

Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas utilizando el dispositivo Emotiv EPOC+

CHÁVEZ-SAENZ, Velia*†, TORRES-RAMÍREZ, Dulce, HERRERA-OGAZ, José y HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, Audiel.

Recibido Abril 28, 2016; Aceptado Junio 1, 2016

Resumen

En el presente artículo se muestra el procedimiento para la adquisición de señales electroencefalográficas, utilizando el dispositivo comercial Emotiv® EPOC+. La metodología aplicada consiste en realizar pruebas en 10 sujetos mediante una propuesta de entrenamiento utilizando estímulos visuales y auditivos, con el propósito de visualizar los distintos tipos de comportamientos en las señales adquiridas a través de los 14 canales del dispositivo. Una vez aplicado el estímulo, se analiza el comportamiento de las señales en el electroencefalograma obtenido y se sesga la señal con mayor excitación para realizar un estudio con base en la amplitud y así determinar qué tipo de estímulos generan mayor excitación. Como resultado, se presentan los distintos patrones identificados, así como las lecturas de amplitud de las señales.

Interfaz Cerebro Computador, Señales
Electroencefalográficas, Emotiv EPOC+,
Electroencefalograma

Abstract

On this article, the procedure of acquiring the signals is addressed, using the commercial device EMOTIV EPOC+. The methodology consists of tests in 10 subjects with a proposal for training using visual and auditory stimuli, in order to display the different types of behaviors in the acquired signals through the 14 channels of the device. Once applied the stimulus, the signal behavior is analyzed in the electroencephalogram obtained and the signal with major excitement is skewed to conduct a study based on the amplitude and determine what kind of stimuli generate more excitement. As a result, various patterns identified and readings signal amplitude is presented.

Brain computer interface, electro- encephalographic signals, Emotiv EPOC+, Electroencephalogram

Citación: CHÁVEZ-SAENZ, Velia, TORRES-RAMÍREZ, Dulce, HERRERA-OGAZ, José y HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, Audiel. Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas utilizando el dispositivo Emotiv EPOC+. Revista de Tecnología e Innovación 2016, 3-7: 107-118

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: velia_chavez@utcj.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El comportamiento del ser humano así como el de sus órganos, siempre ha sido objeto de estudio, es por eso que se puede inferir que el cerebro es uno de los órganos más importantes por su funcionamiento como unidad de control central y de proceso de datos del ser vivo. El interés por el funcionamiento de este órgano vital, ha crecido progresivamente en las últimas décadas debido a la complejidad de las funciones que realiza y a los adelantos logrados en los diferentes equipos de diagnóstico cerebral.

Para analizar el comportamiento del cerebro, es necesario medir la actividad que presenta ante distintas situaciones. Para esto existen distintas técnicas y dispositivos que en conjunto, permiten adquirir ese tipo de información. Una interfaz cerebro computador (ICC) o por sus siglas en inglés, *brain computer interface* (BCI), permite establecer una comunicación con una computadora a partir de actividad eléctrica cerebral sin la necesidad de ayuda de los nervios periféricos o de la actividad motora. Una vez adquirida la información, es necesario aplicar técnicas para el análisis de los datos.

El desarrollo de sistemas con la capacidad de adquirir y analizar las señales electromagnéticas emitidas por el cerebro, resulta bastante prometedor, debido al impacto que puede causar en personas con discapacidades motoras. Utilizar sistemas de este tipo, brindan la capacidad de controlar dispositivos, con tan solo el hecho de pensarlo.

En consecuencia, estos sistemas proponen mejorar la calidad de vida de este tipo de personas, dado que al utilizarlos se podría incrementar el nivel de independencia al realizar tareas como el control del cursor de una computadora, manejar una silla de ruedas y hasta controlar un automóvil (Chávez, Ramos, & Domínguez, 2014).

La propuesta en este artículo, es realizar una adquisición de señales electroencefalográficas (EEG) utilizando el dispositivo comercial Emotiv EPOC+, contribuyendo con un método de entrenamiento en el cual se presenta un estímulo visual y auditivo al usuario para que las señales se estabilicen y posteriormente presentar un estímulo visual para analizar el comportamiento de las señales, esto con el fin de sesgar aquella con mayor excitación y determinar el rango en micro voltios (μV) de su comportamiento.

