

# Detección de Anomalías con Muse 2016, Python y Pandas

M. en C. Edgar Corona Organiche\*, Dr. Abraham Jorge Jiménez Alfaro\*, Dra. Griselda Cortés Barrera\*, Ing. Miguel Ángel Sánchez Hernández\*\* e Ing. Elizabeth Juárez Robles



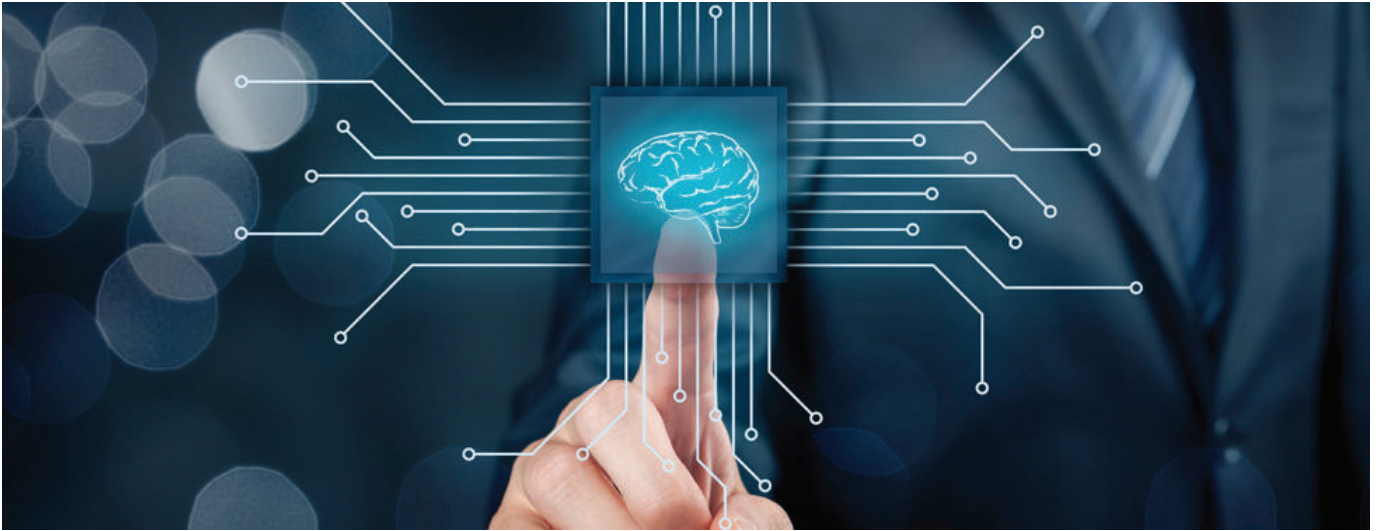
## Acerca de los autores...

\* Personal Académico del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

\*\* Personal Académico de la Facultad de Estudios Superiores Aragón.

## Resumen

La Interfaz Cerebro-Computadora (Brain-Computer Interfaz, BCI, por sus siglas en inglés), es un sistema de comunicación que no depende de músculos o nervios periféricos, únicamente del monitoreo de los cambios en la actividad cerebral. Éstos se reflejan en las señales eléctricas que se producen en el mismo, llamadas electroencefalogramas (EEG), las cuales se pueden interpretar y utilizar



para generar instrucciones que se envíen a diferentes dispositivos para que realicen alguna tarea específica. El objetivo de este trabajo es detectar en los EEG anomalías (alteraciones en las señales EEG) de una persona al momento que pierde la atención, es decir, la capacidad de seleccionar la información recibida a través de los sentidos, que le permita controlar y dirigir los procesos mentales. Ello requiere que constantemente se estén monitoreando las ondas alfa presentes en las señales EEG. Un medio para adquirirlas, es a través de la diadema comercial MUSE 2016, que registra varias ondas, entre ellas, las ondas alfa. El procesamiento de dichas señales es offline y mediante la interpretación de gráficos generados por el módulo de Pandas de Python. El análisis de las gráficas permite observar patrones que reflejan la pérdida de atención de cinco personas de edades que oscilan entre los diez y treinta y cinco años. El identificar estas anomalías en las señales EEG, a través de los patrones que presentan las ondas alfa, para la pérdida de atención, permitirá crear instrucciones que se dirijan a un dispositivo con una tarea específica a desarrollar.

