

# Electroencefalografía Inalámbrica: Una mirada actual y propuesta de sistema portátil.

Leonardo Espinosa, *Estudiante, UTFSM*

**Resumen**—Este trabajo se presenta en un contexto de creciente interés científico y comercial por la toma de exámenes cerebrales portátiles. En particular se destaca la toma de EEG (Electroencefalograma) como el método más común para diagnosticar y tratar enfermedades convulsivas como la epilepsia. La motivación por la investigación en este tema surge de la necesidad de poseer diagnósticos rápidos en el caso de una crisis convulsiva en pacientes con patologías que producen dichas crisis, además del aumento global de problemas asociados a la salud mental. Se hace un análisis del estado del arte y los productos disponibles actualmente en el mercado, para posteriormente realizar la adquisición de datos con el dispositivo Emotiv EPOC, y trazar el marco de trabajo que permita tomar las señales cerebrales y transmitirlos en un formato adecuado a la Red Móvil, con el objetivo de ser analizadas en tiempo real por un profesional.

**Index Terms**—Electroencefalograma, EEG, epilepsia, convulsiones, electroencefalografía.

## I. INTRODUCCIÓN

EN las últimas décadas se ha evidenciado un notorio crecimiento de la necesidad de monitoreo de señales cerebrales de forma más cotidiana y eficiente. Esto se debe a que el interés por el estudio del sistema cerebral, junto con su caracterización, ha ido en aumento puesto que se considera un área donde se pueden hallar nuevas soluciones a las patologías y trastornos asociados con el cerebro, las cuales también han registrado un volumen creciente en la población [1]. Algunas estadísticas dan muestras de la magnitud de este crecimiento: Para el año 2010, en Europa, un 38% de la población se ve afectada por algún desorden mental [1]. Así mismo, se espera que dentro de los próximos 20 años los trastornos mentales representen el mayor costo global en salud después del cáncer, superando a las enfermedades cardiovasculares. [2]

Las técnicas actuales utilizadas para el estudio de señales cerebrales presentan dificultades intrínsecas que merman su eficiencia y facilidad de uso. Estas características son principalmente: la necesidad de un espacio dedicado exclusivamente al examen clínico, la ayuda profesional requerida, la poca movilidad de los equipos, y el excesivo tiempo de preparación y toma del examen. Estas limitantes han significado un alto costo en la toma de EEG, así como la imposibilidad de tomar datos de forma continua y cotidiana, con lo cual se podrían obtener grandes cantidades de datos que muestren las distintas tendencias y características asociadas a los trastornos, en base a su análisis con técnicas propias del aprendizaje de máquinas, por dar un ejemplo.

L. Espinosa estudia en el Departamento de Electrónica en la UTFSM, Av. España 1680, Valparaíso, Chile

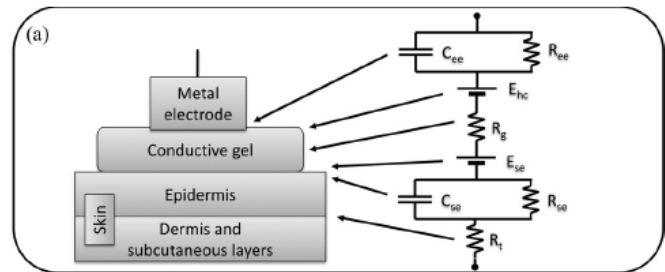


Figura 2. ETI de un electrodo de contacto seco

Otro aspecto relevante a ser considerado es la búsqueda del llamado "Diagnóstico Objetivo", puesto que típicamente se considera que los resultados obtenidos de este tipo de exámenes pueden tener algún sesgo asociado tanto a los factores psicofisiológicos particulares presentes al momento de la toma del examen, como a la subjetividad que pueda introducir su interpretación por parte del médico. Estas consideraciones se subsanan en la medida en que el diagnóstico se base exclusivamente en los datos, y que estos sean tomados en condiciones naturales o cotidianas para el paciente.

Dada esta problemática, el análisis de los avances y tecnologías desarrolladas en la actualidad es promisorio. Existen diversas alternativas presentes hoy en el mercado que atacan el problema creando equipos de EEG con mayor movilidad y facilidad en la toma de señales. Algunos de estos productos son presentados en la Tabla comparativa 1, en la cual se incluye una columna que compara con el estándar de la IEC (International Electrotechnical Commission) [3].