El problema central, es la variación en el comportamiento de las señales dependiendo el usuario al cual se esté aplicando la prueba. Para tratar de generar patrones y así estudiar distintos casos, se aplicaron pruebas a una muestra de 10 personas. La hipótesis de esta investigación se centra en que: al presentar un estímulo visual asociado a una dirección específica, por ejemplo, una flecha apuntando a la derecha, el usuario relacionará este estímulo al realizar un movimiento a la derecha y así obtener al menos una señal que tendrá un comportamiento distinto a las demás.

Los estímulos visuales utilizados específicamente fueron: una flecha con dirección hacia arriba, hacia abajo, hacia la izquierda y hacia la derecha.

Este documento está organizado de la siguiente manera. Se comienza con un marco conceptual para definir los términos que serán utilizados a lo largo del documento. Posteriormente se presenta la selección de una muestra de la población donde se describen los detalles de los sujetos de prueba. Seguido a esto, se presenta el software utilizado para adquisición y análisis de las señales. En la siguiente parte se presenta la conexión con el dispositivo y seguido a esto las pruebas realizadas comenzando con la de relajación y después las pruebas con estímulos visuales. Para cerrar se presentan los agradecimientos, conclusiones y bibliografía.

Marco Conceptual

Electroencefalograma

El electroencefalograma o EEG, es una prueba que se usa para estudiar el funcionamiento del sistema nervioso central, concretamente de la actividad de la corteza del cerebro. Consiste esencialmente en registrar mediante electrodos especiales las corrientes eléctricas que se forman en las neuronas cerebrales y que son la base del funcionamiento del sistema nervioso (Sanei, 2013).

Ondas cerebrales

Todas las ondas cerebrales poseen amplitud y frecuencia, las cuales se miden en ciclos por segundo y en micro voltios, estos últimos representan el voltaje de dichas ondas.

Se ha comprobado que hay una relación existente entre la frecuencia, el voltaje y la amplitud de las ondas cerebrales con los distintos estados de conciencia.

Los tipos de onda según su voltaje y frecuencia se muestran en la Tabla 1.

Tipo de Onda	Voltaje	Frecuencia	Estado Mental
Delta	10-50 μ V	0.5 – 4 Hz	Hipnótico, meditación.
Theta	10-100 μ V	4 – 7.5 Hz	Vigilia, plenitud, armonía.
Alfa	100-150 μ V	8 – 13 Hz	Relajación, tranquilidad, relajación.
Beta	150-200 μ V	14 – 26 Hz	Alerta máxima, vigilante.
Gamma	+200 μ V	+ de 30 Hz	Estado de estrés y confusión.

Tabla 1 Tipos de onda (Sanei, 2013).

Emotiv EPOC+

El equipo Emotiv EPOC+ (Figura 1a), es un sistema de detección neuroeléctrica que capta y amplifica ondas cerebrales generadas por diferentes “acciones” mentales. Este dispositivo es capaz de obtener las señales de los 14 canales: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4, basándose en el sistema internacional 10-20, el cual es un método aprobado para describir la ubicación de electrodos en el cuero cabelludo, para el registro del EEG, tal como se muestra en la Figura 1b.

Este dispositivo también maneja un filtro para frecuencias de 0.2 a 45 Hz, el cual puede tomar hasta 128 muestras por segundo en cada canal (EMOTIV, 2016).

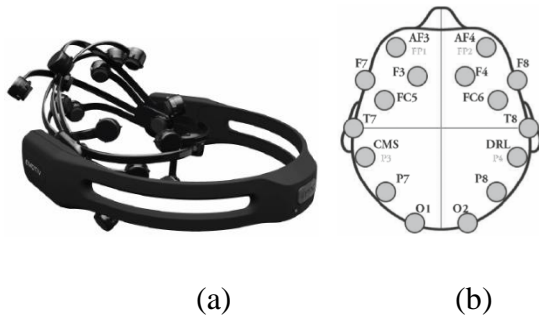


Figura 1 (a) Emotiv EPOC+ (EMOTIV, 2016), (b) Sistema de posicionamiento 10-20 (Monge & Aracena, 2015).

Este dispositivo incluye 16 sensores que están compuestos de una capa de fieltro, los cuales tienen como base un contacto chapado en oro como se muestra en la Figura 2a. Estos sensores están montados en plástico de manera que es posible realizar su ensamble de manera sencilla.