**Palabras Clave** – Anomalías, BCI, EEG, MUSE 2016, Pandas.

## **Abstract**

*The Brain-Computer Interface (BCI) is a communication system that does not depend on muscles or peripheral nerves, only on monitoring changes in brain activity. These are reflected in the electrical signals that are produced in it, called electroencephalograms (EEG), which can be interpreted and used to generate instructions that are sent to different devices to carry out a specific task. The objective of this work is to detect anomalies in the EEG (alterations in the EEG signals) of a person at the moment he loses attention, that is, the ability to select the information received through the senses, which allows him to control and direct the mental processes. This requires that the alpha waves present in the EEG signals are constantly being monitored. One way to acquire them is through the commercial headband MUSE 2016, which records several waves, including alpha waves. The processing of these signals is offline and through the interpretation of graphs generated by the Python Pandas module. The analysis of the graphs allows us to observe patterns that reflect the loss of attention of five people aged between ten and thirty-five years. Identifying these anomalies in the EEG signals, through the patterns that the alpha waves present, for the loss of attention, will allow the creation of instructions that are directed to a device with a specific task to be developed.*

**Keywords** - Anomalies, BCI, EEG, MUSE 2016, Pandas.

## Introducción

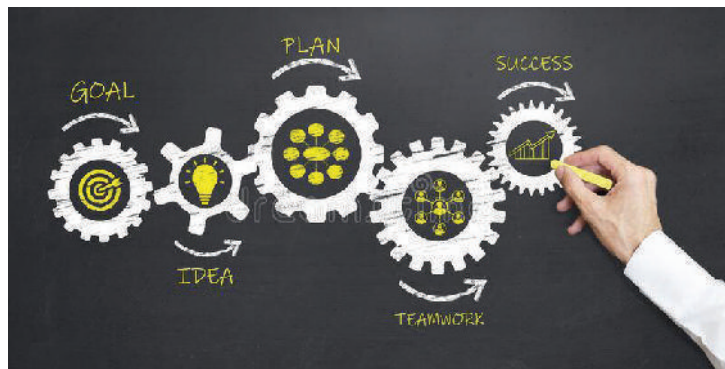
A lo largo de la historia, el ser humano ha buscado una forma de comprender cómo trabaja el cerebro humano; en 1924 Hans Berger creó un dispositivo integrado por electrodos que se colocan sobre el cuero cabelludo aunado a un galvanómetro para la detección de ondas cerebrales, es decir, el registro de potenciales eléctricos de la actividad cerebral; hoy, a estas actividades cerebrales se les conoce como electroencefalogramas (EEG), y su registro y análisis abre un nuevo camino para la creación de una Interfaz Cerebro-Computadora (Brain-Computer Interface, BCI, por sus siglas en inglés).

En la última década, los análisis de las señales EEG han tomado mucha importancia, con la finalidad de poder interpretar el comportamiento, aparentemente aleatorio, de las señales asociadas a las ondas cerebrales y poder entender que les ocurre a las mismas ante los estímulos externos, la pérdida de concentración, accionamientos cognitivos, enfermedades neurológicas, etcétera. Una de las razones es poder utilizar este entendimiento para generar sistemas embebidos que permitan el diseño de dispositivos para controlar, manipular y/o automatizar dispositivos (llamados BCI) que apoyen al ser humano con ciertas capacidades diferenciadas para desarrollar actividades que normalmente no pueden.

Para el diseño de BCI, actualmente se utilizan diferentes clasificadores basados en técnicas de *machine learning* o de lógica difusa, principalmente. Aunque el problema principal está en el proceso que se sigue para extraer las características de las señales EEG, para ello se han utilizado técnicas de Transformada Rápida de Fourier (FFT), que permite obtener la potencia de las señales de frecuencia obtenidas, las cuales permiten generar señales de control que conllevan a generar señales de control simples. Un procedimiento más eficaz, es el uso de *wavelents*, que son representaciones integrables reales o complejas de funciones por series ortogonales que conllevan a una transformación de tiempo-frecuencia, lo cual permite realizar una separación de las señales que se producen de forma cognitiva con las debidas a eventos externos.