Se analizarán durante el desarrollo de este trabajo los aspectos relevantes a ser considerados para el cumplimiento del objetivo principal que consiste en adaptar los datos adquiridos a un formato aceptable para la evaluación clínica.

## II. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Los aspectos relevantes a ser considerados en el proceso de adquisición y procesamiento de los datos se pueden dividir en cuatro partes principales, a saber:

- Generación de Señales
- Adquisición de Señales
- Análisis de actividad cerebral
- Interfaz de salida

La representación de estas partes y sus elementos internos se presentan en la figura 3.

La mayor parte del trabajo asociado a la presente investigación,

Figura 1. Tabla comparativa de productos en el mercado [3]

	NeuroSky	Emotiv EPOC	Quasar	g.Nautilus	imec	IEC Standard
CMRR			> 120 dB			
Input impedance			47 GΩ			
Bandwidth	3–100 Hz		0.02–120 Hz	0.1–40 Hz	0.3–100 Hz	0.5–50 Hz
Channel number	1	14	12	32	8(4)	
Noise			3 μVpp		4 μVpp	< 6 μVpp
Bit number			16	24	12	
Coupling			AC	DC	AC	
Dynamic range			10 mVpp		1.6 mV	> 1.5 mV
DC offset			±200 mV		±500 mV	±300 mV
Electrodes	Dry	Wet	Dry	Dry	Dry	Gel
Wireless protocol	BT	Proprietary	Proprietary	Proprietary	BT	

se enfoca en la segunda parte, es decir la adquisición de señales desde el tejido conductivo, en este caso el cuero cabelludo, hacia los electrodos y el sistema, en particular lo que se conoce como Interfaz Tejido-Electrodo (ETI por sus siglas en inglés). El modelo que se considera se presenta en la figura 2, el que corresponde al modelo estándar para electrodos de contacto húmedo, aplicable al dispositivo a ser utilizado en el presente trabajo.

### II-A. Selección y estudio del equipo de monitoreo

Se ha optado por trabajar con el hardware de adquisición de señales llamado Emotiv EPOC, dado que se cuenta con uno en el Departamento de Electrónica.

Este dispositivo cuenta con 16 electrodos de contacto húmedo, los cuales reciben señales eléctricas mediante el contacto directo con el cuero cabelludo, ayudado por una solución salina, además de 2 giroscopios que permiten registrar el movimiento de la cabeza al momento de ser usado por la persona o paciente. La disposición espacial de estos electrodos consiste en una separación bilateral, en la cual se reflejan las posiciones en el lado izquierdo y derecho del cráneo, teniendo 8 electrodos para cada hemisferio del cerebro.

Si bien su configuración dista de la estructura que posee un examen clínico de EEG tradicional (sistema internacional 10-20), se considera que, dada una configuración adecuada, se puede obtener una señal que evidencie algún trastorno o crisis convulsiva en el paciente.

### II-B. Adquisición de datos

En primera instancia, se procede a instalar el software del fabricante de Emotiv EPOC, para estudiar las señales adquiridas y los datos mostrados por la interfaz que se provee. La Figura 4 muestra la GUI presentada en este software, la cual provee acceso a distintos menús de aplicaciones a ser controladas o alimentadas por el dispositivo, entre los cuales se puede acceder a un menú de movimiento que replica los movimientos faciales y de la cabeza.

Se puede apreciar que más allá de esta interfaz, este software no ofrece una alternativa de registro o almacenamiento de datos que permita estudiar por separado las señales obtenidas

