



En este contexto, cabe mencionar que la neurociencia provee los conocimientos e instrumentos tecnológicos que facilitan el entendimiento de los procesos cerebrales que se presentan en el momento de realizar actividades cognitivas, con base en estos conocimientos el objetivo de esta investigación consiste en determinar las zonas cerebrales que se activan en el momento de realizar actividades mentales mediante el uso del electroencefalograma, para su cumplimiento se desarrolló una metodología que consistió en un proceso invasivo como es el caso de practicar electroencefalogramas a un grupo de diez directivos nacionales, quienes fueron sometidos a pruebas neurológicas en dos diferentes situaciones, la primera fue la situación normal en que se encontraban en el momento de realizar actividades cognitivas y la segunda situación consistió en realizar una estimulación negativa en los sujetos de estudio, esto con el fin de conocer la parte del cerebro que utilizan al momento de llevar a cabo actividades cognitivas.

Para su comprensión se incluye la revisión de la literatura donde se presenta la funcionalidad de la corteza cerebral, la evolución y uso del electroencefalograma, así como los resultados y conclusiones obtenidas.

## **Revisión de la Literatura**

### **Cerebro neocórtex o corteza cerebral**

Es la parte del encéfalo (Figura 1) que procesa el pensamiento, la visión, el lenguaje, la memoria y las emociones. Ocupa la mayor parte del espacio dentro del cráneo, pues da cuenta de cerca del 80 por ciento del peso del encéfalo humano y contiene aproximadamente el 70 por ciento de las neuronas del sistema nervioso central. Se encuentra por encima y alrededor del núcleo central y el sistema límbico (Toro & Yepes, 2018).

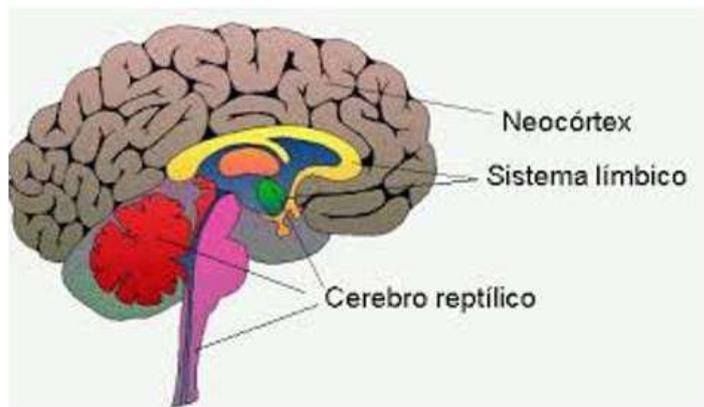


Figura 1. Estructura cerebral

Fuente: <http://solucionproblemathelight.blogspot.es/tags/cerebro-triuno/>

Es el cerebro pensante, este nivel cerebral es la sede del pensamiento y de las funciones cognitivas más elevadas, como el razonamiento abstracto y el lenguaje. Contiene los centros que interpretan y comprenden lo que se percibe a través de los sentidos y añade a los sentimientos lo que se piensa sobre estos. Es la parte exterior del cerebro y desde el punto de vista evolutivo la más reciente, se encuentra involucrada en las actividades de percepción sensorial, actividades motoras voluntarias, almacenamiento de distintos tipos de memoria, actividad consciente, etcétera (Obradors et al., 2007 y Escamilla, 1999).

## Funciones de los lóbulos cerebrales

El lóbulo frontal, situado detrás de la frente, representa aproximadamente la mitad del volumen del encéfalo humano, se relaciona con la planeación y la acción. Coordina los mensajes de los otros lóbulos cerebrales, participa en tareas complejas de solución de problemas, recibe y coordina mensajes de los otros tres lóbulos de la corteza. Tiene habilidad para monitorear e integrar las tareas complejas que se están realizando en el resto del encéfalo, funge como “centro ejecutivo de control” (Helenes, 2020).

Obradors et al. (2007), dice que los lóbulos frontales son los encargados de razonar, de defender las ideas, de modular las emociones y de hacer planes. Son los responsables de la personalidad, tienen una región que se encarga de dirigir voluntariamente la contracción de los músculos del cuerpo para poder realizar los movimientos como levantar una mano, cerrar los ojos, girar la cabeza, etcétera. Se trata de una parte importante de lo que se denomina cerebro motor.

El lóbulo temporal (a los lados), localizado delante del lóbulo occipital, aproximadamente detrás de la sien, juega un papel importante en las tareas visuales y complejas como el reconocimiento de rostros. Recibe y procesa información de los oídos, contribuye al balance y el equilibrio, regula emociones y motivaciones como la ansiedad, el placer y la ira. Se relaciona con la audición, la memoria y el reconocimiento de objetos. Es la región responsable de la comprensión del lenguaje hablado (Obradors et al., 2007). Permite integrar globalmente buena parte de la información sensorial que llega a través del entorno, y tiene un papel muy relevante en el procesamiento de los contenidos de la visión y del oído, así como del lenguaje en general (Helenes, 2020).