Uno de los métodos que mejor han dado resultado, es el uso de la transformada de Hilbert-Huang aplicando Modelos Empíricos de Descomposición (EMD), que permite obtener fases y frecuencias instantáneas, así como funciones intrínsecas que al combinarse con técnicas de *machine learning* como son las máquinas de soporte vectorial los clasificadores resultantes suelen ser muy rápidos y altamente efectivos.

En este documento se analizan los EEG, principalmente las ondas alfa que se obtienen de la diadema MUSE 2016, para detectar comportamientos en la señal que indiquen cuándo una persona mantiene la atención y el momento en que la pierde, con el fin de poder encontrar anomalías en la lectura de las ondas alfa aplicando análisis de *wavelents*.





## Metodología y Desarrollo

El proceso de detección de anomalías se realiza considerando las siguientes cuatro fases: 1) Adquisición de las señales de los EEG. 2) Registro de la señal, 3) Almacenamiento de la señal, 4) Decodificación de las ondas alfa y detección de las anomalías, ver Figura 1 a).

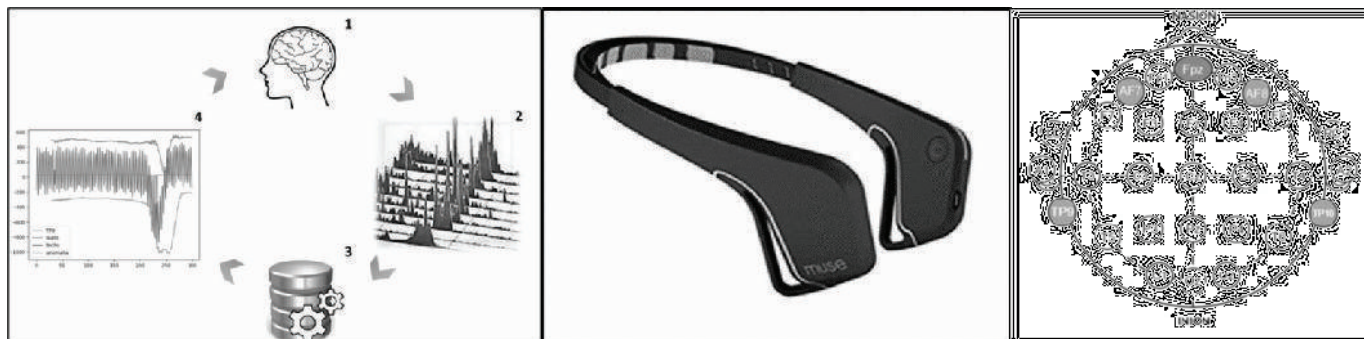


Figura 1

### Proceso de adquisición de señales

La adquisición de los EEG se hace con la diadema MUSE 2016, como se muestra en la Figura 1 b); manda la información de las ondas cerebrales por medio de conexión Bluetooth versión 4 BTLE (Bluetooth Low Energy), de 4 a 5 canales EEG, a 256Hz, con 12bits de resolución, con un rango de entrada 2mV, dando 128 muestras/segundo.

Las señales alfa, beta, delta, gama y theta, gozan de diferentes frecuencias y amplitudes, la Tabla 1, muestra estas características.

TABLA 1  
FRECUENCIA DE LAS ONDAS CEREBRALES

Señal	Frecuencia (Hz)	Actividad
Alfa	9-14	Relajación e intuición
Beta	15-40	Pensamientos comunes, resolución de problemas matemáticos, atención y concentración
Delta	1-4	Regeneración de tejidos
Gamma	40-100	Gran actividad cerebral
Theta	5-8	Meditación profunda y creatividad

MUSE 2016 respeta el protocolo internacional 10-20, que define los porcentajes 10 y 20 de distancia en la que se deben colocar los electrodos entre sí, en la parte frontal, occipital, de lado derecho e izquierdo del cráneo. La configuración de los

a) Diagrama general para el proceso de detección de anomalías; b) MUSE 2016, y c) Protocolo 10-20 adaptada de <http://storage.googleapis.com/choosemuse/BlackFridayBanner/muse-black.png>

electrodos facilita el procesamiento de las señales, ofrece una cobertura adecuada de la superficie del cráneo y es felxible para colocar más electrodos, respetando el marco establecido, ver Figura 1 c).

