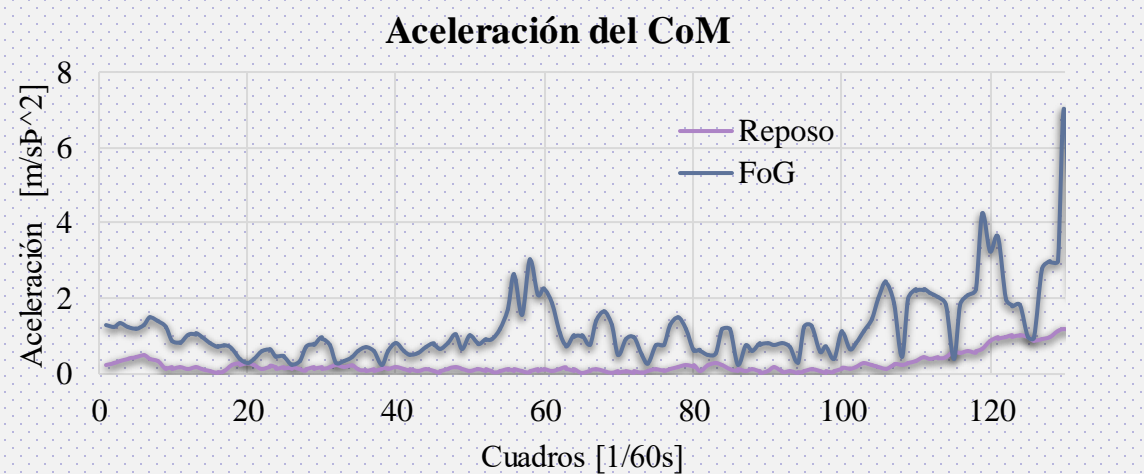


Fig. 3. Aceleración del CoM durante FoG y estado de reposo antes de caminar.

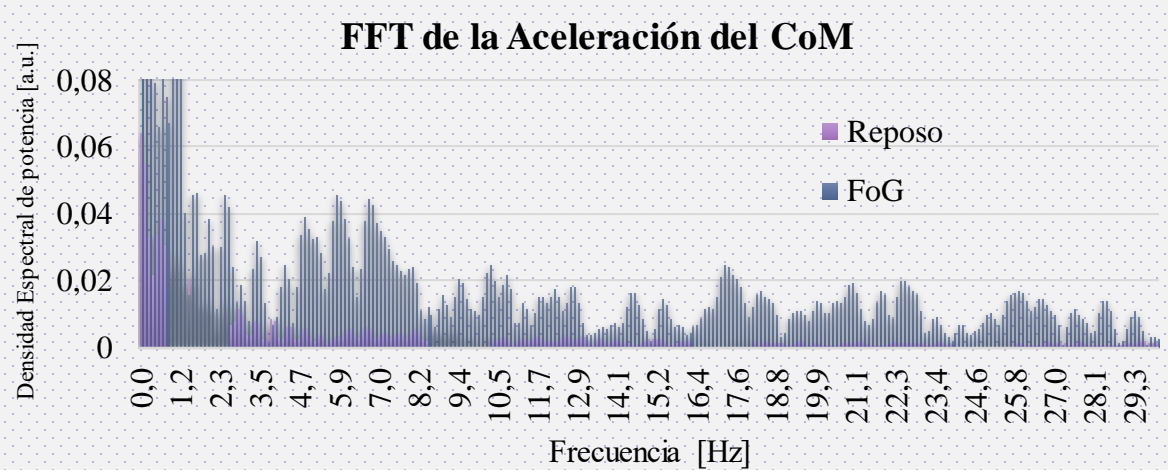


Fig. 4. Frecuencias máximas en acc del CoM durante FoG and estado de reposo.

Asimismo, al analizar los ángulos justo antes de iniciar la marcha, cuando ocurre el FoG, aparece un incremento y decremento repetitivo del ángulo de la rodilla derecha, comportamiento que no se manifiesta en el reposo (Fig. 5).

