

## **Protocolo de medida de EEG y EMG para caracterización de patrones corticales motores**

*Martín Teruel, Alexis Fretes, Luis Prieto y Fernando Brunetti*

*Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”*

*Asunción, Paraguay*

*[martin.teruel@uc.edu.py](mailto:martin.teruel@uc.edu.py)*

**Key words:** Neurorehabilitación, EEG, EMG, Protocolo

### **Resumen**

Este trabajo presenta una propuesta de protocolo para la adquisición de señales EEG y EMG para la caracterización de patrones corticales motores. El protocolo se basa en el análisis de los potenciales corticales ERD (Event-Related Desynchronization) y BP (Bereitschaftspotential); y el análisis de correlación temporal de estos potenciales con la activación muscular asociada a la tarea del protocolo, la cual es medida mediante electromiografía. Mediante el uso de este protocolo se pretende poder caracterizar los patrones corticales asociados a las tareas motoras para así poder evaluar mejor trastornos neuromotores, las terapias aplicadas y la evolución de los mecanismos de neuroplasticidad.

### **1. Introducción**

Accidentes cerebrovasculares u otras patologías neuromotoras pueden afectar el normal funcionamiento motor, desde el control primario de la tareas en el cerebro hasta su ejecución por los distintos miembros del cuerpo. Diferentes estudios han demostrado que el cerebro humano es, dadas las condiciones propicias, capaz de experimentar cambios en las conexiones neurales para reaprender dinámicas básicas o corregir secuelas de alguna condición neurológica. También, en diversos estudios, se ha mostrado la posibilidad de correlacionar patrones corticales representados por señales de electroencefalografía con actividades motoras concretas.

Estas actividades, usadas en el marco de terapias o de intervenciones de compensación, pueden ser estudiadas en su relación con la actividad cerebral, para así poder diseñar y evaluar mejor las terapias e intervenciones de rehabilitación o compensación realizadas. Este trabajo presenta un protocolo de experimentación para la caracterización de estos patrones cortico-musculares basado en la adquisición de señales de EEG y EMG.

### **2. Protocolo de experimentación**

El siguiente protocolo de experimentación tiene como objetivos los siguientes:

1- Caracterizar los potenciales corticales motores y activación muscular, utilizando parámetros espaciales y temporales durante el inicio y la ejecución de la tarea analíticas (movimientos de un grado de libertad).

2- Verificar la validez de los algoritmos de procesamiento de señal propuestos para los potenciales motores y detección de activación muscular.

## 2.1 Motivación basada en hipótesis

La identificación y caracterización de los patrones corticales relacionados al movimiento asociados a tareas específicas y bajo entornos controlados, permitiría:

- Diseñar terapias en un contexto de rehabilitación que impulsen la plasticidad neuronal en personas promoviendo procesos y mecanismos naturales que aceleran la recuperación de funciones motoras (NEUROPLASTICIDAD).
- Diseñar sistemas H-M que utilicen información motora cortical para emular la ejecución natural del movimiento asistidos por dispositivos externos como exoesqueletos o dispositivos de ayuda a la movilidad (INTERFACES H-M).

## 2.2 Materiales

- 12 canales de EEG, ubicados en la corteza motora siguiendo el estándar internacional del sistema 10/20 (Ver figura abajo indicada).
- 2 canales bipolares (diferencial) de EMG (músculos: tríceps y deltoides anterior)
- Amplificador gUSBamp (g.Tec GmbH, Austria)
- SW de procesamiento personalizado.
- Descartables (gel, jeringa, electrodos EMG, etc)
- Interfaz de gráfica de usuario.

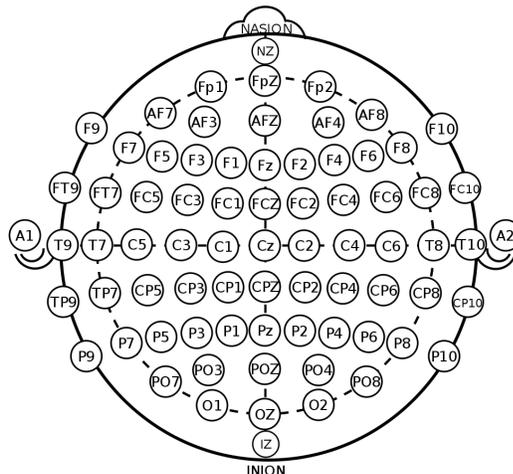


Figura 1. Posicionamiento de electrodos de EEG.

## 2.3 Usuarios:

- 8 sujetos sanos, sin patología previa asociada. Registrar sexo, fecha de nacimiento, brazo y pierna dominante.