Es compatible con los sistemas operativos Windows, Linux y Mac; su conjunto de herramientas son factibles con IOS y Android. Cuenta con una batería de Li-Lon que soporta un máximo de 10 horas; su tiempo de recarga lenta es de 2.5 horas y la carga rápida de 1.5 horas (Chooseemuse, 2017).

## Registro de la señal

La diadema MOUSE 2016 se conecta vía bluetooth con el equipo de computo y dadas las características de la misma se tiene que contar con Bluetooth 4, para que puedan ser registradas las señales que emite ésta. La Figura 2 muestra el proceso que se sigue para registrar la señal.

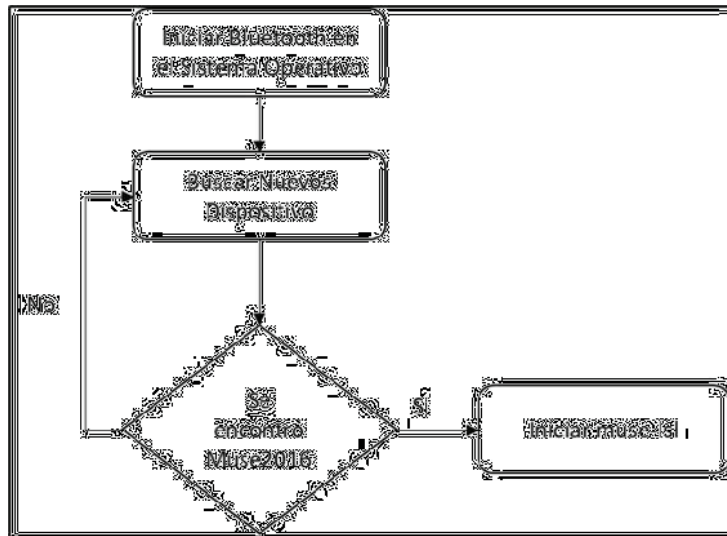


Figura 2

Registro de la Señal.

El programa muse-lsl.py abre la conexión y genera un hilo que constantemente envía las muestra que recibe de la diadema; si es para Linux, será en el puerto serial hci0. Establecida la comunicación, se utiliza el programa muse-viewer.py para visualizar la información que proporciona la diadema; la Figura 3 muestra el flujo que se sigue.

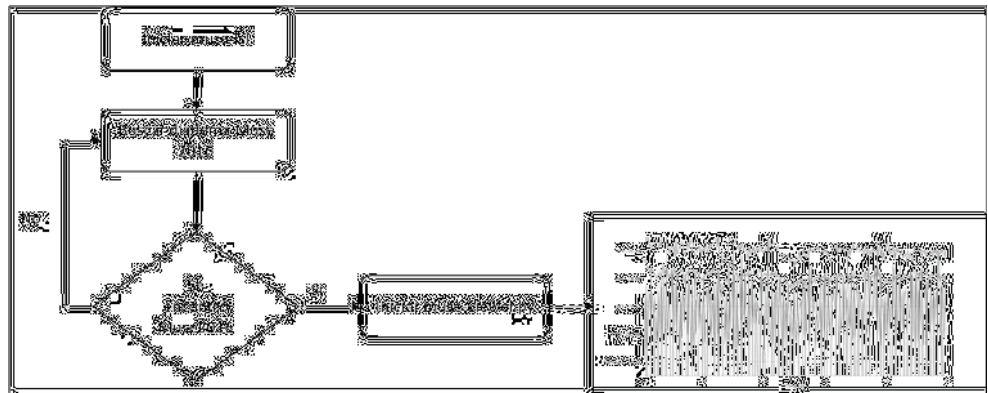


Figura 3

Registro de canales de la MUSE 2016I

## Almacenamiento de la señal

Se integra un módulo MUSE (muse-lsl) a Python. La salida es un archivo csv; su estructura se ve en la Figura 4.