Para establecer una buena conducción entre el sensor y cuero cabelludo, es necesario realizar un proceso de hidratación, este consiste en saturar los sensores con solución salina de manera que el fieltro quede completamente empapado de la solución como se muestra en la Figura 2b. Para evitar derrames, la solución fue aplicada a los sensores por medio de una jeringa de uso común.

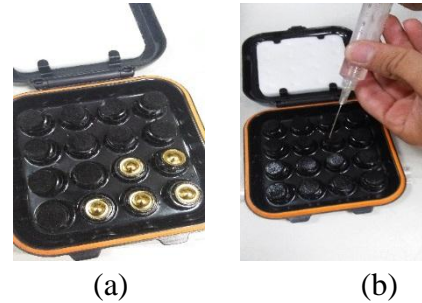


Figura 2 (a) Sensores Emotiv. (b) Proceso de hidratación.

Selección de una muestra de la población

En esta etapa de la investigación, se estableció contemplar una muestra de la población de 10 sujetos, obedeciendo un criterio de que el 50% sean género femenino y el 50% de género masculino. A su vez se seleccionaron personas de distintas edades en cada subgrupo, con el objetivo de analizar el comportamiento de las señales, en el rango más amplio posible de la población.

En la Tabla 2 se presentan los datos tomados en cuenta para la selección del grupo de sujetos de prueba de género femenino y en la Figura 3 se presentan los sujetos de prueba del 1 al 5, en orden de aparición según la Tabla 2.

Sujeto #	Edad (años)	Ocupación
1	12	Estudiante
2	19	Estudiante
3	21	Estudiante
4	30	Profesionista
5	48	Profesionista

Tabla 2 Datos de sujetos de prueba, género femenino.



Figura 3 Sujetos de prueba género femenino

En la Tabla 3 se presentan los datos de los sujetos de prueba género masculino y en la Figura 4 los sujetos de prueba en orden de aparición según la Tabla 3.



Figura 4 Sujetos de prueba género masculino.

Sujeto #	Edad (años)	Ocupación
6	9	Estudiante
7	17	Estudiante
8	23	Estudiante
9	35	Comerciante
10	61	Profesionista

Tabla 3 Datos de Sujetos de prueba género femenino.

De aquí en adelante se presentarán a los sujetos por el número asignado en las Tablas 2 y 3, resaltando que del #1 al 5 son de género femenino y del #5 al 10 de género masculino.

Software para adquisición y visualización de las señales

Dentro de las herramientas que Emotiv provee con la diadema EPOC+, se encuentra el kit de desarrollo de *software* (SDK) Emotiv Xavier. Para este proyecto se utilizaron las siguientes plataformas:

1. Emotiv Xavier *Control Panel*, versión 3.3.2
2. Emotiv Xavier *Test Bench*, versión 3.1.20

El *control panel* permite visualizar al usuario el estatus de comunicación entre la diadema y la computadora, así como el estatus de conexión de cada uno de los 14 canales de adquisición de señales.

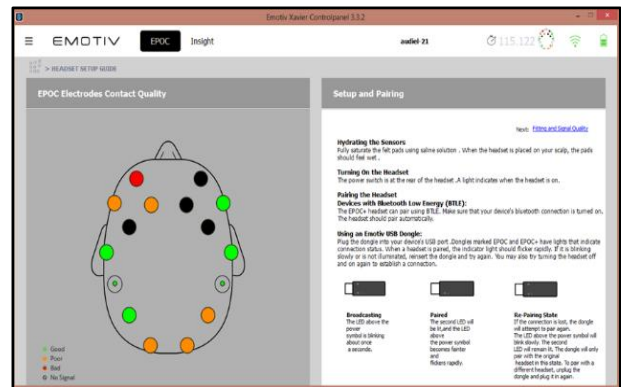


Figura 5 Emotiv Xavier Control Panel.

El *test bench* es la plataforma donde es posible visualizar en tiempo real las señales adquiridas y donde el encargado de adquirir las señales puede establecer los parámetros de adquisición.



Figura 6 Emotiv Xavier Test Bench.