## 2.4 Métodos.

- **Preparación.** Se colocan primeramente el casco de EEG al sujeto, y los sensores de EMG en los músculos. Para la colocación de los electrodos de EMG se sigue la metodología mostrada en [SENIAM](http://seniam.org) (seniam.org). Los electrodos de EEG se sitúan en las posiciones FC1, FCz, FC2, C4-1, Cz, CP1, CPz y CP2, mostrado en la figura 1. Se coloca el gel conductor

utilizando la jeringa en todos los electrodos de EEG asegurando en todo momento la buena conducción de la señal. Posteriormente, se verifica la calidad de las señales de EEG y EMG (bajo SNR, indicador de impedancia del amplificador, y visualización de contracciones musculares de EMG) garantizando la calidad de las señales antes de realizar los experimentos.

- **Tarea.** Ejecución de movimiento de flexoextensión de codo en el plano horizontal adoptando la posición inicial de codo extendido. El miembro debe estar apoyado sobre una mesa manteniendo el brazo en posición relajada y extendida. Se deben realizar 45 repeticiones en total, divididas en tres tandas de 15 repeticiones. Cada tanda está separada por dos minutos de descanso (o según necesidad de los usuarios). Cada repetición estará compuesta por las siguientes fases: Relajación - Atención - Ejecución Movimiento (ver figura 2). La fase de Relajación tendrá una duración de 5 segundos, la de atención 3 segundos y la ejecución motora de 5 segundos. Cada fase de ejecución de movimiento debe proporcionar feedback visual a los participantes (mediante mensajes, iconos, otros) a través de una pantalla y a la vez enviar señales de sincronización al amplificador para indicar las transiciones de estado. Los movimientos deben ser balísticos, esto es, rápidos y de corta duración (aprox. 1 segundo para una extensión del codo). Posterior al movimiento se regresa a la posición de descanso (aprox 2 segundos extensión) manteniendo el miembro en posición basal y relajado.



Figura 2. Fases de cada repetición de la tarea realizada en el protocolo experimental.

En una pantalla del usuario está ejecutándose una aplicación que permite visualizar las fases activas de cada repetición (Relajación - Atención - Ejecución Movimiento). Culminada la tanda esta repetición se guardan los datos, se esperan 2 minutos y se inicia la siguiente tanda. (TIP: Es conveniente realizar una verificación de la calidad de las señales registradas entre tandas.). Posterior al registro de los datos, se pasará al procesamiento de las señales para caracterización de los potenciales motores y actividad muscular (procesamiento offline).

## 2.5 Procesamiento de datos

Una vez tomadas las medidas se analizan los siguientes potenciales:

- **Bereitschaftspotential (BP).** Es una caída del potencial que ocurre unos milisegundos antes de la activación del movimiento. (Shibasaki & Hallett, 2006). Se analiza en el dominio del tiempo. Se encuentra dentro de la banda entre 0,05 y 10 Hz (referencial). Para su procesamiento se utilizan filtros temporales y filtros espaciales, para identificarlo como el

pico del potencial medido. Un descriptor motor utilizado es la diferencia temporal entre la ocurrencia del BP y la activación muscular.

- **Event-Related Desynchronization (ERD).** Es una atenuación del potencial de corta duración dentro de la banda alfa/beta. Existen dos tipos principalmente: uno de corta duración, asociados a las áreas occipitales que afecta a las componentes superiores de la banda alfa, y otro de mayor duración de localización más amplia, de mayor prominencia en las zonas parietales y que afecta principalmente las componentes más bajas de la banda alfa. Se estudia al ERD en el dominio de frecuencias, específicamente en la banda entre 5 y 35 Hz. Al igual que el caso anterior se aplican filtros temporales y espaciales para luego hallar la densidad de potencia espectral en las bandas alfa y beta con una resolución de frecuencia de 0,5 Hz, resolución temporal de 100 ms y ventanas de análisis de 1 segundo. Este análisis ayuda a encontrar la ventana temporal (marca temporal) de cuándo ocurre el ERD. Nuevamente se utiliza como la diferencia de tiempo entre la activación muscular y la ocurrencia del ERD.
- **Actividad Muscular (EMG).** Se analizan las señales de EMG para determinar el inicio del movimiento. Se utilizan técnicas clásicas de detección aplicando umbrales a las señales filtradas y rectificadas.

### 3. Conclusiones

El protocolo presentado es un protocolo sencillo de medida de señales de EEG y EMG para la caracterización de patrones cortico-musculares durante la ejecución de tareas motoras. El estudio de estos patrones, permitirá potencialmente la evaluación de terapias e intervenciones de rehabilitación y/o compensación motora.

### Referencias

- Gildenberg, P. (2005). *Evolution of neuromodulation. Stereotactic and functional neurosurgery.*
- Mantilla, J. I., & Santa, J. M. (2016). *Tecnología de Asistencia: Exoesqueletos Robóticos en Rehabilitación.* Movimiento Científico.
- Reaz, H., & Mohd-Yasin, F. (2006). *Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications.* Biological procedures online.
- Resquín, F., Gonzalez-Vargas, J., Ibáñez, J., Brunetti, F., Dimbwadyo, I., Carrasco, L., ... & Pons, J. L. (2017). Adaptive hybrid robotic system for rehabilitation of reaching movement after a brain injury: a usability study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 14(1), 1-15.