

Prototipo De Electroestimulador Para Pacientes Con Enfermedad de Parkinson

L. Dueñas¹, A. O. Ochoa¹, J. R. Gutiérrez¹, E. J. Hernández¹, A. J. Antillón¹, C. E. Cañedo^{2*}

¹Estudiantes de Ingeniería Biomédica, Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma De Chihuahua, Chihuahua, México.

² Profesor de Ingeniería Biomédica, Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma De Chihuahua, Chihuahua, México

* liber.duengo@gmail.com, ochoav158@gmail.com, arminantillon100@gmail.com, shui_gutierrez@hotmail.com, edsonhdz33@gmail.com, eduardo171192@gmail.com

Resumen— En este documento se describe el desarrollo del prototipo de un dispositivo con la capacidad de dar impulsos de electroestimulación muscular (EEM), la cual puede ser utilizada en pacientes con Parkinson como auxiliar en terapia. El dispositivo capta señales del tremor del paciente mediante un electromiograma (EMG), de las cuales analiza, por medio de un sistema de redes neuronales artificiales, su frecuencia e intensidad, con lo que se determina la acción del EMM.

Palabras clave— **EMG, EEM, Parkinson, terapia, redes neuronales**

I. INTRODUCCIÓN

El subdesarrollo o involución de la sustancia negra del cerebro que envía fibras nerviosas secretoras de dopamina hacia el núcleo caudado y el putamen ocasiona desordenes en la comunicación neuromuscular, lo cual produce parálisis agitante, también conocida como enfermedad de Parkinson[1].

Los desórdenes en la comunicación neuromuscular se atribuyen a muchas causas, sin embargo en el caso de enfermos Parkinson una de las semiologías más claras es que al perderse parte de la sustancia negra los estímulos dopaminérgicos disminuyen, por lo que regiones donde la dopamina hiciera función inhibitoria aumentan su actividad, y por el contrario donde el neurotransmisor se presentara como excitador habría una menor actividad. Estas oscilaciones ocasionarían el temblor involuntario [2].

Entre los síntomas que presentan los pacientes con Parkinson se encuentran:

- Bradicinesia: (lentitud en los movimientos): desaceleración o pérdida de los movimientos espontáneos y voluntarios
- Rigidez: inflexibilidad inusual en una extremidad u otra parte del cuerpo
- Temblor de reposo: un movimiento incontrolable que afecta una extremidad cuando está en reposo y desaparece durante un movimiento voluntario

- Inestabilidad postural: problemas al estar de pie o al caminar, o disminución del equilibrio y la coordinación [3].

El desarrollo de electroestimuladores para uso terapéutico tiene estudiándose desde hace más de 40 años, y en las últimas dos décadas su aceptación ha sido cada vez mayor, llevándolos incluso a ser dispositivos de libre venta. En el caso de la terapia para el Parkinson los primeros intentos con electroestimulación fueron de manera invasiva, por medio de una cirugía en la cual se colocaban electrodos que estimulaban directamente zonas afectadas por la enfermedad [4].

En otros casos se ha estudiado la EEM periférica como coadyuvante del tratamiento farmacológico, y de esta manera evitar métodos invasivos, que a pesar de su efectividad siguen siendo riesgosos. Los resultados fueron favorables, ayudando en el 78% de los casos en la disminución del temblor al aplicar EEM periférica con tens utilizando una técnica antihemética sobre el punto Neiguan (P6) a 10 Hz, y no mostraron ningún efecto secundario adverso [5].

En casos terapéuticos, se han explorado otras opciones que llegan a ser útiles para combatir los temblores. Para el caso de intentar disminuir temblores de la mano se ha diseñado un brazalete llamado Emma Watch, su funcionamiento se basa principalmente en emitir vibraciones que juegan con la inercia del movimiento de la mano, y además distraen al cerebro de su trabajo en controlar los temblores, lo que hace que menos señales sean emitidas y se reduce el nivel de información mal comunicada entre neuronas y fibras musculares [6].