Conexión del dispositivo

La primera etapa para la adquisición de las señales consiste en la de colocación de la diadema en el sujeto de prueba para establecer conexión entre el dispositivo y la computadora, vía bluetooth. Para comenzar a visualizar las señales en los 14 canales, es necesario lograr que los sensores tengan un contacto directo con el cuero cabelludo hasta lograr una conexión exitosa. La calidad de conexión de cada uno de los canales puede visualizarse en el *Control Panel* del software tal como se mostró en la Figura 5. Este proceso varía en cada uno de los sujetos dependiendo distintas variables, por ejemplo cantidad de cabello que tiene la persona, hidratación en los sensores y colocación correcta del sensor. En la Tabla 4 se presentan los tiempos obtenidos de conexión con cada uno de los sujetos.

Sujeto #	Tiempo de conexión	Estado de conexión
1	5:22 Minutos	Exitosa
2	8:00 Minutos	Exitosa
3	2:26 Minutos	Exitosa
4	3:25 Minutos	Exitosa
5	6:00 Minutos	Exitosa
6	4:35 Minutos	Exitosa
7	0:42 Segundos	Exitosa
8	3:00 Minutos	Exitosa
9	4:29 Minutos	Exitosa
10	1:00 Minuto	Exitosa

Tabla 4 Tiempos y estado de conexión.

Como es posible ver en la Tabla 4, los tiempos de conexión disminuyen considerablemente a partir del sujeto #6. Esto se debe a que comúnmente las mujeres tienen más cabello que los hombres. Al realizar la conexión exitosamente, es posible comenzar con la adquisición de las señales por medio de las pruebas propuestas.

Pruebas de relajación

Una vez que se comenzó con la adquisición de las señales, se visualizó que al colocar inicialmente la diadema en los sujetos de prueba, las señales tenían una tendencia a ser inestables y por lo tanto eran difíciles de estudiar. Ante esta problemática, surge la necesidad de establecer una prueba de relajación.

Esta prueba consiste en lograr que el sujeto de prueba pueda llegar a un estado de relajación en el cual no exista ninguna distracción para así lograr que las señales se puedan estabilizar en la menor amplitud posible.

Las herramientas utilizadas para llegar a la relajación de los sujetos de prueba en este caso fueron:

1. Pantalla en blanco.
2. Video de relajación.

La pantalla en blanco fue aplicada al sujeto #8. Los resultados iniciales al colocar la diadema se muestran en Figura 7, donde es posible visualizar que las señales se adquieren con distintos comportamientos los cuales se consideran inestables. Una vez que se mostró una pantalla blanca por 5:00 minutos, las señales se estabilizaron completamente, tal y como se muestra en la Figura 8.

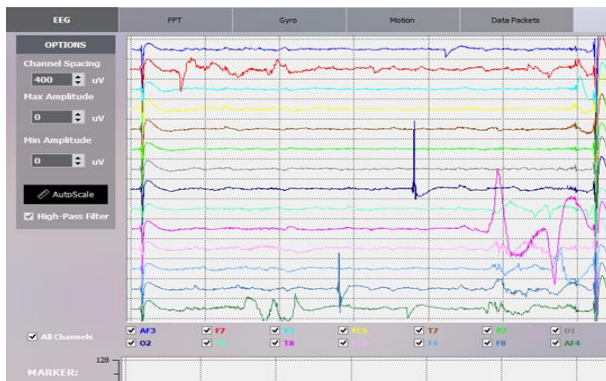


Figura 7 Señales inestables obtenidas del sujeto #8.

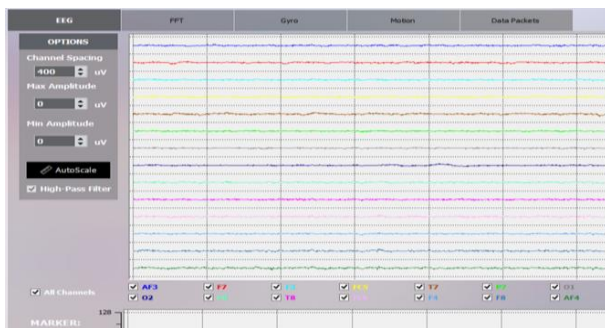


Figura 8 Señales obtenidas luego de aplicar prueba de relajación al sujeto #8.

