

APLICACIÓN DEL CASCO NEURONAL EMOTIV EPOC Y VISUALIZACIÓN DE UN GRAFOELEMENTO DEL RITMO Mu (μ) EN PERSONAS CON PARALISIS CEREBRAL.

APPLICATION OF THE NEURONAL HELMET EMOTIV EPOC AND VISUALIZATION GRAPHOELEMENT OF Mu (μ) IN PEOPLE WITH CEREBRAL PALSY.

¹Joan Sebastian Bustos Miranda
Ingeniería Electrónica. ECBTI. UNAD.

²Ruth Esther Martinez
Unidad Socio Humanística. ECSAH. UNAD.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia,
Colombia

¹joan.bustos@unad.edu.co

²ruth.martinez@unad.edu.co

³Juan Camilo Giraldo Cardona
Estudiante Psicología

Escuela de Ciencias Sociales, Artes y
Humanidades ECSAH. UNAD

⁴ Luisa Fernanda González Cárdenas
Estudiante Psicología

Escuela de Ciencias Sociales, Artes y
Humanidades ECSAH. UNAD

Universidad Nacional Abierta y a Distancia,
Colombia

³jcgiraldoc@unadvirtual.edu.co

⁴lfgonzalezcar@unadvirtual.edu.co

Resumen - Este artículo presenta los resultados de investigación, la cual consistió en la implementación de la metodología fijación cruz, esta fue adaptada con señales auditivas de 1Khz y una animación visual para ser utilizada como estímulo de actividad sensoriomotriz, con la finalidad de que el participante tuviera la intención de movimiento o generara el movimiento de una extremidad, para este caso la mano derecha. Las señales electroencefalográficas son capturadas por medio de un casco neuronal Emotiv EPOC de 16 canales y visualizada por una interfaz gráfica. Las pruebas se realizaron en una cámara Guesell donde se garantizó el aislamiento a interferencias no fisiológicas y distracciones del participante. Se tomaron como referencia a 12 personas con parálisis cerebral pertenecientes a una asociación de padres de familia de las ciudades Pereira y Dosquebradas - Risaralda. La investigación inició con la selección de los participantes con edades comprendidas entre los 12 a 40 años, luego se analizaron y se presentaron los protocolos, los requerimientos técnicos y el consentimiento informado para hacer la captura de las señales electroencefalográficas. Se finalizó con el procesamiento de 194.820 datos por persona lo cual generó grafoelementos del ritmo Mu (μ) por medio de la interfaz

desarrollada bajo el entorno Guide de Matlab.

El resumen debe tener como mínimo 200 palabras y como máximo 300 palabras y no puede contener ecuaciones, figuras, tablas ni referencias. Debe relatar concisamente lo que se ha hecho, cómo se ha hecho, los resultados principales y su relevancia.

Palabras clave— Cascos neuronales, electroencefalograma, electrocorticograma, interfaces cerebro computador, grafoelemento, señales neuroeléctricas.

Abstract— This article presents the results of research, which consisted in the implementation of cross fixation methodology, this was adapted with 1Khz auditory signals and a visual animation to be used a stimulus of sensorimotor activity, in order that the participant had the intention to move or generate the movement of a limb, in this case the right hand. EEG signals are captured by helmet neuronal Emotiv EPOC of a 16-channel and displayed by a graphical interface. The tests were carried in a Guesell chamber where isolation from non-physiological interferences and participant distractions was guaranteed. 12 people with cerebral palsy belonging to an association of parents from the cities Pereira and Dosquebradas - Risaralda were taken as reference. The research began with the

selection of the participants aged between 12 and 40 years, then the protocols, technical requirements and informed consent were analyzed and presented to capture the EEG signals. The processing of 194,820 data per person was completed, which generated graph elements of the rhythm Mu (μ) through the interface developed under Matlab's Guide environment.