El objetivo de este proyecto recae en la automatización de un dispositivo capaz de dar EMM a pacientes que presenten características específicas de la enfermedad de Parkinson, como es el tremor en las extremidades superiores. Para lograr el proceso de automatización es necesario un conjunto de redes neuronales artificiales (ANN, por sus siglas en inglés) las cuales sean capaces de clasificar distintos tipos de señales de EMG según las frecuencias e intensidad de contracción que presenten.

II. METODOLOGÍA

En la Figura 1 se presenta un esquema del desarrollo del proyecto, el cual se divide principalmente en tres bloques de acción: toma de muestras, procesamiento y control, y pruebas.

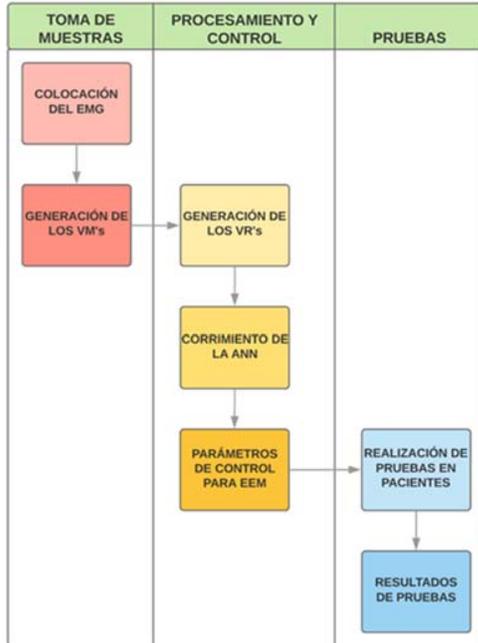


Figura . Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto

Para llevar a cabo las acciones presentadas fue necesario diseñar un dispositivo capaz de leer señales EMG y emitir EEM. Para cumplir con las especificaciones el dispositivo cuenta con tres elementos físicos, los cuales pueden observarse en la Figura 8:

1. Elemento de EMG. Tablilla Advancer Technologies Muscle Sensor v3.0
2. Elemento de EEM. Tablilla de electroestimulador TENS comercial.
3. Elemento de control. Arduino Mega 2560.

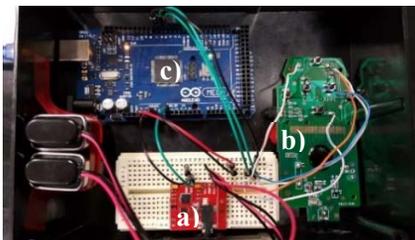


Figura 2. Proyecto Físico: a)EMG, b)EEM, c)Elemento de control

II. 1 TOMA DE MUESTRAS

El elemento de EMG recibe las distintas señales generadas por el músculo bíceps braquial. Se utilizaron 3 derivaciones colocadas como se puede observar en la Figura 3. Se diferencian de los electrodos del elemento de EEM porque los últimos se colocan en sobre el músculo braquiorradial y los flexores de los dedos (Fig.4).



Figura 3. Colocación de los electrodos del elemento de EMG



Figura 4. . Colocación de los electrodos del elemento de EEM

Para la creación de las ANN fueron necesarias 20 muestras de cada uno de los tres patrones de movimiento que reconoce: estático (E), contracción voluntaria (C.V.) y tremor (T). Cada muestra estaba comprendida por un vector muestra (VM) de 500 datos donde se registraron las diferentes amplitudes de voltajes recogidas por el elemento de EMG.

Las muestras de tremor se realizaron a un paciente femenino de 69 años de edad, diagnosticado con estadio 1.5 de la enfermedad de Parkinson. El muestreo comenzó inmediatamente después de que la paciente tomara su medicamento: Levodopa 250mg/Carbidopa 25mg, con el brazo alternando entre posición prono y supino.