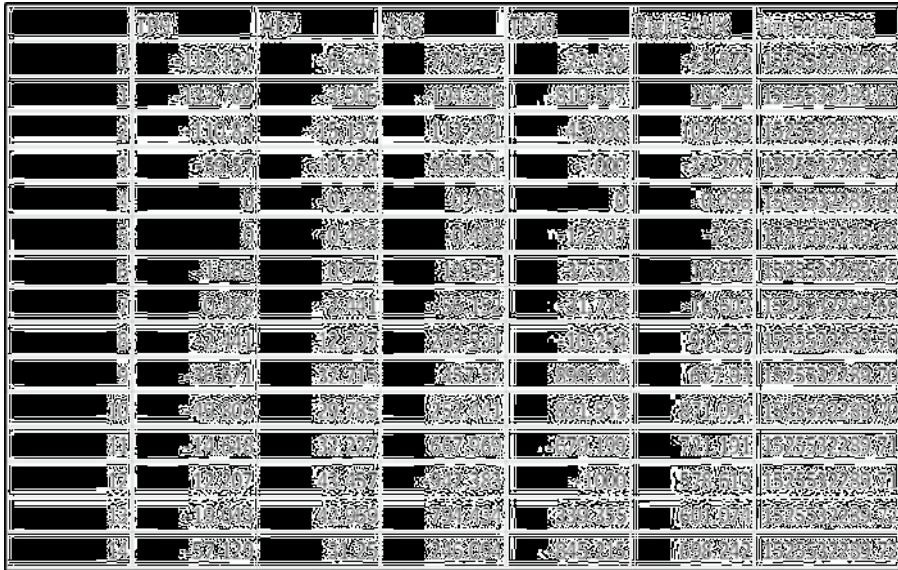


Figura 4

Estructura del Archivo csv.

Los datos se registran en el módulo de Pandas, descartando las columnas AF7, AF8, TP10, ight AUX y timestamps y se toma solo TP9, que corresponde a las señales alfa, que permiten monitorear el nivel de relajación e intuición de un individuo. Para este trabajo, se considera como anomalía la variación de la señal cuando la persona pierde su atención. Para poder determinar un patrón en la variación de la señal que indique el momento en que una persona pierde la atención, requiere que constantemente se estén monitoreando las ondas alfa.

## Decodificación de las ondas alfa y detección de las anomalías

Las ondas alfa proporcionan las características útiles para la detección de pérdida de atención, debido a que se bloquean al abrir los ojos o realizar esfuerzos mentales; su amplitud por lo general es menor a  $50\mu\text{V}$ . El electrodo TP9 registra estas ondas alfa, y para el presente trabajo, se modificó el programa muse-viewer.py, a fin de que solo este canal se pueda visualizar, como se observa en la Figura 5.

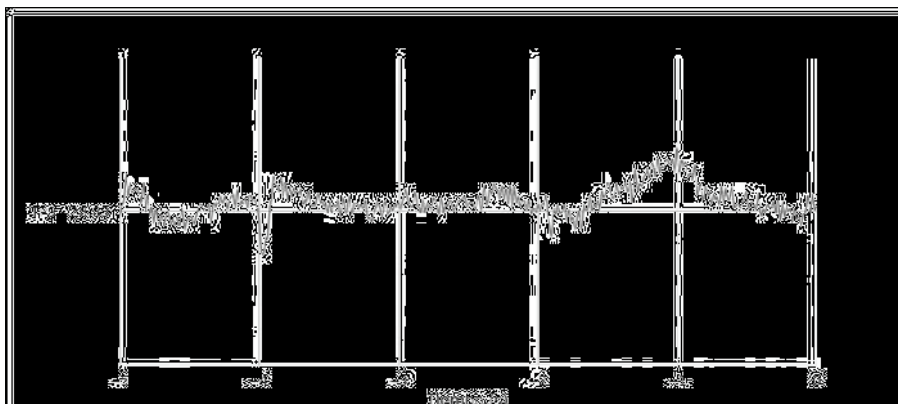


Figura 5

Canal TP9, ondas alfa.

Para decodificar la señal, se programa una función que mire una ventana de tiempo; cada 300 datos, los analiza y verifica si presentan un comportamiento normal o hay una variación de señal que indique pérdida de atención. En el presente análisis se toma la desviación estándar para la ventana, conjuntamente con dos sigma para determinar si hay anomalías dentro de la ventana de tiempo.

La Figura 6 muestra del lado izquierdo una señal que no presenta anomalías y la del lado derecho sí las tiene, para dos ventanas de tiempo diferentes. En estos 300 datos, se establece el límite superior (techo) e inferior (suelo), y los datos que salen de ambos límites se toman como anomalías. En cada ventana se calcula la desviación estándar y dos sigma.