Keywords— brain computer interfaces, Neural, brain helmets, electroencephalogram, electrocorticogram, grafoelement, neuroelectric signals.

I. INTRODUCCIÓN

Las señales neurológicas permiten registrar la actividad eléctrica cerebral mediante electrodos ubicados en el cuero cabelludo o en la corteza cerebral. Dentro de las técnicas actuales para la toma de señales neuroeléctricas, se cuenta con el electroencefalograma (EEG) y el electrocorticograma (ECoG), el EEG es una técnica no invasiva y el ECoG es una técnica que requiere de un procedimiento quirúrgico para ubicar los electrodos en la corteza cerebral. Para el desarrollo del proyecto se utilizó la técnica EEG por medio del casco neuronal Emotiv Epoc de 14 canales, el cual utiliza el sistema internacional 10-20 para el posicionamiento superficial de los electrodos. Se utilizó un estímulo visual y auditivo para ser implementado en personas con parálisis cerebral con la finalidad de registrar las señales eléctricas provenientes del movimiento o no movimiento de una extremidad (Acción motora). Por cada persona se procesaron 194.820 datos correspondientes a señales del ritmo Mu (μ), con el propósito de visualizar 12 grafoelementos en un tiempo aproximado de 47 segundos.

El artículo desarrolla en sus diversos apartados, el planteamiento del problema, el marco teórico, en la cual se contextualiza al lector sobre la electroencefalografía, los tipos de onda, Interfaces cerebro computador, casco neuronal Emotiv Epoc, aplicación del estímulo auditivo y visual para la acción motora y

visualización de grafoelementos mediante el entorno Guide de Matlab. En los apartados finales, se abordan la solución propuesta y los resultados; reflejando en ellos el alcance logrado con ideas conclusivas y proyección de trabajos futuros que se pueden desarrollar a partir de esta investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La parálisis cerebral afecta el movimiento y la postura, además de ser considerada como una enfermedad motriz de origen cerebral, sus síntomas difieren en el tipo y la gravedad de una persona a otra. Algunas personas con parálisis cerebral pueden tener asociadas otros trastornos médicos como retraso mental, convulsiones, visión o audición deteriorada y sensaciones o percepciones físicas anormales.

De allí la necesidad de indagar a través de estímulos físicos y sensoriales, qué tipo de interacciones pueden darse en el cerebro de personas con esta condición al llegar dichos estímulos por medio del BCI y cuáles respuestas a cada uno de ellos.

Mediante la implementación de la tecnología BCI Emotiv se pretende medir, identificar y caracterizar las señales bioeléctricas alfa precentral o alfa rolándico, también conocidas como ritmo mu.

Desde esta perspectiva, los investigadores formularon la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo reconocer grafoelementos mediante una interface BCI con la finalidad de identificar respuestas a estímulos físicos y sensoriales de una persona con parálisis cerebral?

III. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan conceptos y definiciones que permite al lector comprender la temática empleada para el desarrollo del presente artículo.

Electroencefalografía

La electroencefalografía es una disciplina la cual se lleva a cabo en forma ordenada, racional y metódica, siendo propia del método científico. Se define como el registro gráfico de la actividad eléctrica cerebral desde el sistema nervioso central, obteniendo dicho registro desde el cuero cabelludo mediante el posicionamiento de electrodos de manera superficial en específicas zonas de la cabeza, de manera electrónica y computarizada. Llamando al resultado final después de la recolección de datos; Grafoelemento: “Se denominó grafoelemento a la actividad eléctrica cerebral registrada a través del electroencefalógrafo, la sucesión de estos grafoelementos y el conjunto de actividades registradas en los diferentes canales dan origen a un Electroencefalograma.” [1]. El análisis de los resultados obtenidos se realiza mediante la observación y comparación metódica de los datos resultantes. Gracias a la observación; se pueden clasificar los electroencefalogramas como normal o anormal, dependiendo del paciente.