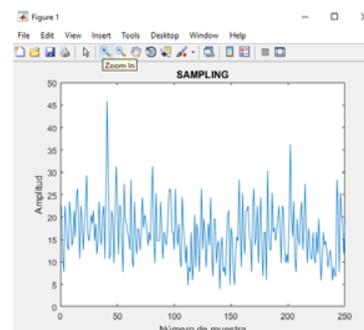


Figura 5. Muestra en posición prono

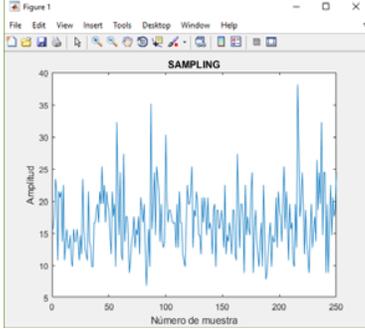


Figura 6. Muestra en posición supino

II.2 PROCESAMIENTO Y CONTROL

II.2.1 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL

Por cada VM se generó un vector de información relevante (VR) como el de la ecuación (1).

$$VR = [\bar{x}, s, \mu_\alpha, \mu_\theta, \mu_\Delta] \quad (1)$$

Siendo \bar{x} es la media definida por la ecuación (2)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

La s corresponde a la desviación estándar definida por la ecuación (3),

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

En las ecuaciones (2) y (3) n es el número total de elementos, x corresponde al VM e i corresponde al número de muestra dentro de VM.

$\mu_\alpha, \mu_\theta, \mu_\Delta$ corresponden a frecuencias bajas, medias y altas respectivamente definidas por las ecuaciones (4), (5) y (6) respectivamente. En donde $|x(\omega)|$ corresponde a la transformada de Fourier.

$$\mu_\alpha = \sum |x(\omega)| \text{ para } 1\text{hz} \leq \omega \leq 50\text{hz} \quad (4)$$

$$\mu_\theta = \sum |x(\omega)| \text{ para } 51\text{hz} \leq \omega \leq 150\text{hz} \quad (5)$$

$$\mu_\Delta = \sum |x(\omega)| \text{ para } 151\text{hz} \leq \omega \leq 250\text{hz} \quad (6)$$

II.2.2 REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Se crearon tres ANN con 5 entradas, 7 neuronas en la capa oculta y una salida, cada red corresponde a uno de los patrones de movimiento mencionados anteriormente (E, C.V. y T).

Las redes fueron entrenadas con el VR de cada muestra, obteniendo matrices de confusión cuyos resultados superaban el 95% de confiabilidad en el recuadro marcado en el ejemplo de la Figura 7.



Figura 7. Ejemplo de matrices de confusión en MATLAB.

II.2.3 CONTROL DEL ELEMENTO DE EEM

Las salidas de la red neuronal se dan en porcentajes del nivel de pertenencia que tenga la señal EMG de entrada con las clases E, C.V. y T. Las condiciones de activación del EEM se encuentran descritas en la ecuación (7) y son implementadas por Matlab y una plataforma Arduino Mega 2560.

$$EMM = \begin{cases} 1, & T > 80 \cup T > E \cup T > C.V. \\ 0, & \text{otros} \end{cases} \quad (7)$$

II.3 PRUEBAS

Bajo el consentimiento de 5 personas diagnosticadas con la Enfermedad de Parkinson entre los estadios 1 y 1.5, donde la enfermedad es unilateral, y se realizaron pruebas de funcionamiento del clasificador.

Se colocó a cada paciente el elemento de EMG y el EEM en el brazo donde presentaran el temblor. En la primera fase de la prueba se permitió la presencia del temblor, sin ejercer ningún tipo de resistencia, se corrió el programa y se registraron los datos de pertenencia entre la señal que se captó y cada una de las redes clasificadoras.

Durante la segunda fase se cambió el patrón de movimiento, se les pidió mantener una posición estática de su

brazo, en la tercera y última fase se hicieron mediciones de la señal EMG mientras realizaban, movimientos de flexión y extensión del brazo.