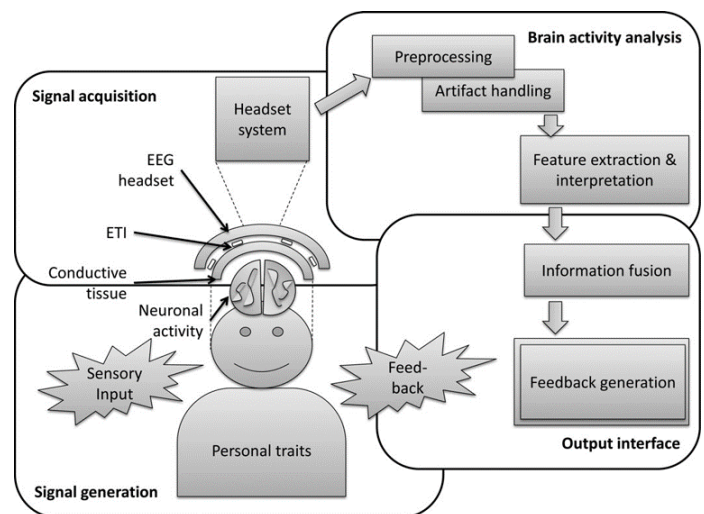


Figura 3. Etapas de la adquisición y procesamiento de señales cerebrales

por cada uno de los electrodos. Esta es una problemática relevante en el avance del trabajo, puesto que si se quieren analizar los datos se debiesen poder obtener en un formato sin procesar o al menos en un registro estándar sobre el cual se pueda trabajar.

Para superar esta limitación, se busca un software que pueda captar los datos de forma más directa y pueda registrarlos en un formato modificable. Se propone en primera instancia el uso del software de código libre Emokit, disponible en GitHub [5].

### II-C. Registro y Análisis de Datos

Luego de lograr obtener la información de cada canal separado de lectura, se procede a crear un registro de información que se encuentre en un formato compatible o que permita el análisis clínico del EEG. Para estos efectos, se establece un estándar con el cual asociar los datos obtenidos y procesarlos para hacerlos compatibles. El sistema más utilizado para la toma y análisis de EEG es el Sistema Internacional 10-20 5.

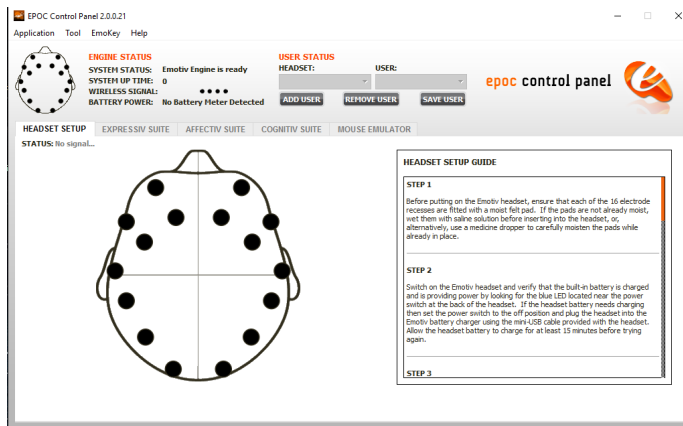


Figura 4. Panel de Control de EPOC en Software Oficial

Como se aprecia en la figura 5, este sistema está caracterizado por 23 electrodos dispuestos de forma longitudinal sobre el cráneo, con siete electrodos en la línea central del cráneo, y 8 electrodos igualmente dispuestos en cada hemisferio lateral. Mediante el análisis de las posiciones y referencias utilizadas para medir las diferencias de tensión en los sistemas EEG 10-20, se propone utilizar el modo de medición referencial de los electrodos, en el cual se grafican las diferencias de voltaje entre los nodos, tomando uno de ellos como referencia. Al no contar con nodos centrales en el dispositivo, es necesario definir nodos de referencia para ambos hemisferios de forma individual. Dada esta configuración, es factible que en una condición poco ruidosa de registro de los datos, estos presenten niveles similares y por tanto comparables. A pesar de esto, es conveniente advertir que existe una pérdida de referencia interhemisférica, por lo que el estudio de cada hemisferio debe hacerse de manera independiente. Esto no significa una imposibilidad de detectar las formas de onda características que producen las convulsiones epilépticas, por lo que mantiene el cumplimiento del objetivo.

El esquema propuesto consiste en tomar los electrodos posteriores del Emotiv EPOC como referencia de cada uno de sus respectivos hemisferios, y tomar los otros 7 electrodos como los más cercanos a los electrodos del sistema 10-20, eliminando del esquema a los electrodos P3 y P4. Utilizando esta metodología se pueden obtener señales similares en cada canal, a excepción de los electrodos C3 y C4 del 10-20 puesto que éstos se encuentran más alejados de su posición original. Con esta metodología de registro se puede proceder a analizar los datos para la detección de señales con características específicas que permitan la formulación de un diagnóstico médico objetivo en base a su lectura.