La referencia [3] explica que: “El origen de la señal eléctrica está en las células piramidales de la corteza cerebral. Cada una de dichas neuronas constituye un diminuto dipolo eléctrico, cuya polaridad depende de que el impulso a la célula sea inhibitorio o excitatorio”. Es decir, la señal eléctrica proviene del fondo del cerebro y se distribuye a lo largo de su estructura mediante las neuronas, el impulso eléctrico puede ser tanto inhibitorio (bloquea) como excitatorio (abre), esto dependiendo de la respuesta del cerebro hacia un estímulo del ambiente. Esta actividad eléctrica es constante y se mide en microvoltios. A nivel cerebral la suma de una mayor o menor cantidad de neuronas activas (actividad eléctrica cerebral). Existen y se trabaja con cinco tipos de ondas eléctricas básicas, se mencionan a continuación: Ondas Delta, Ondas Theta, Ondas Alfa, Ondas Beta y Ondas Gamma.

Continuando con la referencia anterior [2], exponen que: “El EEG realiza el estudio y análisis de los campos eléctricos cerebrales, tales

como; topografía, polaridad y su variación espacial temporal. Mediante la amplificación de la diferencia de potencial entre los electrodos receptores de la señal. Pueden estar situados en el cuero cabelludo (EEG estándar, no invasivo), en la superficie cortical; electrocorticografía (EEG cortical, también llamado ECoG) o intracerebrales (EEG de profundidad).

Las características de estas técnicas de captura de señales son: El EEG estándar es una exploración indolora, no invasiva, de bajo coste, que puede ser de gran utilidad en la práctica clínica. Se realiza colocando electrodos de superficie adheridos al cuero cabelludo por un gel conductor. Los electrodos se posicionan de acuerdo al sistema internacional 10-20. Cada derivación o canal de registro, mide la diferencia de voltaje entre dos electrodos (uno es el activo y otro el de referencia). Lo habitual es que se usen de 16 a 24 derivaciones en cada montaje.” Ésta fue la técnica trabajada durante los estudios realizados. Por otra parte; “El uso de electrodos invasivos (ECoG & EEG de profundidad) permite estudiar en detalle áreas cerebrales en ocasiones de difícil acceso como la superficie mesial del lóbulo temporal (electrodos nasofaríngeos, electrodos esfenoideos, del foramen oval, temporales anteriores, entre otros).” [4]. Obteniendo así, mejores resultados comparados con los del método estándar.

El electroencefalograma es una herramienta de relativa antigüedad con un gran impacto en la medicina y sus diversas ramas; “Esta ha sido, a lo largo de la historia, y es; actualmente, una herramienta de gran ayuda utilizada para el campo clínico en el diagnóstico y seguimiento de diversas patologías; como pueden ser la epilepsia, las encefalopatías, alteraciones del estado de conciencia, infecciones del Sistema Nervioso Central (SNC), etc.” [5].

En la actualidad según la referencia que se viene citando [6], “Los aparatos utilizan amplificadores digitales. La señal analógica está en completo desuso, por las grandes ventajas que el EEG digital aporta entre las que destacan la facilitación de la adquisición, análisis y almacenamiento de la señal y la posibilidad de

modificar, tanto durante la grabación, como a posteriori, parámetros como filtros, sensibilidad, tiempo de registro y montajes.” Lo que facilita en gran medida el manejo de los datos obtenidos, haciendo así más cómodo y efectivo el estudio de los resultados.

Tipos de onda

La actividad eléctrica cerebral puede ser registrada mediante el casco neuronal Emotiv Epoc y un software de manejo de datos, la información obtenida se representa a través de ondas; en el punto anterior se mencionaron las ondas, aquí se explicarán detalladamente.