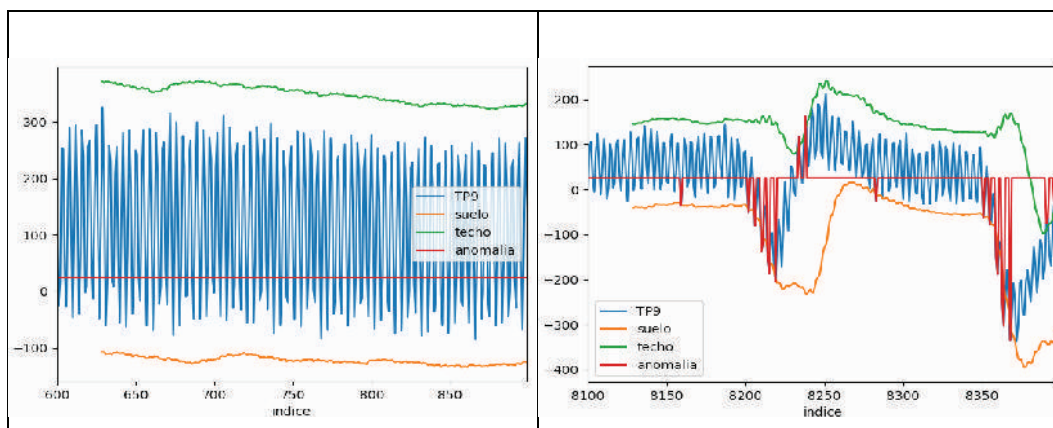


Figura 6

La figura del lado izquierdo es una señal que no presenta anomalías, la figura del lado derecho sí las posee.

El análisis de la señal consiste en crear un límite superior e inferior (región crítica), y todo lo que se encuentre fuera, es una anomalía, donde la persona perdió la atención. Para el cálculo del límite inferior (suelo), se toman 30 datos que se observan en la ventana, se calcula la media de esos 30 datos, se resta las  $n$  veces sigma que se defina, y se resta la multiplicación de sigma y la desviación estándar. Para calcular el límite superior (techo), se hace lo mismo, pero ahora se suma la multiplicación de sigma y la desviación estándar a la media de los 30 datos de la ventana.

## Resultados

Las pruebas se realizaron con cinco personas diferentes, con un promedio de edad entre 10 y 35 años; cada una se analizó offline, registrando su nivel de atención en un periodo máximo de 5 minutos, dado que el tamaño del archivo csv era considerablemente grande si se utilizaba un periodo mayor.

La detección de la no atención de una persona ocurre cuando se rebasa el límite superior (techo) o el inferior (suelo) o ambos. Se mantiene la atención si se encuentra dentro del techo y el suelo. La Figura 7 muestra la detección de atención de una persona de 10 años, la gráfica de la izquierda se encuentra dentro de la región crítica, y la de la derecha muestra que en un periodo pequeño pierde la concentración. La Figura 10 del lado derecho, es de una persona de 35 años, en ella se observa un cambio de atención muy abrupto, le cuesta trabajo lograr la atención y la pierde muy rápido.