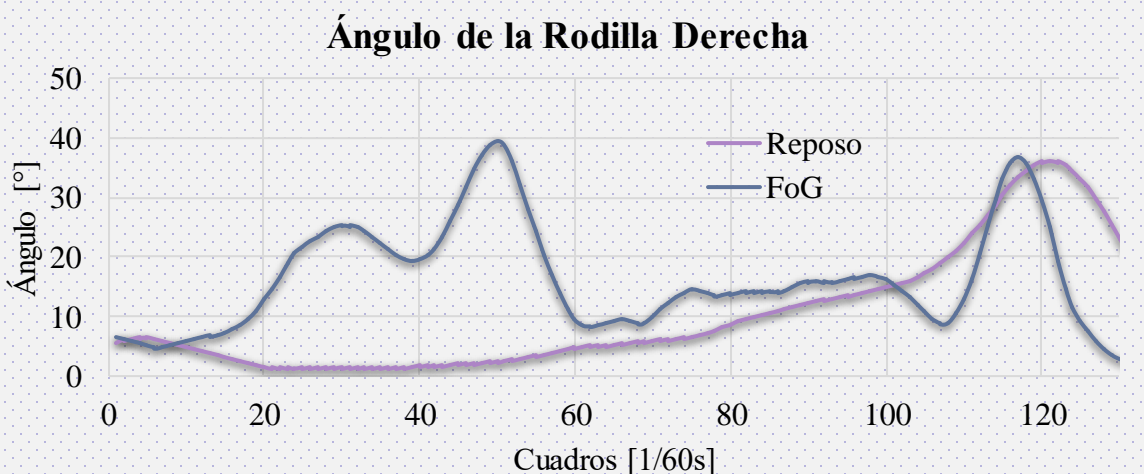


Fig. 5. Frecuencias máximas en acc del CoM durante FoG and estado de reposo.

## CONCLUSIONES:

Se encontró una forma de detectar cuando un paciente empieza perder el equilibrio, así mismo fue posible diferenciar cuantitativamente un FoG de un descanso estático antes de que el paciente comience a caminar. Por otro lado, la medicación mejoró las condiciones del paciente, ayudándolo a reducir la pérdida de equilibrio y FoG, sin embargo, las alteraciones en sus patrones de marcha continuaron. Es por ello que en base a nuestros resultados consideramos importante monitorear la respuesta del paciente a la medicación no sólo en un entorno clínico, sino también considerar parámetros basados en medidas estandarizadas en una rutina diaria, lo cual ayudará a implementar el tratamiento adecuado para cada paciente, logrando la desaparición de los síntomas y mejorando su calidad de la vida.

## REFERENCIAS:

- [1] R. L. Nussbaum y C. E. Ellis, "Alzheimer's disease and Parkinson's disease", N. Engl. J. Med., vol. 348, núm. 14, pp. 1356-1364, 20
- [2] S. M. Keloth, R. Viswanathan, B. Jelfs, S. Arjunan, S. Raghav y D. Kumar, "Which Gait Parameters and Walking Patterns Show the Significant Differences Between Parkinson's Disease and Healthy Participants?", Biosensors, vol. 9, n.º 2, pp. 59-78, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/bios9020059>
- [3] A. P. Janner Zanardi et al., "Gait parameters of Parkinson's disease compared with healthy controls: a systematic review and meta-analysis", Scientific Reports, vol. 11, n.º 752, pp. 1-19, 2021. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-80768-2.pdf>
- [4] R. Melo Roiz, E. Walker Azevedo, M. Macedo Pazinato, J. Guimaraes Reis, A. Cliquet Jr, E. Barasnevicus-Quagliato, "Gait analysis comparing Parkinson's disease with healthy elderly subjects", Arq Neuropsiquiatr, vol. 68, n.º 1, pp. 81-86, [Online]. Available: <https://www.scielo.br/j/anp/a/TSJXmn74Mc7XJsLFwXstTjw/?format=pdf&lang=en>
- [5] H. J. Lee et al., "Tremor frequency characteristics in Parkinson's disease under resting-state and stress-state conditions", J. Neurol. Sci., vol. 362, pp. 272-277, 2016.