La referencia [7] menciona que, “Las propiedades básicas de estas ondas cerebrales son: frecuencia y potencia; Se llama frecuencia al número de ondas que se registran en un segundo; se mide en ciclos por segundos o Hertzios. La potencia se refiere a la altura que adquiere cada onda en el registro; la potencia se mide en microvoltios”, es decir: “La frecuencia de las neuronas se mide en segundos y se refiere a la cantidad de veces por segundo que se activan y transmiten información a la siguiente. Al mismo tiempo, la potencia se refleja como la suma de una mayor o menor cantidad de neuronas activadas en un determinado momento” [8].

Teniendo en cuenta la frecuencia de los datos obtenidos, la actividad eléctrica se puede clasificar mediante cinco tipos de ondas eléctricas básicas, como ya se mencionó anteriormente. Estas son presentadas en la siguiente tabla:

TIPO DE ONDA	FRECUENCIA EN HZ	UBICACIÓN	PRODUCIDAS EN	POTENCIA/AMPLITUD	ESTADO MENTAL
Delta (δ)	0,5 - 4	Hemisferio cerebral derecho.	Todas las personas, especialmente en la infancia, principalmente en niños menores de tres meses.	Variable, mayor de 50 μ V	Estado hipnótico, sueño profundo y meditación.
Theta (θ)	4 - 7	Fronto-central (entre los hemisferios izquierdo y derecho.)	Todas las personas, especialmente en niños, quienes tienen mucha más actividad de ondas theta en comparación con los adultos.	Mayor de 40 μ V o menor de 15 μ V si tiene un buen ritmo Alfa.	Estado de estrés y frustración
Alfa (α)	7 - 12	Occipital	Todas las personas.	15 μ V sujeto a variedades del paciente. (edad, densidad ósea, etc.)	Estado de relajación y actividad mental leve.
Beta (β)	13 - 39	Parietal y frontal	Todas las personas.	5 - 30 μ V	Estado de vigilia, plena actividad mental, alerta máxima o miedo.
Gamma (γ)	30 - hacia arriba		Todas las personas.		Procesos de comunicación y sincronización entre zonas neuronales. Es decir; procesos de actividades mentales complejas.
Mu (μ)	8 - 13	Zona sensoriomotora (unión lóbulo parietal y frontal)	Todas las personas		Se manifiestan durante el movimiento o intento de movimiento de extremidades (Similares a las ondas Alfa.)

Tabla 1. Tipos y Características de Ondas.

Como se observa en la tabla 1, las ondas están medidas por un rango de Hz situados en diferentes estándares, además tienen su punto de origen en diversas áreas del cerebro (Ubicación). Se mencionan también algunas características básicas de cada una de ellas, tales como su amplitud y el medio (condiciones donde se producen).

Interfaces cerebro computador

La referencia [9] expone que; “[...] recientemente la tecnología de interfaces cerebro-computador, es usada como un soporte físico para traducir

nuestras intenciones en interacción con el mundo real. Usualmente esta tecnología se describe por su nombre en inglés Brain-Computer Interface (BCI).” Así, “Una interfaz cerebro – computador (BCI, Brain-Computer Interface) es un sistema que permite la conexión entre un sujeto a partir de la actividad eléctrica cerebral (sin necesidad de actividad motora) y un computador. Este sistema detecta la presencia de patrones específicos en la actividad cerebral y mediante algoritmos de clasificación traduce estos patrones en comandos de control.” [10].

Más específicamente se podría definir como: “Un sistema de ingeniería capaz de traducir nuestras intenciones en interacción real con un mundo físico virtual. El funcionamiento básico de una BCI es medir la actividad cerebral, procesarla para obtener las características de interés, y una vez obtenidas interaccionar con el entorno de la forma deseada por el usuario.” [11].