El lóbulo parietal, bajo los lóbulos frontales están los lóbulos parietales, alojados en la parte superior de los lóbulos temporal y occipital, además ocupa la parte superior posterior de cada hemisferio, se encargan de asociar la información visual y auditiva con la memoria para darles significado. Se relaciona con las sensaciones y el procesamiento espacial. Recibe información sensorial de todo el cuerpo, supervisa las habilidades espaciales, como la habilidad de seguir un mapa o decirle a alguien cómo ir de un lugar a otro (Helenes, 2020). Cada lóbulo parietal incluye un área llamada córtex somatosensorial, debajo del surco que lo separa del lóbulo frontal, reciben la información de las sensaciones del gusto, del tacto, de la presión, de la temperatura y del dolor. (Obradors et al., 2007).

El lóbulo occipital, situado en la parte posterior de los hemisferios cerebrales, recibe y procesa la información visual (Helenes, 2020). Los lóbulos occipitales se encargan de decodificar las señales visuales para poder analizar la forma, el color y el movimiento de todas las cosas que se observan, asimismo, permiten reconocer e identificar los objetos que se visualizan mediante la asociación de estas percepciones visuales con imágenes que se recuerdan, y son los que permiten traducir en palabras todo lo que se ve. Ahora mismo, por ejemplo, se están usando para poder leer estas líneas (Obradors et al., 2007).

## Electroencefalograma (EEG)

Palacios (2002), afirma que el EEG fue inventado por Berger en 1924, y es una manifestación de los ritmos eléctricos del cerebro, se considera importante remontarse al año de 1770 en el cual el italiano Luigi Galvani publicó sus observaciones sobre la electricidad animal. Este científico demostró la existencia de “electricidad animal intrínseca”, pero sus observaciones no tuvieron mayor impacto por más de cincuenta años. Las primeras descripciones sobre la existencia de una actividad eléctrica del cerebro fueron efectuadas por el fisiólogo inglés Richard Caton (1875), Caton había recibido influencia de Edouard Hitzig y Gustav Theodor Fritsch quienes habían demostrado la evidencia de respuestas motoras locales luego de la estimulación eléctrica en varias áreas de cerebros de perros. (Palacios L., y Palacios E., 1999).

A comienzos del siglo XX, los rusos Pavel Kaufman (1912) y Pradvich Neminski (1913), fueron los primeros en establecer que los potenciales eléctricos cerebrales se pueden recoger a través del cráneo intacto. Realizaron experimentos con perros a los que se les realizaban craneotomías, y con electrodos colocados sobre la corteza cerebral, registraron actividad electroencefalográfica epileptiforme que además fue registrada por primera vez fotográficamente (Palacios, L., y Palacios, E., 1999). Neminski (1913), utilizando un galvanómetro de cuerda describió por primera vez los distintos ritmos cerebrales captados en cerebros de perros de acuerdo con su frecuencia (10 a 15, 20 a 32 Hertz), bautizando dichas oscilaciones con el término “electrocerebrograma”.

Hans Berger, quién después de una prolongada serie de estudios, llegó a efectuar el 6 de julio de 1924 el primer registro de las oscilaciones rítmicas del cerebro de un joven de 17 años, a través del orificio de una trepanación decompresiva utilizando un galvanómetro de cuerda, Berger en 1929, publicó su descubrimiento referente a la actividad eléctrica cerebral espontánea en humanos. En su publicación menciona: “en consecuencia, creo que he descubierto el electroencefalograma del hombre y que lo revelo aquí por primera vez”.

Demostró que era posible medir la actividad eléctrica del cerebro humano usando electrodos colocados en el cuero cabelludo, que bajo ciertas condiciones en el sujeto de estudio (ojos cerrados, sin estímulos exteriores, relajado) el registro de la actividad eléctrica seguía un patrón temporal rítmico al que llamó ritmo a: este patrón temporal tenía una frecuencia entre 9 y 10 Hertz. El EEG medido en el cuero cabelludo o en otras regiones del cerebro se ha convertido en un instrumento clínico importante para el estudio de ciertas patologías del cerebro, como la epilepsia, tumores cerebrales, etcétera.

Desde su publicación en 1929, Berger señala que el EEG se ha utilizado para evaluar trastornos neurológicos y para investigar las funciones cerebrales desde el laboratorio. (Wolpaw, et al. 2002 y Wolpaw, et. al.2008). En 1930, Berger realizó 1,133 registros en 76 personas y preparó un segundo informe. Designó con letras del alfabeto griego los dos tipos de ondas que había observado desde el principio en los trazados realizados a seres humanos. Las de mayor voltaje y menor frecuencia fueron denominadas ondas alfa, las de menor voltaje y mayor frecuencia, ondas beta (Stevens, 1971).

En 1931, se refirió a la frecuencia con la que se observa actividad electroencefalográfica anormal en pacientes con epilepsia y registró por primera vez actividad de punta-onda. El primer registro de actividad eléctrica cerebral instalando los electrodos en contacto directo con la corteza cerebral (electrocorticografía) fue llevado a cabo por Forester y Altenburger en 1935 (Palacios, L., y Palacios, E., 1999).