El resto de los sujetos de prueba fueron sometidos a la prueba de relajación utilizando un video con duración de 3 minutos en el cual se visualizan peces nadando en un estanque como se muestra en la Figura 9 y se reproduce un sonido relajante.



Figura 9 Video presentado para la prueba de relajación (Milleaccendini, 2012).

Como muestra del resultado, se presenta la prueba aplicada al sujeto #5, donde al igual que en el caso pasado se obtuvieron los resultados esperados. En la Figura 10 es posible visualizar las señales inestables antes de aplicar la prueba y en la Figura 11 las señales con un comportamiento estable.

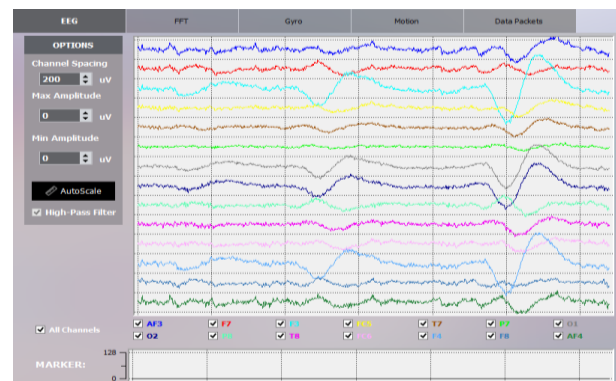


Figura 10 Señales inestables obtenidas del sujeto #5.

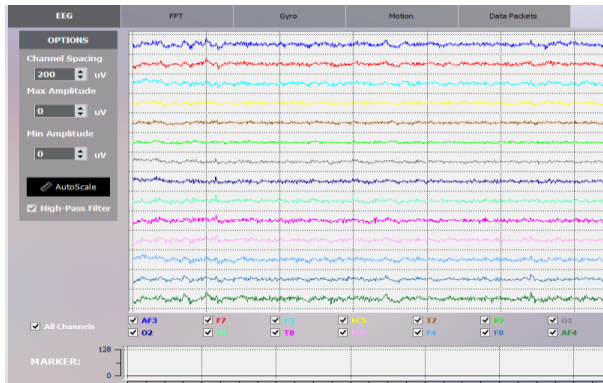


Figura 11 Señales obtenidas luego de aplicar prueba de relajación al sujeto #5.

Los resultados en el resto de los sujetos se consideraron exitosos debido a que después de los 3:00 minutos de duración del video, las señales lograron estabilizarse.

Pruebas con estímulos visuales

Esta prueba consiste en mostrarle al sujeto un estímulo visual (flechas: arriba, abajo, izquierda, derecha) cinco veces cada una, con el fin de analizar cada uno de los canales y su respectiva señal para observar si alguna de estas es excitada al momento en que se le presenta el estímulo al sujeto.

La metodología para realizar el análisis de las señales consistió en aplicar el estímulo visual a la persona para ver el comportamiento de todas las señales. Una vez que se aplicó cinco veces el estímulo, se analizó en cual o cuales de las señales hubo una mayor excitación. Al determinar cuál es el canal con mayor actividad, se sesga la señal y se determina gráficamente la amplitud del pico en μV , esto con el fin de cuantificar el comportamiento y de establecer diferencias entre los picos generados cada vez que la persona visualiza las flechas hacia distinta dirección.

Los resultados al aplicar esta prueba fueron muy variados. Sin embargo los más sobresalientes se presentaron al aplicar la prueba al sujeto #8, por lo tanto a continuación se presenta evidencia de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos con este sujeto.

En la Figura 12 se presenta una muestra de los cinco electroencefalogramas obtenidos con el sujeto #8 una vez que se aplicó el estímulo de flecha hacia arriba.

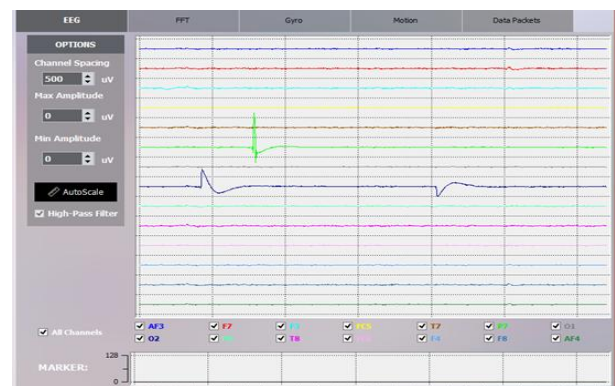


Figura 12 Electroencefalograma en el momento que se presentó la flecha hacia arriba al sujeto #8.