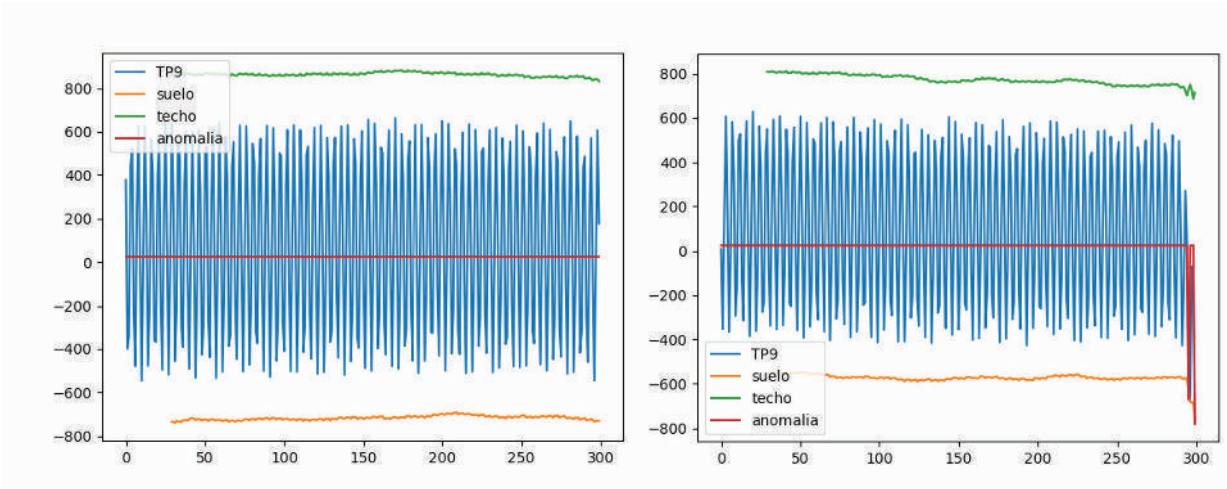


Figura 7

Registro de la atención y no atención de una persona de 10 años.

La Figura 8 corresponde a una persona de 28 años, el lado izquierdo muestra que su nivel de concentración no es tan uniforme como la del niño, pero sí constante; la gráfica de la derecha muestra una pérdida de atención, saliéndose de zona crítica, pero logrando recuperarla.

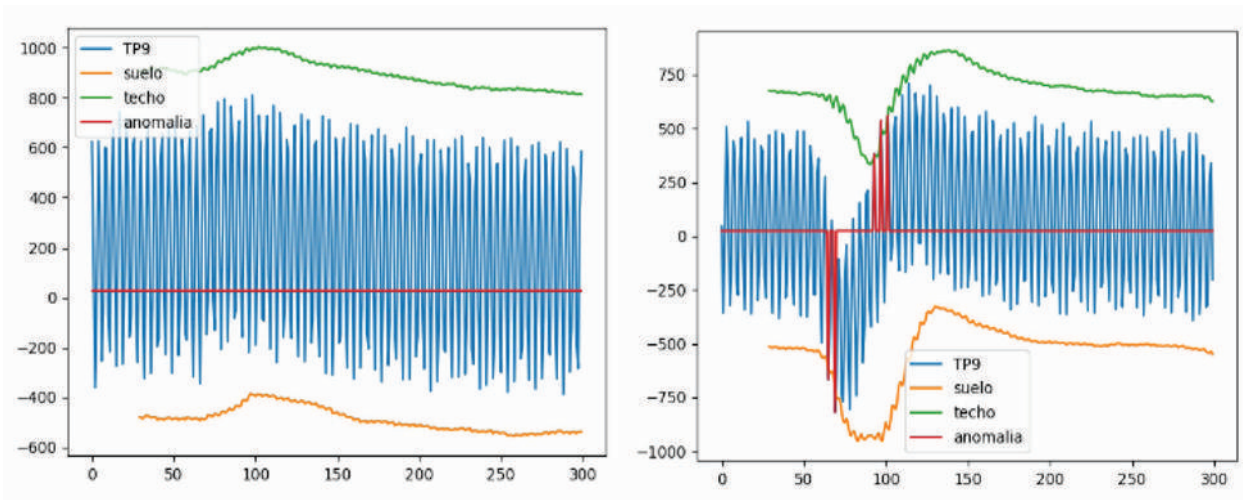


Figura 8

Registro de la atención (lado izquierdo) y no atención (lado derecho) de una persona de 28 años.

La Figura 9 es de una persona de 35 años, en ella se observa un cambio de atención muy abrupto en la gráfica del lado izquierdo; en la del lado derecho, se observa que le cuesta trabajo mantener la atención y la pierde muy rápido.