Casco Neuronal Emotiv Epoc

La aplicación del Emotiv Epoc como un método de captura para las señales encefalográficas por medio de pensamientos evocados y acciones motoras en personas con parálisis cerebral, permite comprender un poco más cómo las interfaces neuronales funcionan, logrando establecer contacto directo entre el dispositivo tecnológico y la estructura neurológica de cada persona, con el fin de registrar las señales bioeléctricas del cuerpo y la exaltación de señales provenientes del movimiento o no de una extremidad. Una interfaz cerebro computador consta de electrodos (elemento encargado de obtener la actividad bioeléctrica), conexiones internas (cableado), una unidad de procesamiento para la adquisición de datos y en algunos casos una unidad controladora.

En relación a lo anterior, la implementación de esta tecnología puede constituir un avance en varias escalas formativas, cuyo beneficio no se dirige únicamente al programa de ingeniería, sino que compromete otras áreas diversas del conocimiento tanto del arte como de la

psicología y la medicina, que se vuelven un apoyo fundamental a la hora de interpretar en un lenguaje diferente la obtención de los resultados, puesto que el ejercicio está dirigido y diversificado en varias partes, que a su vez componen un mejor desarrollo sobre la muestra inicial de abordaje y aprendizaje.

IV. SOLUCIÓN PROPUESTA

Solución implementada en hardware:

Para este proyecto se empleó el EEG EMEmotiv Epoc de 14 canales, el cual está diseñado para la investigación escalable y contextual del cerebro humano y las aplicaciones avanzadas de interfaz cerebro-computador la cual proporciona acceso a datos cerebrales de grado profesional con un diseño rápido y fácil de usar.



Figura 1. Dispositivo EEG móvil Emotiv Epoc + 14 canales. Obtenido de:

<https://www.emotiv.com/epoc/>

Este dispositivo se compone de 14 canales: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4. Tiene dos referencias, CMS / DRL en P3 / P4; alternativa al proceso mastoideo izquierdo/derecho. El sensor está diseñado con almohadillas de fieltro empapadas en solución salina. En cuanto a su conectividad se puede hacer de manera inalámbrica por medio de bluetooth, también cuenta con un receptor USB patentado con una banda de 2.4 GHz y una USB para cambiar la configuración de los auriculares. Utiliza un Conversor Análogo Digital (ADC) con un método de muestreo secuencial ADC simple; cuya velocidad es de 2048 intervalos disminuidos entre 128 SPS o 256 SPS según la preferencia. Teniendo una resolución de 14 bits con 1 LSB = 0.51 μ V (ADC de 16 bits, piso de ruido

instrumental de 2 bits descartado), o 16 bits estos también según la preferencia. [12].

Solución implementada en la aplicación del estímulo auditivo y visual para la acción motora con técnica fijación Cruz.

Partiendo de los planteamientos [13] sobre los estímulos, es importante en este apartado desde su concepción, afirmar que éstos son un conjunto de acciones tendientes a proporcionar el desarrollo máximo en una persona de su potencial bio-psico-social, con el fin de que se dé una relación de interacción con su entorno.

Desde sus estudios precisa en que se deben tener en cuenta a la hora de gestar un proceso de estimulación características como: 1) proponer ejercicios significativos. 2) presentarlos como metas a alcanzar. 3) alentar al participante a la superación tanto de éstos como de sus limitaciones personales. 4) propiciar un ambiente apropiado. 5) incentivar su autoconfianza para el desarrollo de cada ejercicio y 6) incrementar paulatinamente tanto la complejidad de los ejercicios como la estimulación para alcanzarlos. [14].

Con base a estos presupuestos, la técnica utilizada fue la fijación cruz adaptada. Con nuestros participantes se hizo a través de estímulos visuales y auditivos reproducidos en una pantalla de televisión, donde debían ejecutar la acción indicada.

La prueba se realizó en una cámara Guesell con la finalidad de aislar las señales electroencefalográficas a interferencias externas y al participante a distracciones que afecten el desarrollo de la prueba.