Al analizar el electroencefalograma completo, es posible observar que las señales que se excitaron al momento de ver la flecha hacia arriba fueron las de los canales **P7** y **O2**. Siendo estas las mismas señales que mostraron un comportamiento distinto en las 5 muestras, por lo tanto se prosiguió a sesgar las señales de estos dos canales para determinar su amplitud como se muestra en la Figura 13.

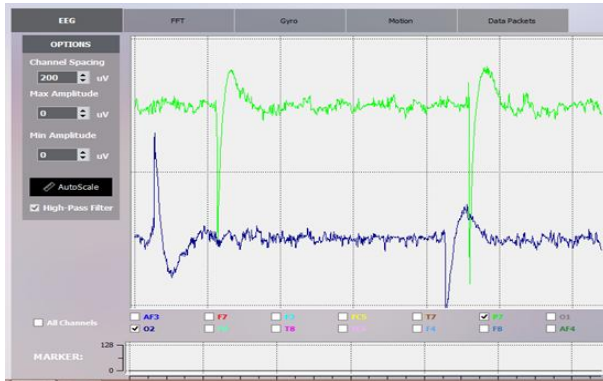


Figura 13 Señales sesgadas luego de presentar flecha hacia arriba.

Al analizar estas dos señales por separado es posible observar que la señal **P7** maneja una amplitud de (-60 a 20 μV). Cabe mencionar que la unidad de medida de manera vertical en la pantalla es de 40 μV .

El siguiente paso de la prueba es mostrar la flecha hacia abajo, en este caso igual se presenta una muestra de los 5 electroencefalogramas obtenidos luego de mostrar el estímulo visual al sujeto #8 (Figura 14).

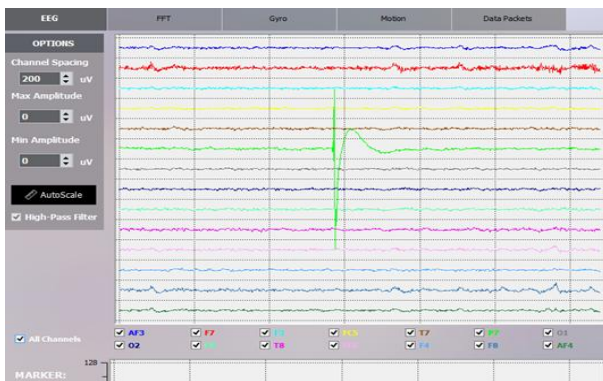


Figura 14 Electroencefalograma en el momento que se presentó la flecha hacia abajo al sujeto #8.

Al analizar los 5 electroencefalogramas, nuevamente se presentó una excitación en la señal del canal **P7** al momento de presentar el estímulo por lo que se estudió la señal por separado (Figura 15).

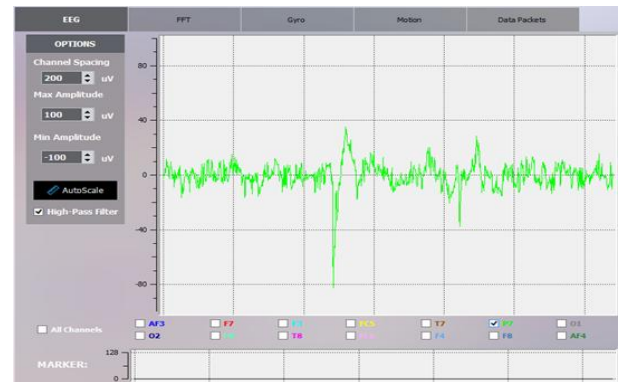


Figura 15 Señal sesgada luego de presentar flecha hacia abajo.

En este caso la onda generada va desde -80 a 40 μV . En las muestras obtenidas ante la flecha con dirección a la izquierda, la señal que manifestó cambios fue la **P7** (Figura 16), generando una onda con una amplitud que va desde -100 a 100 μV (Figura 17).