En las primeras dos fases se dejó reposar el antebrazo en una superficie plana, mientras que en la tercera, por el movimiento que involucra el codo es la única parte que mantuvo contacto con la superficie. En las tres mediciones se verificó si el EEM se activaba.

III. RESULTADOS

De acuerdo a lo que se muestra en la Tabla I. El sistema cumple con las expectativas para las cuales fue diseñado, realizando una activación del EEM únicamente en los casos en donde es detectada una señal de temblor.

TABLA I
NIVEL DE CORRELACIÓN ENTRE LA ACCIÓN REAL DEL
PACIENTE Y LAS DIFERENTES ANN

Paciente	Edo. Real	Nivel pertenencia (%)			Activación de EEM
		T	C.V.	E	
1	T	100	0	.06	Sí
	C.V.	0.01	99.99	0.02	No
	E	0	0	100	No
2	T	99.99	0	44.59	Sí
	C.V.	0	100	0.03	No
	E	2.05	0	99.85	No
3	T	100	0	0.01	Sí
	C.V.	40.24	99.68	0.01	No
	E	0.11	0	99.99	No
4	T	100	23.21	0.01	Sí
	C.V.	0.03	100	0.01	No
	E	0	0	100	No
5	T	100	0	33.28	Sí
	C.V.	0	100	0.04	No
	E	0.07	0	98.67	No

IV. DISCUSIÓN

El electroestimulador para pacientes con Parkinson, pretende ser un dispositivo de terapia para ayudar a controlar y/o disminuir el temblor de extremidades superiores. Se recomienda el uso terapéutico por cortos periodos de tiempo, pues no se encontró evidencia suficiente que demuestre la seguridad de un uso prolongado de EEM.

La efectividad del dispositivo en su uso terapéutico aún no ha sido evaluada mediante un estudio clínico, por lo que no se pueden dar conclusiones al respecto.

V. CONCLUSIÓN

Como otros autores han expuesto, la EEM es una herramienta terapéutica eficaz en el tratamiento de enfermedades neuromusculares [7]. Con este primer

prototipo se espera concretar un proyecto de electroestimulación específico para personas diagnosticadas con Parkinson.

El primer paso para este objetivo se ha cumplido al poder lograr con este dispositivo una captación y clasificación adecuada de las señales EMG de los patrones de movimiento que presentan las personas afectadas por la enfermedad de Parkinson.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. E. H. Guyton, «Tratado de Fisiología Médica,» 13a ed., ELSEVIER, 2013, pp. 461, 477-484.
- [2] L. M. Vargas, «Enfermedad de Parkinson y la Dopamina,» BUN Synapsis, vol. 2, pp. 12-16, 2007.
- [3] The Michael J. Fox Foundation, «Síntomas de la enfermedad de Parkinson,» The Michael J. Fox Foundation, [En línea]. Available: <https://www.michaeljfox.org/understanding-parkinsons/living-with-pd/topic.php?sintomas>. [Último acceso: 20 Marzo 2018].
- [4] L. Clavijo, «Electrodos contra el Parkinson,» El País, 3 Abril 2007.
- [5] J. L. Saavedra-Escalona, G. Luprecio-Morales, E. Castro-Rodríguez y J. Hernández-Franco, «Efecto del tens en el temblor de la enfermedad de Parkinson,» Arch. Neurocién., vol. 10, n° 3, pp. 133-139, 2005.
- [6] A. Trotman, «How a watch helped Emma write again?,» Microsoft News Centre UK, 16 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://news.microsoft.com/en-gb/features/how-a-watch-helped-emma-write-again/>. [Último acceso: 20 Marzo 2018].
- [7] Y. Real, N. Pavón, A. Rodríguez, Y. Torres, M. López y G. Martínez, «Electroestimulación en Músculos Rectos Abdominales Para el Aumento de la Capacidad Respiratoria Proporcional Para el Habla en Personas con Lesiones Medulares Cervicales,» Revista Ecuatoriana de Neurología, vol. 23, n° 13, pp. 34-40, 2014.