#### II-D. Caracterización de las Señales

Para poder caracterizar los resultados de señales que se pueden visualizar, es necesario estudiar la frecuencia de interés e intentar filtrar aquellas partes de la señal que producen distorsión o ruido. De acuerdo a los estándares estudiados en [4], el rango de frecuencias presentes en un EEG que son de interés de estudio clínico, se encuentran en el rango de 1-35

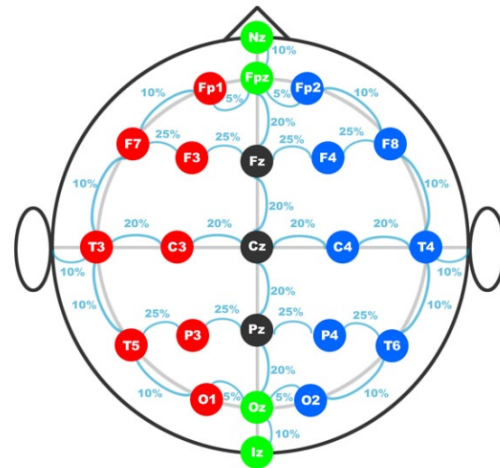


Figura 5. Sistema Internacional 10-20

[Hz], pudiendo ser clasificadas en Theta, Delta, Alpha y Beta, de acuerdo a su forma y rango de frecuencia.

Para estos efectos, se sugiere en el tratamiento usual de las señales de EEG un filtro pasa altos de 0.5 [Hz] y un pasa bajos de 40 [Hz]. El filtro pasa altos permite eliminar artefactos de baja frecuencia, tales como señales electrogalvánicas o artefactos de movimiento, mientras que el filtro pasa bajos elimina artefactos de alta frecuencia, tales como señales electromiográficas (o musculares). El cambio de fase producido por el filtrado afecta a todos los canales por igual por lo que no impide la obtención del diagnóstico. Con estas consideraciones y filtrado se tiene una idea de los tipos de registros que se deben obtener y evaluar finalmente si es posible diagnosticar los trastornos descritos.

### III. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En el presente trabajo se ha presentado el estado del arte actual respecto a la toma de EEG de forma inalámbrica, y se ha propuesto una metodología de trabajo para el desarrollo de una solución que permita utilizar un dispositivo móvil (wearable) para captar señales que puedan ser presentadas en formato de examen clínico de EEG. Para esto la alternativa es tomar los datos obtenidos mediante Emokit del dispositivo EPOC Emotiv, y presentarlos en formato internacional 10-20 o similar. Es necesaria la definición de una metodología que permita subir dichos datos a un servidor en tiempo real, para que pueda ser accedida desde la red móvil por un especialista. Su implementación final y protocolos utilizados se consideran un trabajo paralelo que puede significar un complemento o continuación del presente.

En vistas del trabajo futuro, se puede en primer lugar esperar una demostración concreta del uso del sistema que permita corregir errores y refinar detalles respecto de su implementación, así como evaluar la calidad de los datos que se pueden obtener con este dispositivo, de la cual dependerá en gran parte el valor del examen médico que se pueda realizar.

En líneas generales, se considera que este tipo de desarrollos representan un avance en el aporte ingenieril al mundo de

la salud, en particular la salud mental y neurociencia, pues implica expandir las posibilidades que hoy existen para la evaluación de pacientes con epilepsia o similares, y permitir el consiguiente estudio de los datos adquiridos, que ayude a caracterizar y hallar mejores soluciones y tratamientos, contribuyendo a mejorar de forma sustantiva la calidad de vida de las personas afectadas por dichas patologías.

#### REFERENCIAS

- [1] Wittchen, H. U., et al. "The size and burden of mental disorders and other disorders of the brain in Europe 2010." *European Neuropsychopharmacology* 21.9 (2011): 655-679
- [2] Bloom DE, et al. "The global economic burden of noncommunicable diseases." Geneva, Switzerland: World Economic Forum; 2011
- [3] Mihajlovic, V., et al. "Wearable, Wireless EEG Solutions in Daily Life Applications: What are we Missing?" *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 19, No. 1, January 2015
- [4] Tang, x., et al. "Analysis of frequency domain of EEG signals in clinical location of epileptic focus." *Clin EEG Neurosci.* 2013 Jan;44(1):25-30. doi: 10.1177/1550059412451215. Epub 2012 Dec 17.
- [5] Cody Brocious (a.k.a. Daeken) "Emokit" <https://github.com/qdot/emokit>