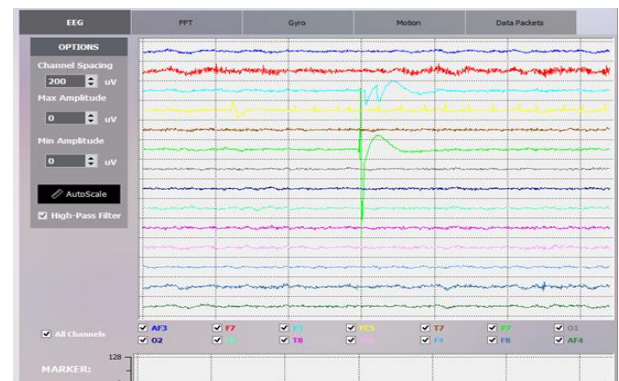


Figura 16 Electroencefalograma en el momento que se presentó la flecha hacia la izquierda al sujeto #8.

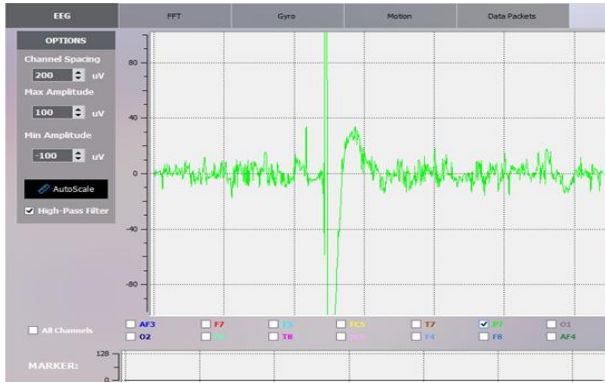


Figura 17 Señal sesgada luego de presentar flecha hacia la izquierda.

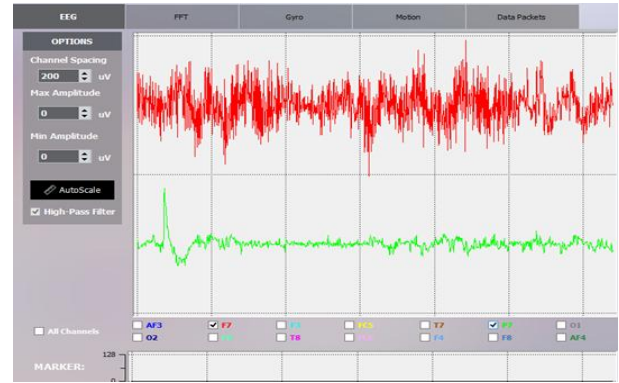


Figura 19 Señales sesgadas luego de presentar flecha hacia la derecha.

Los resultados obtenidos al momento de mostrar el estímulo visual con la flecha a la derecha se hicieron presentes en las señales obtenidas a través de dos canales, en el **P7** generando una onda con una amplitud que va desde -20 a 40 μV y en el **F7** (Figura 18), generando también una onda con una amplitud de -40 a 40 μV (Figura 19). Estas dos señales están ubicadas en el hemisferio izquierdo.

Los resultados de las pruebas aplicadas a todos los sujetos se presentan en la Tabla 5.

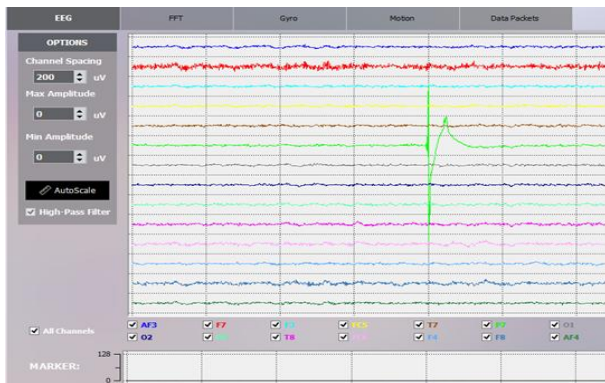


Figura 18 Electroencefalograma en el momento que se presentó la flecha hacia la derecha al sujeto #8.