## Señales electroencefalográficas

Rangayyan (2002), dice que la electroencefalografía es el procedimiento que consiste en medir las señales del cerebro con el fin de estudiar el sistema nervioso; esto se hace instalando los electrodos en el cuero cabelludo o en la corteza cerebral, ésta es esencial en funciones importantes del cerebro como la memoria, la atención, el conocimiento perceptivo, el pensamiento, la lengua y los sentidos, estos electrodos transmiten las señales u ondas cerebrales proporcionadas por un gran conjunto de neuronas en los individuos a los que se les practica.

De acuerdo a Simon (1983), la electroencefalografía es una técnica orientada al registro de las variaciones de potencial producidas por las células cerebrales. Un equipo de EEG tiene como objetivo principal captar las oscilaciones de potencial que aparecen en la superficie craneal por medio de electrodos superficiales o basales, las cuales son posteriormente amplificadas, filtradas y digitalizadas para ser finalmente visualizadas (García, 1998).

El EEG se utiliza para probar la función del cerebro, registra las diferencias del voltaje entre las partes del cerebro, pero no mide corrientes eléctricas. Se utiliza popularmente en la experimentación pues se aplica principalmente con medidas no invasivas. Por otra parte, el paciente no necesita hablar, trasladarse, o aún demostrar señales eléctricas resultantes de respuestas secretas a los estímulos (Vélez y Saldarriaga, 2010).

El EEG realiza una grabación de la actividad eléctrica en el cuero cabelludo u ondas del cerebro, emitidas por las células nerviosas de la corteza del mismo. El EEG tiene diferentes bandas, definidas por la frecuencia de las ondas: ondas delta lentas, con menos de 4 Hz, bandas theta de 4 a 8 Hz, alpha de 8 a 12 Hz, beta de 14 a 30 Hz aproximadamente y las gamma de 30 a 80 Hz. Las bandas alpha se observan mejor en el área parieto-occipital, y las bandas beta son normalmente más prominentes en las regiones frontal y central.

Estas bandas cuando se graban simultáneamente se diferencian unas de otras y reflejan procesos cognitivos diferentes. El ritmo alpha se aprecia mejor cuando el sujeto está despierto y relajado con los ojos cerrados (Emerson, 1995), y las ondas beta durante la fase de sueño de movimientos rápidos oculares comúnmente denominados REM por sus siglas en inglés. La actividad eléctrica generada por el cerebro en condiciones normales varía dependiendo de diversos factores internos como edad, sexo, vigilia, sueño, estado psico afectivo, factores metabólicos, y externos como los ambientales, toma de fármacos, procedimientos de activación como la hiperventilación y la estimulación luminosa, que actúan sobre una determinada base genética.

Para la ubicación de electrodos es necesario tomar en cuenta la división funcional del cerebro, Figura 2, en donde se pueden observar las diferentes regiones y la relación funcional, (Guyton, 2006). El EEG es utilizado por los neurólogos y los psiquiatras biológicos en experimentos de laboratorio para registrar actividad cerebral y estudiar la función del cerebro en el comportamiento. Los electrodos en el cuero cabelludo se utilizan para obtener la grabación. Antes de esto, el área es preparada generalmente por abrasión ligera y el uso de un gel conductor para prevenir cualquier interferencia (Vélez y Saldarriaga, 2010).

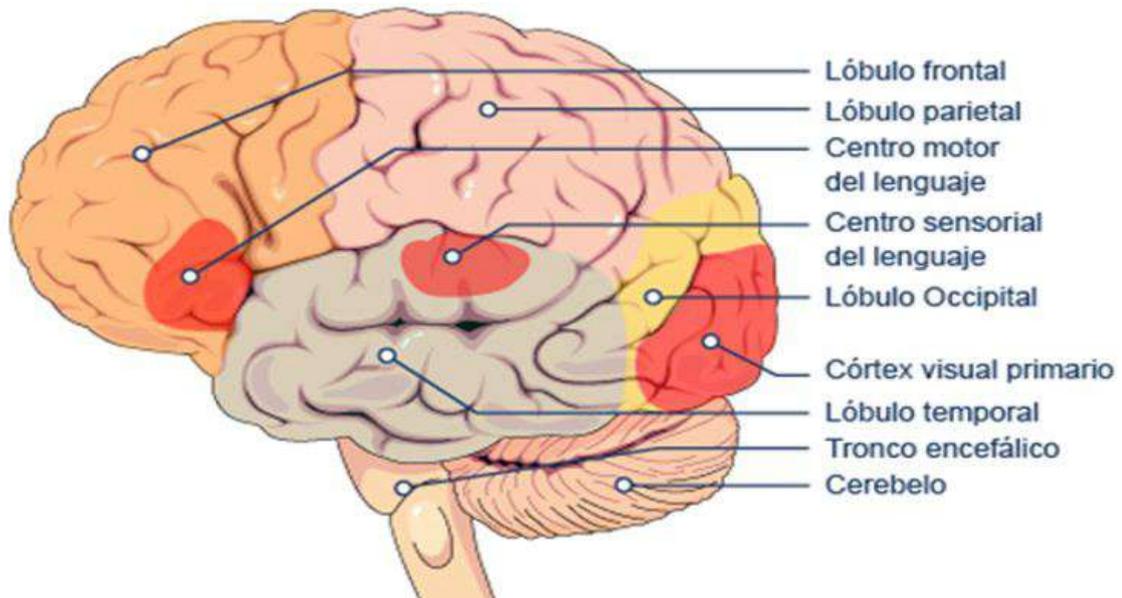


Figura 2. División funcional del cerebro

Fuente: <https://lamenteesmaravillosa.com/lobulos-cerebrales-caracteristicas-y-funciones/>

Existe un sistema a seguir para la confiabilidad y la maximización completa de la colocación del electrodo, se llama el sistema 10-20 y es determinado midiendo y marcando el cuero cabelludo, para utilizar la relación entre la ubicación de electrodos y puntos de la corteza cerebral. El 10 y el 20 se refieren a los porcentajes de medida en grados de la distancia entre electrodos, Figura 3, (Vélez & Saldarriaga, 2010). Cada punto de la Figura 3 indica un posible electrodo, cada localización tiene una letra para identificar el lóbulo y un número u otra letra para identificar la localización del hemisferio. Las letras F, T, C, P y O identifican los lóbulos Frontal, Temporal, Central, Parietal y Occipital. Los números 2, 4, 6, y 8 se refieren al hemisferio derecho y los demás números 1, 3, 5, y 7 al hemisferio izquierdo. La Z está referida al electrodo colocado en la línea media. Los números más pequeños corresponden a los más cercanos a ésta. El punto "Nasion" se encuentra entre la frente y la nariz, el punto "Inion" es el tope posterior del cráneo.

Sobre cada hemisferio cerebral (derecho e izquierdo) se colocan dos electrodos de registro activo, ubicados en el cráneo según el Sistema Internacional Diez-Veinte, dos de referencia ubicados en las apófisis mastoideas (detrás de la oreja) o en los lóbulos auriculares, y un electrodo de puesta a tierra colocado en el punto frontal (frente). En la Figura 3 se logra apreciar el Sistema Internacional Diez-Veinte, avalado por la International Federation of EEG Societies, en el cual la cabeza es mapeada en cuatro puntos estándar – inión, nasión, puntos preauriculares derecho e izquierdo – y se emplean diecinueve electrodos activos sobre el cuero cabelludo, dos electrodos de referencia (en los lóbulos de las orejas o detrás de ellas) y un electrodo de tierra ubicado sobre la frente (Simon, 1983).

Cada par de electrodos está conectado a un amplificador diferencial, un electrodo por entrada. La amplificación del voltaje entre los electrodos se pone en una escala de 1,000 – 100,000 veces o 60 – 100 dB del aumento del voltaje. Cada señal de voltaje proveniente del amplificador diferencial se hace pasar a través de filtros, que dejan circular señales entre 0.5 Hz y 35-70 Hz. La sensibilidad de los electrodos del cuero cabelludo no es suficiente para capturar la unidad eléctrica individual de una parte en el cerebro o los potenciales de acción.

Además, no puede determinarse ciento por ciento si la actividad eléctrica es dada por neurotransmisores inhibitorios, excitatorios o modulatorios. El EEG detecta solamente la actividad de grupos grandes de neuronas, que, en proporción, producen un mayor voltaje que el emitido por una neurona individual.

El EEG tiene varias ventajas, funciona en tiempo real comparado con otros métodos que exploran la actividad del cerebro, la diferencia del tiempo de adquisición entre datos es menor a los milisegundos, mientras que otros procedimientos tienen diferencias que pueden medirse desde segundos a minutos.

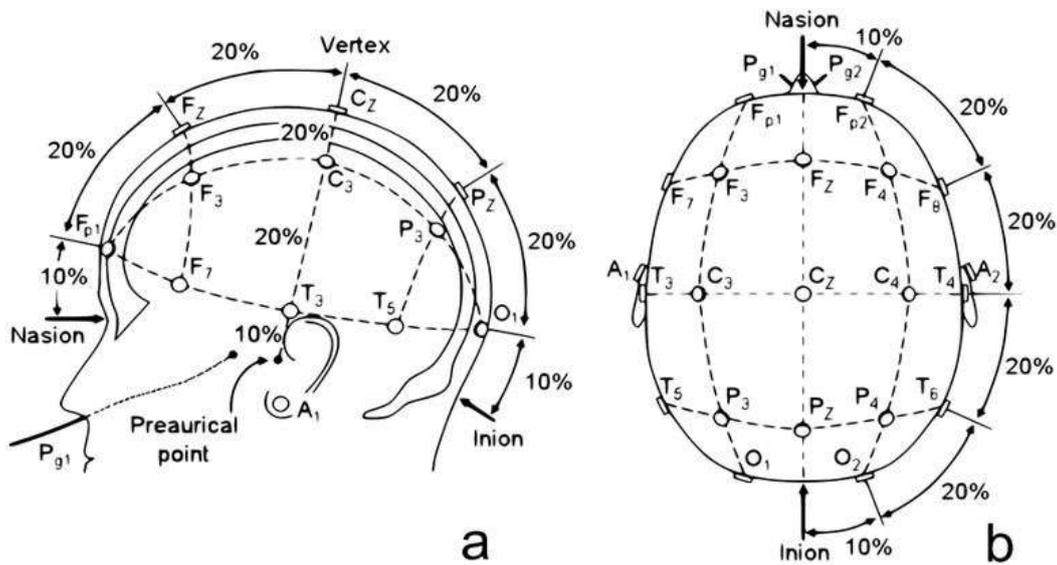


Figura 3. Ubicación de electrodos en el sistema 10-20.

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Posici-on-de-los-electrodos-acorde-al-Sistema-Internacional-10-20-Figura-vista-desde-a\\_fig1\\_274457110](https://www.researchgate.net/figure/Posici-on-de-los-electrodos-acorde-al-Sistema-Internacional-10-20-Figura-vista-desde-a_fig1_274457110)

Borja, Ortega y Romero (2010), muestran su clasificación de ritmos cerebrales en la Tabla 1.

Designación	Frecuencia [Hz]	Región Cerebral	Ocurrencia
Ondas Beta ( $\beta$ )	13 – 30	Parietal, frontal y central.	Despierto en condiciones normales.
Ondas Alfa	7.5 – 13	Occipital, normalmente.	Relajación, tranquilidad, creatividad
Ondas Teta	3.5 – 7.5	Equilibrio entre los hemisferios izquierdo y derecho.	Estado de vigilia.
Ondas Delta	0.2 – 3.5	Hemisferio cerebral derecho en plena actividad.	Sueño profundo y meditación.

Tabla 1. Clasificación de ritmos cerebrales

Fuente: Tomada de Vallejo-Trujillo, Pérez (2017), Ventura (2013)

## **Metodología**

El objetivo general de este trabajo fue clasificar las señales neurológicas obtenidas a través de un equipo de electroencefalografía para determinar qué áreas del cerebro se activan al momento de realizar actividades cognitivas en estado de vigilia como sometido a fuertes tensiones, para su cumplimiento se requirió de una serie de equipos electrónicos y paquetes comerciales que se utilizan para almacenar y procesar información, por tal motivo, en esta sección se establece la hipótesis de trabajo, se describe el equipo utilizado para la toma de muestras, se desglosan las características del equipo de procesamiento, se explica el protocolo utilizado para la recolección de información y las conclusiones de los resultados obtenidos.

### **Hipótesis de trabajo**

"En los directivos nacionales se activan los lóbulos frontales al momento de realizar actividades cognitivas en estado normal y sometidos a tensiones negativas".

### **Etapas de captura de información**

La captura de información se realizó utilizando un amplificador Vector PSG de 32 canales, marca BIOSCIENCE, fibra óptica, con un paquete de cómputo STELLATESYSTEM canadiense versión 5.1, un casco con 22 electrodos de electrocap, Figura 4, y un gel conductor marca electrogel eci.electro-cap international, inc. Este equipo pertenece a la unidad de neurología y rehabilitación del Dr. Alejandro Olmos <sup>1</sup>.

El equipo utiliza un conjunto de electrodos que se ubican sobre el cuero cabelludo y el sistema de ubicación de electrodos utilizado es el sistema 10-20 que asocia los diferentes electrodos ubicados como se muestra en la Figura 3, con una zona de la corteza cerebral. La toma de muestras consistió en realizar un electroencefalograma digital computado y el mapeo cerebral de frecuencias absolutas y relativas, bajo el sistema internacional 10 – 20 con 21 electrodos y 32 canales, montajes monopolar referencial y bipolares longitudinal superior, longitudinal inferior y transverse, con apertura y cierre ocular, durante el estado de vigilia y después de ser sometidos a un estímulo negativo a cada uno de los participantes. Una vez tomadas las muestras, el Dr. Olmos entregó un informe en físico y electrónico de las actividades eléctricas del cerebro registradas durante el protocolo, el cual muestra el valor absoluto y relativo de cada una de las frecuencias de las ondas cerebrales (Delta, Theta, Alfa y Beta) en cada uno de los canales observados en la Figura 3.

---

<sup>1</sup> Dr. Alejandro Olmos López. Neurólogo Pediatra con especialidad en Electroencefalografía. Av. Domingo Diez No. 219, Col el Empleado. Cuernavaca, Morelos.

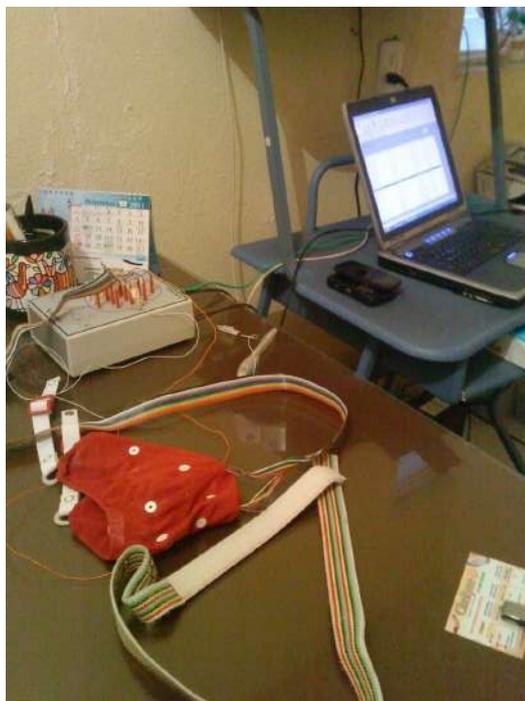


Figura 4. Amplificador Vector PSG de 32 canales, marca BIOSCIENCE, fibra óptica con paquete de cómputo STELLATESYSTEM canadiense versión 5.1. Fuente: Ventura 2013, Vallejo-Trujillo, Pérez, (2017).

## Protocolo de toma de muestras

Una vez instalado el equipo, y todos los cables del casco conectados al amplificador, el Dr. Olmos procedió a dar las instrucciones a los sujetos de estudio para evaluar y calibrar el equipo, les solicitó cerrar los ojos, relajarse y sentarse cómodamente hasta que el amplificador mostrara la señal de que estaba listo para iniciar con el estudio.

A partir de que el Dr. Olmos señalaba que el equipo estaba listo para iniciar con el monitoreo y la grabación de las ondas cerebrales, la persona responsable del proyecto explicaba a los participantes en qué consistía el estudio en laboratorio, por lo que solicitaba a cada paciente realizar lo que se le indicará con normalidad y como acostumbra resolver los problemas o situaciones a las que se enfrenta día a día. En la primera etapa de la toma de muestras se les hizo entrega de un estudio de caso llamado: “Toma de Decisiones” de Valero, Fernández y Mateo 2012, para que lo leyeran y contestaran las preguntas planteadas. Mientras los pacientes llevaban a cabo lo solicitado, el equipo responsable del proyecto observaba la forma de actuar del sujeto de estudio, destacando lo siguiente: en promedio se registró un tiempo de lectura de 5 a 9 minutos, y un tiempo en escribir las respuestas a las preguntas de 6 a 11 minutos, destacando que todos los sujetos de estudio se mostraron concentrados en lo que estaban realizando.

La segunda etapa del protocolo de muestras consistió en mover el estado de ánimo, para lo cual se dieron las indicaciones de que se observarían dos vídeos, el primero llamado “El verdadero sufrimiento y dolor” (YouTube, 2016), con seis minutos de duración, y el segundo llamado “La decisión más difícil” (Proyecto de Universidad, 2016), con duración de cuatro minutos. Al término de observar los videos, de igual forma que en la primera etapa se les hizo entrega de otro estudio de caso “Servicio al Cliente” de Valero, Fernández y Mateo 2012, para que lo leyeran y contestaran las preguntas, cabe destacar que la lectura la realizaron en un tiempo de dos a cuatro minutos y tardaron en responder las preguntas de tres a ocho minutos.

También es importante señalar que durante el tiempo en que los sujetos de estudio observaban los videos mostraron mucho nerviosismo, movimiento de manos y cuerpo, ceño fruncido en el 90% de los participantes, incluso el 20% no contuvieron las lágrimas, su postura cambio y evadían las miradas. Durante el tiempo que duró el protocolo en ambas etapas, la actividad cerebral estuvo monitoreada por el electroencefalograma, el cual registró y grabo las frecuencias cerebrales presentadas por cada uno de los sujetos de estudio.

## Resultados y Discusión

Esta parte se aboca al análisis y desglose de los datos obtenidos a partir de electroencefalogramas practicados a un grupo de diez directivos, previamente seleccionados por conveniencia y procurando todos los elementos de seguridad, quienes oscilaban entre una edad de 45 a 65 años, siete fueron del sexo masculino y tres del sexo femenino, los puestos que ocupaban eran desde directores generales, subdirectores, directores de área y jefes de departamento, quienes fueron sometidos a realizar actividades cognitivas, en estado normal (Tabla 2) y después se ser sujetos a estímulos controlados (Tabla 3), como ya se describió en el protocolo de toma de muestras.

Participantes	DELTA	THETA	ALFA	BETA
1	F3	F3 O1 O2	O2	T3 T5
2	FP1 FP2	FP1	T5 O2	T4 T5 T6
3	T3	T5 O1	O1	FP1 FP2
4	FP1	O1	O1 O2	T5 T6
5	FP2	C3	T5	C4
6	T3 P3	F3 CZ	P3	T5 P3
7	O1	O1 P4		T4
8	FP8 C3	FP2 F8 O2 C3	P3	C4 O1 O2
9	C4 P4 O1 O2	F4 P4	FP2 F4 F3 F7	T6
10	FP2 F8	C3 O2	C3	C3 P3

Tabla 2. Análisis de las ondas cerebrales activas, trazadas por el electroencefalograma de cada uno de los participantes sin estímulo. Resultados provistos por el Dr. Alejandro Olmos.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 2, en ondas Beta, las cuales representan el estado de alerta máxima, que corresponde a la situación normal cuando el individuo está despierto incluso sometido a estrés y alerta a lo que sucede a su alrededor, sólo el 10% de los participantes empleó la región frontal, orientada a definir las respuestas óptimas, lo que indica que se activó su cerebro pensante, que es donde se encuentran los lóbulos frontales, los cuales son sede del pensamiento y de las funciones cognitivas más elevadas, por ejemplo razonar, analizar, interpretar y comprender lo que se percibe a través de los sentidos, es la zona involucrada en las actividades de percepción sensorial, actividades motoras voluntarias, almacenamiento de distintos tipos de memoria, es decir todas las actividades cognitivas que realizan los seres humanos de manera consciente.

También se observa que en el 60 % de los participantes se activaron las zonas cerebrales de las regiones temporales, lo cual quiere decir que al momento de realizar las actividades encomendadas se recurre a experiencias pasadas, es decir asocian la situación actual con lo ya vivido, y partir de ahí se emiten las respuestas, estos individuos estuvieron más al pendiente de lo que estaba pasando a su alrededor, debido de que estaban más atentos a la información que recibían de otras áreas cerebrales.

Y en el 30% del resto de los participantes, se activaron los lóbulos centrales, es decir, en el momento de estar realizando sus actividades cognitivas, en ellos estaban presentes las emociones que estaban sintiendo respecto a lo que estaban realizando, a lo cual manifestaron que era algo desconocido, así que en ese momento su actividad cerebral estaba entre lo emocional y racional, ya que estos lóbulos se encargan de mediar lo que está sucediendo alrededor. Cabe destacar que en esta primera etapa fue en el hemisferio derecho el que mostro mayor actividad, lo que en realidad no rompe con la tradición de una gran cantidad de ejecutivos que afirman haber realizado actividades analíticas y pensantes que han marcado su vida a través uno de los tres tipos de intuiciones: intelectual, emotiva y volitiva (García, 1971), tal y como Salgado (2011), lo afirma.

Espécimen	DELTA	THETA	ALFA	BETA
1	FP2	T5 O1 O2	P4	T5 T6
2	P3	F7 FP2	T5 O2	T3 T6
3	FP2	FP2	O2	FP2 O2
4	FP2	F3FP2 C3	T5 T6 O1 O2	T4 C4 T6
5	F7 C3	F7 P3 O1	T5	C4
6	FP2	P3 C3	O2	T5 O2
7	C3 FP2	O2 T6	O2	T5
8	C3 F8	O1 O2 F3	O1 O2	T3 T5 P3 O1 O2
9	FP2 O2	F3 F4	T5 P3 P4 O1 O2	T5 T6 P3 P2 O2
10	FP1 FP2	F1 O1 O2	O1 O2	T6

Tabla 3. Análisis de las ondas cerebrales activas, trazadas por el electroencefalograma del tipo de onda de cada uno de los participantes después de haber sido sometidos estímulos externos. Resultados provistos por el Dr. Alejandro Olmos.

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados obtenidos de los mismos participantes en estado normal con los obtenidos después de haber sido sometidos a estímulos controlados (tabla 3), se concluye que en el mismo participante que es el número tres se activaron los lóbulos frontales, lo cual quiere decir que a pesar de que su estado de ánimo se movió, al momento de realizar sus actividades cognitivas pudo conectarse nuevamente para emitir sus respuestas óptimas, sin embargo en esta segunda etapa fue en el 80% de los participantes donde se registró mayor actividad en los lóbulos temporales, 20% más que en la primer etapa, y por último se observa que solo en el 10% de los participantes se activaron los lóbulos centrales 20% menos que en la primera etapa.

## **Conclusiones**

Se concluye que de acuerdo a la hipótesis planteada solo en el 10% de los directivos nacionales se activaron los lóbulos frontales al momento de realizar actividades cognitivas tanto en estado normal como sometidos a tensiones negativas, lo cual coincide con lo que plantean los siguientes investigadores:

- El Dr. Damasio (1994), en su hipótesis del marcador somático, dice que la toma de decisiones es un proceso guiado por señales emocionales relacionadas con la homeostasis, las emociones y los sentimientos (citado en Morandín-Ahuerma, 2019).
- El Dr. Braidot (2008, 2009 y 2013) ha hipotetizado en sus trabajos de investigación “el ejecutivo latinoamericano no sigue una estructura en la toma de decisiones”, centraliza a la empresa en el ámbito social.
- El Dr. Kahneman (2011), establece en su libro “pensar rápido pensar lento” que el ser humano toma decisiones basadas en el sistema 1, el cual opera de manera rápida y automática, con poco o ningún esfuerzo y sin sensación de control voluntario.
- La Dra. Vallejo-Trujillo (2016), concluyó en su trabajo de investigación que la toma de decisiones de directivos mexicanos pareciera no ser racional.

Por último, se destaca que pocos movimientos se tuvieron una vez que el estímulo se aplicó, y aunque en algunos casos se registraron desplazamientos en cuanto a la actividad cerebral regional, se comprueba que el efecto Heisenberg está presente en todos los casos salvo en uno, el ejecutivo tres, quien a final de cuentas fue el único que respondió con una actividad cerebral plena, el resto tuvo como base la intuición, lo mismo que para el caso sin estímulo. Una observación importante es la necesidad de reducir el impacto previo, esto es, antes de iniciar el experimento, ya que los participantes están predispuestos desde el momento en que llegan al laboratorio de pruebas.

## **Referencias**

- Braidot, N. (2008). Neurociencias aplicadas a negocios y organizaciones. Recuperado el 22 de noviembre de 2016, de <http://mercado.com.ar>
- Braidot, N. (2009). Neuromanagement. Cuando el cerebro asume el mando. Recuperado el 27 de octubre de 2016, de <http://www.multiweb.com.ar>
- Braidot, N. (2009). Neuromanagement. En un Contexto de Crisis. ¿Podemos dominar el Miedo? Recuperado el 23 de noviembre de 2016, de <http://www.materiabiz.com/mbz/estrategiaymarketing/nota.vsp?nid=43740>
- Braidot, N. (2013). Neuromanagement. Como utilizar a pleno el cerebro en la conducción exitosa de las organizaciones. Ed. Granica. Buenos Aires.
- Escamilla, J. (1999). Modelos matemáticos para el estudio de la activación de la corteza cerebral. Recuperado el 20 de marzo del 2020 en <http://www.red-mat.unam.mx/foro/volumenes/vol022/TesisEscamilla-f.pdf>.

García, M. (1971). Lecciones preliminares de filosofía. México.

García, M. et al. (1998). Potenciales Bioeléctricos. Origen y Registro. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.

Guyton, A. C. (2003). Tratado de fisiología médica (11a. ed.). Elsevier España.

Helenes, C. (2020). Lóbulos cerebrales y sus funciones principales. Recuperado el 13 de septiembre de 2020 en <https://www.neuromexico.org/2020/08/20/lobulos-cerebrales-y-sus-funciones-principales/>

Kahneman, D. (2011). Pensar rápido, pensar despacio. Recuperado el 14 de septiembre de 2018 en [https://catedratos.com.ar/media/kahneman\\_pensar.pdf](https://catedratos.com.ar/media/kahneman_pensar.pdf)

Morandín-Ahuerma, F. (2019). La hipótesis del marcador somático y la neurobiología de las decisiones. Recuperado el 25 de octubre de 2018 en [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1989-38092019000100020](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1989-38092019000100020)

Palacios, L. & Palacios E. (1999). La epilepsia a través de los siglos. Bogotá: Editorial Horizonte.

Palacios, S. L. (2002). Breve historia de la electroencefalografía. Pdf.

Proyecto de Universidad. (10 junio 2016). La decisión más difícil. [Video]. YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=mH3vBNLjTpM>

Rangayyan, R. M. (2002). Biomedical signal análisis, IEEE.

Salgado, O. D. (2011). El Papel de la Percepción en la Toma de Decisiones de la Alta Dirección. (R. d. Iberoamericana, Ed.) Iberofórum. VI (12).

Simon, O. (1983) Génesis del Electroencefalograma (EEG). En: Simon, O. Electroencefalografía, Introducción y Atlas. Barcelona, Salvat Editores, S. A.

Toro, G. & Yepes, M. (2018). El cerebro del siglo XXI. Ed. El manual moderno. Colombia.

Valero, J., Fernández, J. & Mateo, R. (2012). Casos de recursos humanos y relaciones laborales. Ed. Pirámide. Madrid.

Vallejo-Trujillo, S. Pérez, R. (2017). Recursos humanos y organizaciones, una mirada transdisciplinar. Ed. Bonilla Artiga Editores, México.

Vallejo-Trujillo, S. Salazar, O. (2016). Positive stimulus: an opportunity for decision making by mexican managers, a vision from neuroscience. International Journal of Development Research Vol. 06, Issue, 10, pp.9818-9825, October, 2016.

Vélez, A. & Saldarriaga, H. (2010). Tesis Clasificación básica de neuroseñales. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Básicas. Maestría en instrumentación física.

Ventura, R. (2013). Diseño de un modelo para la toma de decisiones en el ámbito administrativo con base en estudios exógenos y endógenos fundamentados en la neurología, estadística descriptiva y estadística inferencial, Universidad Internacional, Cuernavaca, Morelos, México.

Vidal, J. (1977). "Real-time detection of brain events in EEG". Proceedings of the IEEE.

Wolpaw, J. R.; Birbaumer, N.; Heetderks, W. J.; McFarland, D.; Peckham, P. H.; Schalk, G.; Donchin, E.; Quatrano, L. A.; Robinson, C. J. & Vaughan, T. M. (2008). "Brain computer interface technology: a review of the first international meeting". IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering.

Wolpaw, J.; Birbaumer, N.; McFarland, D.; Pfurtscheller, G. & Vaughan, T. (2002). "Brain-computer interfaces for communication and control". Clinical Neurophysiology.

YouTube. (10 junio 2016). El verdadero sufrimiento y dolor. [Video]. [https://www.youtube.com/watch?v=90ZL9Zj8P9M&has\\_verified=1](https://www.youtube.com/watch?v=90ZL9Zj8P9M&has_verified=1)