Para realizar la aplicación de estímulo auditivo y visual en personas con parálisis cerebral se llevó a cabo un trabajo de inmersión y preparación de 8 meses, en el cual se explicó a las personas objeto de estudio y a los cuidadores las pruebas ha realizar. Se utilizaron diferentes estímulos visuales, auditivos y sensoriales con la finalidad de reconocer los estímulos a los cuales la mayoría de personas con esta condición

respondían de manera adecuada. También se realizaron prototipos físicos de cascos neuronales con el objeto de habituar a las personas sobre su uso y las posibles incomodidades que se podrían presentar al momento de la prueba.



Figura 2. Prototipos físicos

Secuencia de aplicación de los estímulos:

Cada prueba tuvo una duración de 20 segundos, los primeros 4 segundos corresponden a la preparación, a los 3 segundos se reproduce un tono de 1Khz 70ms indicando a la persona que se prepare para realizar la acción visual y auditiva que se le indicará. A los 5 y 6 segundos aparecerá en un televisor una señal visual y auditiva que indica a la persona una acción motora (levantar mano). En los segundos del 5 al 9 La persona realizará una tarea mental. En los segundos 10 y 11 se reproduce un tono de 1Khz 70ms en cual indica que la prueba ha terminado. Y del segundo 12 al 20 es un periodo de descanso.

Preparación				Tarea mental					Pausa		Descanso			
1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	9s	10s	11s	12s	13s	20s
		Tono		Señal visual y auditiva					Tono					

Figura 3. Tiempo de prueba

Cabe resaltar que, por la condición de discapacidad de los participantes, se creó un apoyo visual y auditivo dentro de la prueba que les facilitara la comprensión del ejercicio y lo ejecutaran de acuerdo al tiempo e indicaciones de la misma.

El estímulo auditivo se aplicó a 12 personas con parálisis cerebral, cada sesión se repitió 17 veces a cada persona con la finalidad de realizar pruebas de repetitividad en cada una de las sesiones para su posterior análisis de información.

De los 12 participantes solamente 2 personas (16,7%) no necesitaron del estímulo auditivo para desarrollar la prueba.

Solución implementada en software: Interfaz Gráfica

La interfaz gráfica desarrollada en el entorno Guide de Matlab permite visualizar grafoelementos del ritmo Mu (μ) de una persona, procesando 194.820 datos para visualizar 12 grafoelementos en un tiempo aproximado de 47 segundos. En un computador MacBook Pro 2,3 GHz Intel Core i5 de dos núcleos. Memoria de 8GB 2133Mhz. Tarjeta gráfica Intel Iris Plus Graphics 640 1536MB.

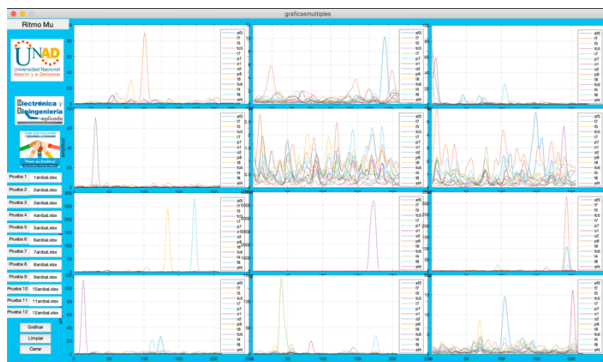


Figura 4. Interfaz gráfica. Visualización de 12 grafoelementos.

V. RESULTADOS

Según los resultados encontrados se logró establecer que el casco neuronal comercial más apropiado para realizar capturas de señales electroencefalográficas en personas con parálisis cerebral es el Emotiv Epoc de 14 canales, comparado con el NeuroSky y el Open BCI, lo anterior debido a su usabilidad, fácil conexión con el ordenador y poca pérdida de información en la transmisión de datos.