Sujeto #	Señal	↑ (μV)	↓ (μV)	← (μV)	→ (μV)
1	F4	-290 a 60	-290 a 80	-70 a 110	-290 a 150
2	T7	-40 a 80	-70 a 120	-40 a 70	-40 a 60
3	O1	-60 a 160	-40 a 170	-50 a 190	-60 a 180
4	F8	-40 a 70	-50 a 60	-60 a 90	-80 a 50
5	P8	-300 a 300	-80 a 80	-40 a 40	-50 a 300
6	F8	-120 a 170	-200 a 300	-80 a 160	-240 a 170
7	F4	-60 a 80	-240 a 120	-160 a 120	-40 a 40
8	P7	-60 a 20	-80 a 40	-100 a 100	-20 a 40
9	O1	-40 a	-80 a	-40 a	-80 a

		40	80	40	90
10	F4	-200 a 120	-40 a 50	-160 a 220	-170 a 160

Tabla 5 Rango de valores obtenidos en μV .

Como es posible visualizar en la Tabla 5, los canales que se activan en cada uno de los sujetos de prueba varían, siendo los más constantes el **F4** y el **F8**. En la Tabla 5 se tomó en cuenta aquel canal en donde la señal presento mayor actividad (picos) en la mayoría de las 5 pruebas de cada sujeto, para así determinar el rango en μV que gráficamente fue posible observar.

Por otra parte y con un enfoque directamente en los estímulos, se presenta en la Tabla 6, donde se analizaron en términos generales todos los resultados y se obtuvo que los canales a través de los cuales se obtuvieron señales con mayor actividad fueron los **F4**, **F8** y **T7**. Como es posible observar, a pesar de que el canal **F4** está presente dos veces, el rango en μV es distinto, por lo que sería posible utilizar estos parámetros para un condicionamiento distinto en el caso de una aplicación práctica.





Estímulo visual	Señal	Promedio (μV)	Tipo de onda
	F4	-40 a 80	Theta
	F8	-40 a 80	Theta
	F4	-100 a 120	Alfa
	T7	-80 a 50	Delta

Tabla 6 Resultados en promedio.

Agradecimientos

Se agradece a las personas que formaron parte de la muestra de población para llevar a cabo las pruebas así como a las personas que formaron parte del equipo trabajo para llevar a cabo esta investigación. Un agradecimiento especial a Edgar Fernando Mendez Martínez y Christian Pérez Klapez. De igual forma se agradece al PRODEP por financiar este proyecto con número de oficio NÚM/SA-013/2016.

Conclusiones

Se ha presentado una propuesta para realizar la adquisición y análisis de señales electroencefalográficas, basándose en una propuesta de aplicación de pruebas de relajación para la preparación de las señales y así posteriormente presentar estímulos visuales (flechas).

La hipótesis planteada al inicio del proyecto fue comprobada debido a que sí se presenta actividad una vez que un sujeto visualiza el estímulo visual propuesto, sin embargo los resultados obtenidos varían en cuanto al canal de las señales que se excitan. Fue posible observar que el sujeto de prueba #8, fue quien presentó resultados más constantes respecto a la actividad de las señales sobre un mismo canal, esto se puede asociar a que esta persona realizó las pruebas en más de 5 ocasiones, por lo tanto puede considerarse había sido parte de un previo entrenamiento.

Como trabajo futuro de este proyecto, se propone realizar la conexión del dispositivo con el *software* Labview, para así adquirir directamente la señal y poder manipularla para comenzar a utilizar intervalos que puedan condicionar el accionamiento de algún dispositivo externo, por ejemplo los motores de una silla de ruedas automática o cualquier otro dispositivo que pueda brindar autonomía a las personas que padecen alguna discapacidad motriz.

Referencias

Chávez, V., Ramos, E., & Domínguez, A. (2014). Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas. *Congreso Universitario 2014*, 320-325.

EMOTIV. (2016, Julio 16). *Emotiv EPOC Specifications 2014*. Retrieved from EMOTIV: <https://www.emotiv.com/files/Emotiv-EPOC-Product-Sheet-2014.pdf>

Jurcak, V., Tsuzuki, D., & Ippeita, D. (2007). 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: Their validity as relative head-surface-based positioning systems. *NeuroImage*, 1600-1611.

Milleaccendini. (2012, Abril 12). *YouTube*. Retrieved from <https://youtu.be/VIrBecB746c>

Monge, S., & Aracena, D. (2015). Control de movimiento robótico con detección cognitiva y facial mediante Emotiv EEG. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* 23 (4), 496-504.

Sanei, S. (2013). *Adaptive processing of brain signals*. Surrey: Wiley.