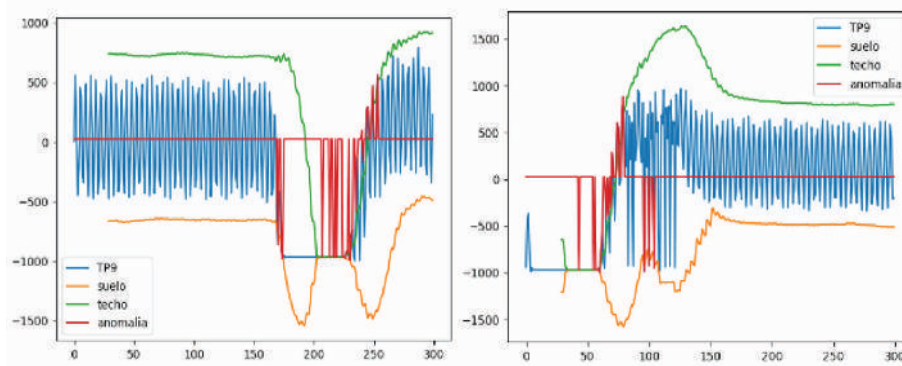


Figura 9

Registro de la atención (lado izquierdo) y no atención (lado derecho) de una persona de 35 años.

## Conclusiones

Para el análisis de las ondas alfa, se establece el concepto de anomalías como patrones que se salen de lo que definimos como comportamiento normal. Para determinar qué es un comportamiento normal, se utiliza estadística descriptiva, desviación estándar y dos sigma.

El proceso empleado ayuda a indicar que las anomalías son aquellas que están fuera de los límites que se determinan al utilizar la regla de dos sigma (techo-suelo); para encontrar la anomalía, se toman los datos que van por fuera del límite superior e inferior. Este razonamiento es debido a que cuando se parpadea, hay una interrupción abrupta de las ondas alfa.

Los resultados obtenidos permiten observar que entre mayor sea la persona, más trabajo se necesita realizar para mantener la atención de ésta. La importancia de este trabajo, radica en que sienta las bases para poder emplear inteligencia artificial en la detección de patrones de pérdida de atención o en la detección de patrones en las señales que produce el cerebro humano al momento de generar una instrucción. Es una primera fase para la implementación de un BCI, el cual tiene un camino amplio de aplicaciones, desde controlar dispositivos mecánicos, hasta manejar cualquier tipo de software (realidad aumentada).

## Referencias

A. A. Torres García. (2016). *Análisis y clasificación de electroencefalogramas (EEG) registrados durante el habla*, Coordinación de Ciencias Computacionales, Puebla, México.

A. Bedoya-Rojas, J. Giraldo-Leiva, (2013) *Interfaz cerebro computador basado en señales EEG para el control de movimiento de una prótesis de mano usando Anfis*, Lámpsakos, Medellín - Colombia.

B. V. d. M. d. Defensa, Ministerio de Defensa de España, (18 de mayo de 2020), <http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/registro.cmd?id=26099>  
barachant, a. (s.f.). <https://github.com/alexandrebarachant>  
F. Alarid-Escudero, D. Solís-Escalante y O. Yáñez-Suárez. (2007). Registro de señales de EEG para aplicaciones de Interfaz Cerebro Computadora (ICC) basado en Potenciales Evocados Visuales de Estado Estacionario (PEVEE), [https://www.researchgate.net/publication/278692399\\_Registro\\_de\\_senales\\_de\\_EEG\\_para\\_aplicaciones\\_de\\_Interfaz\\_Cerebro\\_Computadora\\_ICC\\_basado\\_en\\_Potenciales\\_Evocados\\_Visuales\\_de\\_Estado\\_Estacionario\\_PEVEE](https://www.researchgate.net/publication/278692399_Registro_de_senales_de_EEG_para_aplicaciones_de_Interfaz_Cerebro_Computadora_ICC_basado_en_Potenciales_Evocados_Visuales_de_Estado_Estacionario_PEVEE)

L. J. Gómez Figueroa, C. García García, R. Sataren Pazmiño (2016). *Análisis de señales EEG para detección de eventos oculares, musculares y cognitivos*, Universidad Politécnica de Madrid: Escuela Superior de Ingenieros Industriales.

MUSE, MUSE (20 de septiembre de 2020), [https://choosemuse.com/NeI\\_Quezada\\_Lucio](https://choosemuse.com/NeI_Quezada_Lucio). (2017). *Estadística con SPSS 24*, Editorial MACRO, Lima-Perú.

T. Talamillo García. (2011). *Manual básico para enfermeros en electroencefalografía*, Enfermería Docente, No.94, pp. 29-33.

Online Encyclopedia, People History. (19 de mayo de 2020), <http://www.encyclopedia.com/people/history/historians-miscellaneous-biographies/hans-berger#2830900386>.