La selección de este dispositivo antes mencionado, facilitó adquirir la data de diferentes personas con parálisis cerebral. El acoplamiento de los electrodos del casco neuronal presenta mayor dificultad en las mujeres debido a la cantidad de cabello y se hace necesario verificar la calidad de conexión y

aplicar constantemente solución salina. Es necesario realizar un proceso de inmersión y preparación con cada una de las personas con parálisis cerebral, tener en cuenta sus características cognitivas y sensoriales y adaptar la aplicación del estímulo auditivo y visual para la acción motora según cada persona. También, es necesario adecuar el espacio físico donde se desarrollarán las pruebas, tener las condiciones de iluminación, sonoridad y temperatura ambiente adecuado. Igualmente, seguir las recomendaciones del cuidador. Las pruebas siempre se desarrollaron con el consentimiento informado.

El 83,3% de participantes en condición de parálisis cerebral necesitó del estímulo visual y auditivo para realizar la prueba, solo el 16,7% logró hacer la prueba solamente con el estímulo visual.

El 100% de los participantes requirió un proceso de inmersión para poder acoplar la tecnología y realizar las pruebas sin contratiempos.

Se adquirieron 2.337.840 datos para su posterior análisis. El desarrollo de la interfaz gráfica por medio del entorno Guide de Matlab, permitió visualizar grafoelementos de manera simultánea para una sola persona, logrando procesar 194.820 datos para visualizar 12 grafoelementos en un tiempo aproximado de 47 segundos. Sin embargo, la velocidad de procesamiento de datos varía según las características técnicas del computador.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos de los autores a los facilitadores de la institución Tecnoparque SENA nodo Risaralda, por su alianza y apoyo comprometido con la participación en la inmersión y el préstamo de sus instalaciones con el equipo requerido para llevar a cabo esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Martínez Barros, M. I., & Trout Guardiola, G. (1). Conceptos básicos de electroencefalografía. *Duazary*, 3(1), 18 - 23. <https://doi.org/10.21676/2389783X.602>

[2] – [6] Ramos Argüelles, Morales, Egozcue, Pabón y Alonso (2009), “Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas.” An. Sist. Sanit. Navar. Vol. 32, núm.3 [Consultado: 27 de septiembre de 2019]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s3/original6.pdf>

[7], [8] Sciotto y Niripil (2014), “Ondas cerebrales, conciencia y cognición.” [Consultado: 27 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55478964/03-Ondas_cerebrales_conciencia_y_cognicion.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DONDAS_CEREBRALES_CONCIENCIA_Y_COGNICION.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190927%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190927T024054Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=8346f97f1adb60417ddc319e2c2ec43731c58b3303f121f13ad898ae1228ef54

[9], [11] Minguez Javier. (2012), “Tecnología de Interfaz Cerebro - Computador” [Consultado: 01 de octubre de 2019]. Disponible en: http://webdiis.unizar.es/~jminguez/Sesion001_UJI.pdf

[10] Bashashati, Fatourechi y Ward. (2007), “Survey of signal processing algorithms in brain computer interfaces based on electrical brain signals. Journal of Neural Engineering,” vol. 4, pp. R32- R57, 2007 [Consultado: 01 de Octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17409474>

[12] Emotiv Epoc. (2019). Características Técnicas [Consultado: 01 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.emotiv.com/product/emotiv-epoc-14-channel-mobile-eeg/#tab-description>

[13] - [14] Antolín, M. (2004), Como Estimular el Desarrollo del Niño y Despertar sus Capacidades. Ed. Cadiex. Montevideo Argentina. 2004.

Autores

¹Juan Sebastian Bustos Miranda
Ing. Electrónico. Esp. Educación Superior
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería.
ECBTI. UNAD

²Ruth Esther Martinez
Licenciada en Filosofía y Ciencias Religiosas. Esp.
Dificultades del Aprendizaje Escolar
Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades.
ECSAH. UNAD.

³Juan Camilo Giraldo Cardona
Estudiante Psicología
Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades
ECSAH. UNAD

⁴ Luisa Fernanda González Cárdenas
Estudiante Psicología
Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades
ECSAH. UNAD

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia