



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"EL EQUIPO DE POTENCIALES EVOCADOS
AUDITIVOS (BRAIN ATLAS III) DE LA MARCA
BIO-LOGIC. EL ESTUDIO DE SU
FUNCIONAMIENTO COMO UNA HERRAMIENTA
PARA REALIZAR SU MANTENIMIENTO"**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JUAN MARTIN XOCHICALE LUNA**

ASESOR: ING. VICTOR MANUEL CUEVAS RODRIGUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A DIOS :

Por estar siempre a mi lado
y dejarme ser lo que quiero ser.

A MI ESPOSA E HIJOS :

M. DE LOS ANGELES LUNA MORAN
JUAN MARTIN XOCHICALE LUNA
NURY VIANEY. XOCHICALE LUNA

Simplemente por ser la razón más
importante de mi existir.

A MIS PADRES :

JUAN XOCHICALE FLORES
ELISA LUNA ORTIZ

Por su apoyo, amor y comprensión en
cada momento de mi vida.

**A MIS HERMANOS Y
FAMILIARES :**

Por que siempre han significado una
razón para mi superación y
realización.

A MIS AMIGOS :

ANGEL RODRIGO BELMONT T.
JULIAN CARLOS OCHOA CABRERA

Por su invaluable amistad y gran
estímulo en mi superación
profesional.

ING. VICTOR MANUEL CUEVAS:

Por su orientación e importante y
valiosa ayuda en la dirección y
desarrollo de esta investigación,

DR. JOSE LUIS CHAVEZ T.:

Por su amistad e incondicional ayuda
en la organización y asesoría de esta
investigación.

FES CUAUTITLAN :

Por darme las bases y herramientas
durante mi formación profesional, así
mismo a la UNAM por brindarme la
oportunidad de pertenecer a la máxima
casa de estudios.

**C.T. DE ELECTRODIGNOSTICO
DEL INSTITUTO NACIONAL DE
SALUD MENTAL-DIF :**

Por facilitarme el equipo y las
herramientas necesarias para la
realización de esta investigación.

OBJETIVO GENERAL: Es determinante conocer el funcionamiento del equipo de potenciales evocados (Brain Atlas III) de la marca Bio-Logic de potenciales Evocados Auditivos para que nos sirva como una herramienta y poder llevar a cabo la realización de su mantenimiento.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I

- 1.0 Potenciales Evocados
 - 1.1 Antecedentes históricos de los potenciales evocados
 - 1.2 Conceptos generales de los potenciales evocados
 - 1.2.1 Que se le estudia a los PEA
 - 1.2.2 Utilidad Clínica de los potenciales evocados
 - 1.3 Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos
 - 1.4 Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral (PEATC)
 - 1.5 Anatomía del oído
 - 1.5.1 Vía Auditiva
 - 1.6 El sonido.
 - 1.6.1 Los decibeles (dB)

CAPITULO II

- 2.0 Equipo para Potenciales Evocados Auditivos Brain Atlas III
- 2.1 Componentes del equipo para PEA modelo Brain Atlas III
 - 2.1.1 Cpu
 - 2.1.2 Audífonos
 - 2.1.3 Electrodo

- 2.2 Cámara sonoamortiguada
- 2.3 Seguridad Eléctrica
 - 2.3.1 Tierra física
- 2.4 Parámetros
 - 2.4.1 Amplificador fisiológico
 - 2.4.2 Filtros
 - 2.4.3 Estimulador
 - 2.4.3.1 Estímulo
 - 2.4.3.2 Enmascaramiento
 - 2.4.4 Promediador
- 2.5 Convertidor Analógico/Digital

CAPITULO III

- 3.0 Realización del estudio de PEATC
- 3.1 Reglas para el registro de PEATC
- 3.2 Indicaciones para la realización de estudio de PEATC
- 3.3 Colocación de electrodos
- 3.4 Errores en la medición

CAPITULO IV

- 4.0 Mantenimiento preventivo
 - 4.1 Recomendaciones para la protección del equipo Brain Atlas III
 - 4.1.1 Polvo
 - 4.1.2 Magnetismo

- 4.1.3 Bajo voltaje
- 4.1.4 Transitorios
- 4.1.5 Alzas de voltaje autoinducidas
- 4.1.6 Descargas Eléctricas

4.2 Calibración

4.3 Muestra del programa de mantenimiento preventivo

CAPITULO V

5.0 Interpretación de las ondas auditivas de tallo cerebral

5.1 Reglas para la documentación e interpretación de resultados

5.2 Latencias

5.3 Identificación de las ondas

CONCLUSION

GLOSARIO

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INTRODUCCION

Los Potenciales Evocados (PE) es uno de los exámenes paraclínicos más utilizados en Neurofisiología, siendo esta una de las áreas de la medicina que se ha beneficiado con el advenimiento y evolución de las computadoras.

Dentro de los últimos 10 años, los Potenciales Evocados han jugado un papel prominente en el ámbito del neurofisiologo clínico y el sistema auditivo ha recibido su parte adecuada de atención.

La presente investigación estudiara un equipo con el cual se realizan los diferentes tipos de respuestas evocadas con especial énfasis en los Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral (PEATC).

Los PEATC son respuestas eléctricas de la vía auditiva que ocurren dentro de los 10-15 mseg. después de aplicar un estímulo acústico apropiado en sujetos normales.

El conjunto de impulsos bioeléctricos es captado por los electrodos que se colocan sobre el cuero cabelludo (a pesar de las capas cutáneas y ósea que los separan), transformándolos en señal electrónica que es amplificada notablemente, lográndose un registro de alta calidad por tener incluidos mecanismos que evitan la captación del ruido electrónico del medio ambiente o la interferencia ocasionada

por otras manifestaciones fisiológicas tales como el pulso o la actividad muscular.

Para registrar los PE deben llevarse a cabo ciertas condiciones de seguridad para el paciente y pueden obtenerse igualmente durante la vigilia y el sueño o la sedación que puede utilizarse en caso necesario.

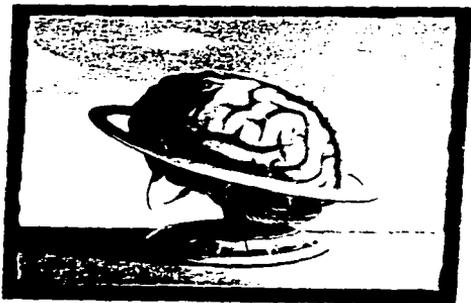
El dar mantenimiento preventivo al equipo Brain Atlas III implica retirar la maquina del servicio a intervalos fijos y llevarla a el área de Ingeniería Biomédica para darle una limpieza general y una inspección cuidadosa de manera que se puedan detectar los problemas por anticipado.

En la interpretación de los PE se requiere que sean analizados por médicos expertos y registrados por personal técnico capacitado ya que durante el registro y la interpretación podrían surgir errores, que en determinado momento podrían atribuirse como anomalías en el paciente.

Los avances tecnológicos aplicados en los equipos de PE han permitido lograr registro de buena calidad y exentos de distorsiones, por lo que se utiliza diariamente en diferentes especialidades medicas y en ciertas áreas de investigación, ya que es un método de diagnóstico no invasivo, notablemente preciso y que brinda una rápida información sobre las alteraciones funcionales y morfológicas, brindando al paciente la oportunidad de un tratamiento oportuno.

Capitulo I

POTENCIALES EVOCADOS



CAPITULO I

1.0 POTENCIALES EVOCADOS

1.1 Antecedentes históricos

La historia del registro de la actividad eléctrica cerebral continúa (EEG) y en cierta medida la de los potenciales evocados sensoriales (PE) se remonta a más de 100 años a los estudios de Catón (1875), quien comunicó el registro de corrientes con electrodos colocados sobre el cráneo o el cerebro expuesto en conejos y monos.

Fue Berger (1932), quien a principios de siglo, estudiando a soldados con heridas en combate que exponían la masa encefálica, demostró la capacidad de graficar la actividad cerebral en equipos de medición eléctrica.

Ya en 1939 los PE fueron reconocidos en el Electroencefalograma (EEG) registrado en el cuero cabelludo intacto del hombre en forma de complejo K (Davis, 1939). Sin embargo, los principales adelantos tuvieron lugar en el último tercio de este siglo. (Fig. 1.1)

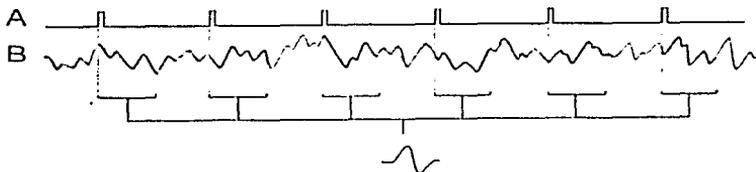


Fig. 1.1 Registro de EEG Evocado

El aspecto más trascendente en la investigación de los PE apareció con la adaptación de Dawson (1947), de la técnica de superposición fotográfica al estudio de los potenciales cerebrales provocados por la estimulación de nervios periféricos en el humano. En el método de Dawson se enfocaba una cámara con el diafragma abierto sobre la pantalla de un osciloscopio, y cada vez que se presentaba un estímulo, el barrido del osciloscopio se disparaba y marcaba las fluctuaciones del voltaje en función del tiempo desde electrodos colocados sobre la cabeza del sujeto que se estaba estimulando. Tales fluctuaciones del voltaje son sumaciones de la actividad evocada por la estimulación sensorial con la actividad Electroencefalográfica (EEG) y Electromiográfica (EMG) espontáneas. En la mayoría de las circunstancias la actividad espontánea opaca la contribución de la actividad evocada que es mucho más pequeña .

No obstante, con la técnica de la superposición, los cambios del voltaje que representa la respuesta cerebral al estímulo (Potencial

Evocado) aparecen en el trazado repetidamente con latencias fijas y, por lo tanto, tienden a destacarse al sobreponer las fotografías. En contraste, las fluctuaciones de voltaje espontáneas que aparecen en la pantalla a intervalos esporádicos no se superponen ya que estas no se reproducen en cada estímulo y solo contribuyen a engrosar el trazado fotográfico.

Un ejemplo de trazados superpuestos en respuesta a la estimulación visual se muestra en la figura 1.2. Aunque lejos de reproducir el tipo de datos que se juzgan en la actualidad como clínicamente aceptables, la técnica de la superposición fue un paso significativo en la electroencefalografía y los potenciales evocados.

Sobre la base de una sugerencia de H. N. Hunt, Dawson (1954) con el advenimiento de la computadora desarrolló posteriormente un medio electrónico de sumación de la actividad espontánea y el PE usando un banco de capacidades seleccionables, las que eran cargadas durante el registro. El proceso se revertía para el análisis, y las cargas en cada capacidad eran leídas y presentadas en un osciloscopio. Aunque a las técnicas de Dawson se les otorga generalmente el mérito de haber traído los PE a la escena, no puede ser desconocido el aporte de las técnicas de almacenamiento fotográfico desarrolladas por Kozhevnikov (1954) y Calvet (1955). También contribuyeron al progreso en este campo el sistema de almacenamiento de tambor magnético o de "loop" continuo concebido por Shipton (1960), el tubo de almacenamiento con una barrera rejilla

descrito por Buller y Styles (1969) y el sistema de correlación cruzada análoga introducido por Barlow (1959).

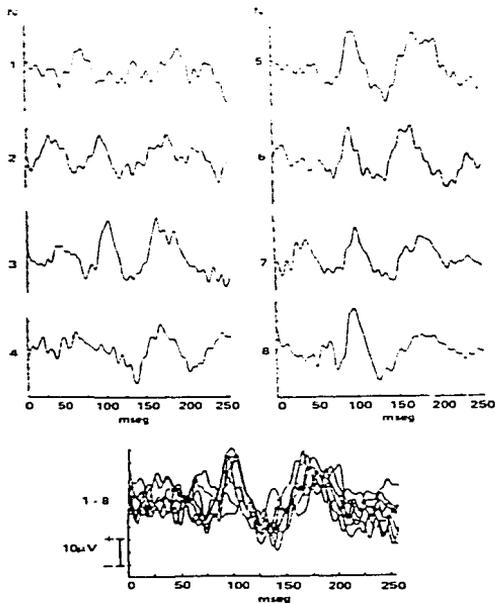


Fig. 1.2

Ocho registros individuales de la actividad cerebral consecutiva a la estimulación visual con la inversión de modelo (parte superior) y la representación superimpuesta de los ocho registros (parte inferior) se observa el incremento relativo de las características de los potenciales que aparecen repetidamente, comparados con las variaciones espontáneas del voltaje.

Siguiendo al advenimiento de la electrónica digital, en la década de 1950 se ideó, tal como se conoce actualmente, el promediador de señales. W.A. Clark y sus colegas del Instituto Tecnológico de Massachusetts diseñaron la primera computadora digital usada específicamente para el trabajo en PE, la computadora de respuesta promediada o CRP (Clark y col., 1961). Este sistema fue sustituido rápidamente, para mencionar solo algunos, por la computadora de transitorios promediados o CTP (CAT), el Enhanceatron y la serie de Fabritech (ahora Nicolet Instruments).

A partir de entonces esta disciplina se ha desarrollado al grado de que se acepta como algo sencillo o habitual el registro de la actividad encefálica, incluso de menos de 50 milisegundos o bien, el realizar el análisis computarizado en lapsos muy breves.

La tecnología computarizada ha adquirido avances importantes tanto en los PE como la tomografía computarizada, la resonancia magnética, la tomografía por emisión de positrones y otras técnicas de neuroimagen, las que tocan muchas facetas de la vida moderna con cambios importantes en la investigación neurológica y clínica.

1.2 Conceptos generales de los Potenciales Evocados

Los potenciales evocados se definen como fenómenos eléctricos generados por el sistema nervioso en respuesta a un estímulo sensorial que pueden ser registrados desde el receptor periférico hasta la llegada a la corteza cerebral, en el cuero cabelludo, en áreas cutáneas y apófisis espinosas.

Los potenciales evocados pueden ser de tres tipos:

- a) Potenciales evocados auditivos (PEA).
- b) Potenciales evocados visuales (PEV).
- c) Potenciales evocados somatosensoriales (PESS).

Este método proporciona al clínico una información objetiva que permite detectar alteraciones no aparentes durante el estudio clínico.

La utilidad clínica de los PE se basa en su sensibilidad para mostrar la función del sistema sensorial anormal cuando la historia clínica y el examen físico son dudosos. Revelan la presencia de lesiones clínicas insospechadas, y definen la distribución topográfica de la enfermedad. Permiten la vigilancia continua de las vías durante el acto quirúrgico.

El registro de los PE tienen una distribución de tipo gaussiano y los límites esperados de la variación normal, deben expresarse como

múltiplos de la desviación estándar, lo que obliga a incluir cuando menos al 98% de la población sana.

Esto permite emplear una desviación estándar del 2.5 (98%) o de 3 (99.7%), lo que da una probabilidad de error de menos de 0.01 y 0.003 respectivamente, cuando la interpretación del registro sea anormal. Por ello, un estudio anormal tiene altísimas probabilidades de mostrar lesiones del sistema nervioso central.

Por lo anterior, se aconseja que cada laboratorio donde se realizan potenciales evocados efectúe estudios normativos.

El potencial evocado es un método rápido y no invasivo que sirve para identificar o corroborar la presencia de alteraciones neurológicas que afectan el tallo cerebral.

La utilidad de los potenciales se basan en que:

- a) Demuestran las alteraciones del Sistema Nervioso cuando la exploración y los datos son dudosos.
- b) Revelan la presencia insospechada de alteración del Sistema Nervioso Central (SNC).
- c) Ayudan en el diagnóstico topográfico anatómico.
- d) Vigilan continuamente las vías durante el acto quirúrgico.

e) Son una prueba objetiva.

Los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral pueden ser subdivididos de acuerdo al tiempo de análisis en:

1. Potenciales evocados tempranos o de corta latencia 0.5 a 10 mseg.
2. Potenciales evocados de mediana latencia 11.0 a 50 mseg.
3. Potenciales evocados tardíos 51 a 500 mseg.

Los potenciales de latencia temprana son los más utilizados en la práctica clínica, debido a su constancia, a pesar de los cambios en el estado de vigilia y sedación. A partir de los dos años de edad la morfología y latencia de los potenciales evocados se acercan a los valores normales del adulto.

1.2.1 Que se le estudia a los Potenciales Evocados Auditivos

- MORFOLOGIA
- LATENCIA
- AMPLITUD.

La morfología.- Es la forma que tienen las ondas que nos representan la actividad eléctrica cerebral.

La latencia.- Es el tiempo que tarda en aparecer la respuesta eléctrica después de un estímulo externo.

La amplitud.- Es traducida como el voltaje que tienen las ondas electrocerebrales.

1.2.2 Utilidad Clínica de los Potenciales Evocados.

Las enfermedades del aparato auditivo periférico (cortipatías) modifican la latencia absoluta de todas las ondas, pero no los tiempos interlatencias. Además, deben considerarse las variaciones de amplitud y función latencia intensidad.

Los Potenciales Evocados Auditivos (P.E.A.) han demostrado su utilidad en la detección temprana en pacientes con sospecha de hipoacusia, en los que no colaboran (Parálisis Cerebral Infantil; simuladores, lactantes, etc.).

Un error frecuente es considerar a los Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral (PEATC) como sustituto de los métodos audiológicos conocidos, siendo que los PEATC, únicamente valoran frecuencias comprendidas entre 3 y 6 Hz.

En los neurinomas del nervio acústico juegan un papel importante, ya que muestran una gran sensibilidad para su detección, son anormales aún ante pruebas radiológicas y audiológicas normales. Lo mismo sucede con pacientes con esclerosis múltiple y en leucodistrofias en que hay importante aumento de las latencias de los

intervalos inter-onda y radios de amplitud, en los procesos expansivos intracraneanos con daño estructural como hemorragias, tumores etc.

En la unidad de cuidados intensivos son de gran utilidad ya que no sufren alteraciones significativas a pesar de las sobredosis de barbitúricos y/o anestésicos, lo que da un gran valor a dicho estudio en pacientes comatosos o con muerte cerebral y en la monitorización transoperatoria.

Los Potenciales Evocados son una posibilidad y un recurso de estudio anatomofuncional y no identifican la etiología. Por eso, para solicitar este estudio debe haber información clínica orientadora de una disfunción o de una lesión estructural en el sistema sensorial por estudiar para que al efectuar los PE se pueda conformar la idea clínica.

Los Potenciales Evocados son específicos para la estructura estudiada y aun los PE multimodales (visual, auditivo y somatosensorial) estudian solamente tres sistemas, lo que indica que no pueden considerarse como estudios de rastreo o tamiz de daño neurológico.

Los PE son un nuevo recurso auxiliar de diagnóstico y no sustituyen a los elementos anteriores: la evaluación clínica de la visión, la audición y la sensibilidad, las audiometrías, los estudios neurológicos, etc., establecidos y validados con los años.

Al practicar el estudio de PE con estas consideraciones, tendremos óptimos resultados con un alto índice de beneficio en el diagnóstico y manejo. Demostraremos lesiones mielopáticas potencialmente irreversibles en etapas tempranas; identificaremos el compromiso del tallo cerebral posiblemente antes de que los estudios imagenológicos sean concluyentes; la evaluación de todas las estructuras visuales será posible sin procedimientos invasivos ni factor de confusión en pacientes poco cooperadores, el sistema auditivo se podrá estudiar en detalle, con más precisiones topográficas por la evaluación audiométrica.

Otra línea de trabajo con grandes aplicaciones potenciales, particularmente en el terreno neurofisiológico son los PE tardíos, en donde el evocar condiciona la aparición de estos registros, área actualmente en investigación.

En los tipos de sordera:

De acuerdo con la localización del sitio de las lesiones que interfieren con la audición, las sorderas se pueden catalogar como sorderas de conducción, que interfieren con la transmisión de las ondas sonoras en el oído externo, o en el oído medio, o como sorderas de percepción, debidas a un defecto, en los mecanismos de transducción del órgano de Corti o a un daño en el nervio coclear o en sus conexiones centrales. (Dr. Jairo Bustamante, Neuroanatomía funcional, 1978).

1.3 Sistema internacional 10-20 de colocación de electrodos.

El sistema 10 -20 de colocación de electrodos fue implantado en 1958 por los electroencefalografistas que deseaban llegar a una forma estandarizada y una terminología común que describiera la colocación de electrodos en el cuero cabelludo, a fin de que pudiera compararse, en serie, los registros de EEG (electroencefalogramas); que pudieran intercambiárselos y compartirlos a través de literatura.

El sistema internacional 10-20 de colocación de electrodos es un procedimiento para colocación, medida de posiciones a espacios iguales en el cuero cabelludo, usando marcas identificables en el cráneo, que sirven como punto de referencia.

Este sistema se basa en la relación comprobada que existe entre un sitio medido de electrodos, y las estructuras y áreas corticales (de la corteza cerebral) subyacentes.

El sistema se denomina 10-20 por que los electrodos se colocan espaciados ya sea 10% o 20% de la distancia total entre determinado par de marcas en el cráneo.

Se emplean porcentajes, en vez de distancias absolutas, para compensar las diferencias que normalmente existen en forma y tamaño de la cabeza. Las distancias absolutas varían entre paciente y paciente; en cambio, los porcentajes son los mismos. El sistema 10-20 fue diseñado para dar cobertura adecuada de la cabeza, con

flexibilidad para la colocación de electrodos adicionales, dentro del marco prescrito, empleando la nomenclatura 10-20 (Ver Fig. 1.3).

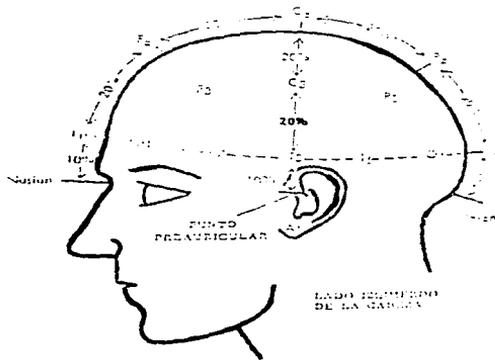


Fig. 1.3

Colocación de electrodos sistema internacional 10-20. Los electrodos se colocan ya sea a 10 % o 20 % de la distancia total entre las marcas que están en el cráneo

Las ventajas que ofrece el sistema internacional 10-20 son:

- Un formato estandarizado aceptado internacionalmente para la colocación de electrodos en el cuero cabelludo.
- Una correlación anatómicamente comprobada para cada electrodo, cualquiera que sea el paciente.
- Espacio uniforme entre electrodos para poder hacer comparaciones acertadas en las diferentes áreas del cerebro.
- Un sistema para marcar la ubicación de electrodos, que es idéntico en todos los idiomas
- Información adecuada para comparar series (seguimiento) de EEGs del mismo paciente en el mismo laboratorio o en otros.
- Un sistema flexible que dá una cobertura adecuada del cerebro y permite adicionar electrodos si se desea cobertura más detallada.

La nomenclatura se diseñó para dar a cada sitio de electrodo una **abreviatura alfabética lógica** que la identifique de inmediato con el **lóbulo** o el **área del cerebro** a que se refiera. Por ejemplo, en la **abreviatura Fz**, "F" indica el **lóbulo frontal del cerebro**. Todos los **caracteres alfabéticos** se refieren al **área del cerebro** sobre la cual se **localizan**, con excepción de la "z" que se usa para el número cero, o **sea, la referencia** cero de la línea media.

Sin embargo, los símbolos numéricos se refiere a hemisferio izquierdo o derecho. Todos los números pares, ejemplo Fp2, F4, F8 etc., se refieren a las posiciones para los electrodos sobre la parte derecha de la cabeza; en tanto que los nones, ejemplo Fp1, F3, F7 son para la mitad izquierda. (ver fig. 1.4)

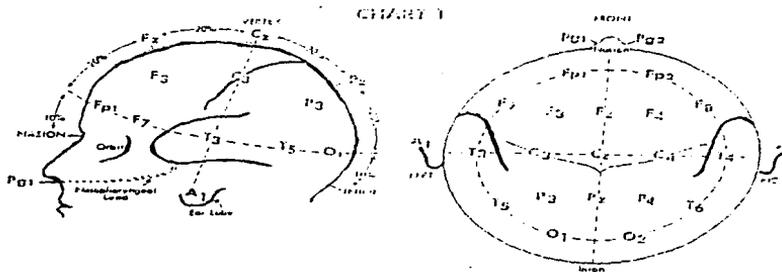


Fig. 1.4

Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos

1.4 Potenciales Evocados Auditivos de Tallo Cerebral (PEATC)

Los potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, son respuestas eléctricas de las vías auditivas que ocurren dentro de 10-15 mseg. después de aplicar un estímulo acústico apropiado en sujetos normales.

Los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral, son respuestas del nervio auditivo del tallo cerebral y quizá de estructuras subcorticales más altas a la estimulación acústica.

El término potenciales evocados auditivos del tallo cerebral es de alguna manera inapropiado ya que: el primer componente de los potenciales auditivos del tallo cerebral no se origina en el tallo cerebral si no en el nervio auditivo y el último componente puede o no originarse al menos en la parte más arriba del tallo cerebral a pesar de estas objeciones el término se recomienda como una terminología estándar ya que a sido ampliamente usado y entendido en el campo neurofisiológico.

En los registros ordinarios de estos potenciales entre el vertex y el lóbulo de la oreja o mastoides los componentes (respuestas eléctricas) positivos del vertex de los PEATC deben de ser designados por números romanos del I al VII. Es importante aclarar que los términos vertex positivo y vertex negativo solo indican positividad de un electrodo relativamente del otro y no debe ser interpretado como indicativo de polaridad de cada evento eléctrico. Las limitaciones de

esta designación de la polaridad son evidentes al designar la onda negativa del pabellón de la oreja onda I de los PEATC como una onda vertex positiva También se ha sugerido que por motivos de brevedad la designación de onda V sea aplicada a esta onda este o no precedida de cuna onda IV discernible.

El uso de estas respuestas es para detectar y localizar aproximadamente disfunciones de las vías auditivas dentro del nervio auditivo y el tallo cerebral.

1.5 Anatomía del oído

El **oído** (Fig. 1.5) consta de tres porciones anatómicas y funcionales netamente diferenciables.

El **oído externo**, formado por el pabellón de la oreja y el conducto auditivo externo, encargados de captar las vibraciones aéreas y transmitir las a la membrana del tímpano.

El **oído medio** o **caja del tímpano**, en el cual las vibraciones de la membrana del tímpano son ampliadas y transmitidas hasta la ventana oval por medio de la cadena de huesecillos (martillo yunque y estribo).

El **oído interno** o **caracol**, en el cual las vibraciones mecánicas de la **cadena de huesecillos** son transmitidas a los espacios perilinfáticos del **caracol** y convertidas en ondas líquidas que estimulan el órgano de **Corti**. (Dr. Jairo Bustamante; Neuroanatomía funcional, 1978)

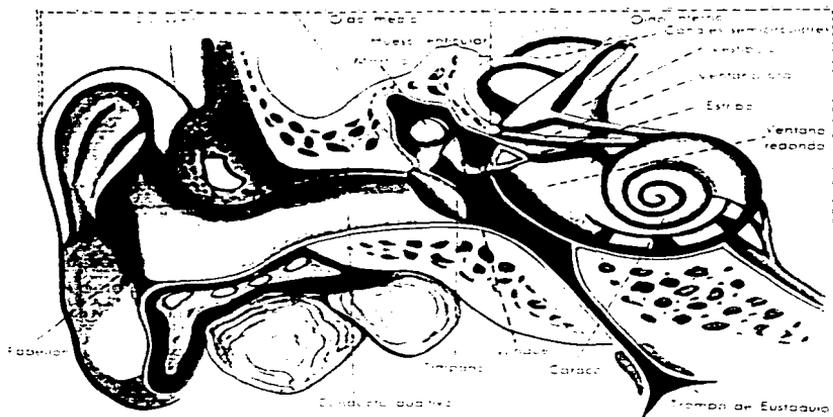


Fig. 1.5

Anatomía del Oído

Transmisión ósea de los sonidos

Además de la transmisión de las vibraciones sonoras a través del tímpano y la cadena de huesecillos, existe la transmisión directa a través de los huesos del cráneo, que pueden llevar las vibraciones hasta los espacios perilinfáticos y originar la vibración de la membrana basilar. Esta vía no tiene importancia en la audición corriente pero es de interés en el estudio clínico de la sordera.

1.5.1 Vía auditiva

Las ondas sonoras son resultado de la compresión y depresión alterna del aire; se originan en algún objeto vibratorio y viajan a travez del aire de la misma forma que las ondas se desplazan en la superficie del agua.

Las ondas sonoras llegan al oído por la oreja; se dirigen a la membrana timpánica y la hacen vibrar; consecutivamente vibran el martillo, el yunque y el estribo.

Con el movimiento del estribo la ventana vestibular se desplaza hacia adentro y hacia afuera lo cual origina el movimiento ondulatorio de la perilinfa. Al moverse hacia adentro la ventana vestibular, empuja a la perilinfa hacia la coclea y aquella ejerce presión dentro del conducto coclear, por lo cual cede la membrana basilar y esta es empujada hacia la escala timpánica. La presión ejercida de manera inmediata sobre la escala timpánica empuja la perilinfa hacia la ventana coclear, que se deprime hacia el oído medio. Conforme disminuyen las ondas sonoras el yunque regresa a la posición normal y se invierte el fenómeno.

La vibración de la membrana basilar origina que las pestañas de las células pilosas del órgano espiral se muevan hacia la membrana **tectoria**. El movimiento de las pestañas estimula a las dendritas de las **neuronas** localizadas en su base y las ondas sonoras se transforman **en impulsos nerviosos**. Es en la corteza auditiva primaria, situada en la

porción media de la circunvolución superior del lóbulo temporal, donde se reciben los impulsos sonoros y se interpretan como sonidos distintos. Las señales se transmiten a las áreas auditivas de asociación circundantes, para dilucidar su significado.

1.6 El sonido

El sonido se produce cuando un cuerpo se mueve de un lado a otro con suficiente rapidez para enviar parte de su energía en forma de ondas de presión a través del medio en que está vibrando; sin embargo, el sonido, como sensación, debe ser recibido por el oído y transmitido al cerebro, los cuales analizan estas ondas sonoras y su distribución en el tiempo, y gracias a ello sabemos que se trata de un carruaje y no de unas pisadas, es más, distinguimos la situación del carruaje y la dirección en que se mueve.

Las moléculas que chocan entre sí forman una compresión, y las que al rebotar se apartan, forman una rarefacción; las compresiones y rarefacciones se extienden por el aire y forman la onda de presión llamada sonido.

La frecuencia es, sencillamente, el número de vibraciones por segundo que da de un lado a otro el objeto que perturba las moléculas del aire.

La gama de frecuencias que percibe el hombre es muy amplia; casi toda la gente oye la frecuencia de 20 vibraciones por segundo; y los jóvenes perciben notas mil veces más altas; la sensibilidad a las altas frecuencias disminuye rápidamente con la edad.

El tono "puro", llamado onda senoidal, tiene especial importancia en la física del sonido. Las ondas senoidales son los elementos básicos del sonido. Así como las mezclas complejas y los cuerpos compuestos se descomponen en átomos, así también los diferentes tonos de una sinfonía se componen de ondas senoidales.

El papel de las ondas senoidales como elementos constitutivos de sonidos complejos lo puso de manifiesto con toda claridad en 1801 el brillante matemático francés Jean Baptiste Fourier, que por aquel entonces ni siquiera estudiaba el sonido, sino que investigaba la forma en que el calor fluye a través de las cosas. Esto lo llevó a una técnica matemática, el análisis de Fourier, que reduce cualquier serie de ondas a una serie de ondas senoidales, cuya suma es igual a la compleja onda original.

La temperatura es importante, ya que afecta la velocidad del sonido. En un medio frío, las moléculas se mueven con lentitud, y ello reduce la velocidad a que se transmite el sonido; si este medio es **calentado**, sus moléculas chocan entre sí con más rapidez, y ello **aumenta la velocidad del sonido**. Así, a 0° centígrados, que es la **temperatura de congelación del agua**, el sonido viaja por el aire a

331.31 metros por segundo, y a 100°, que es su punto de ebullición, aumenta su velocidad a 385.87 metros por segundo.

Las propiedades de las ondas sonoras son el tono, el timbre y la intensidad.

El **tono** o **altura** de un sonido es debido a la frecuencia de las ondas que lo originan. El oído humano es sensible a frecuencias que fluctúan entre 20 y 20,000 ciclos por segundo. En general la voz humana fluctúa entre unas frecuencias de 100 y 8,000 ciclos por segundo.

El **timbre** es la cualidad del sonido que diferencia los distintos instrumentos o cuerpos que lo originan. Permite por lo tanto diferenciar también las diversas voces humanas. El timbre es debido a la sobreposición de armónicos (los sobretonos) a un sonido fundamental, lo que origina ondas de complejidad variable.

La **intensidad** o potencia del sonido depende de la amplitud de la onda. La medida de la intensidad se da en ergs y depende de la presión (dinas) ejercidas por la onda sonora sobre un área (cm²).

El oído capta los sonidos de una intensidad que es característica para cada frecuencia. Por debajo de cierto límite los sonidos no son percibidos y por encima de un máximo de vibraciones producen sensaciones dolorosas.

Diversas medidas de intensidad pueden ser utilizadas. Una es el dB, SPL (nivel de presión de sonido), basado en un estándar absoluto de decibeles de 0.0002 dinas/cm². Otro es el pe SPL, soportando un pico equivalente, en el cual, el pico de un sonido complejo de larga duración podría tener el mismo SPL como un estímulo de corta duración con la misma amplitud. Otras designaciones más populares son dB nHL (nivel de audición), haciendo referencia a la cantidad de decibeles después del umbral de audición para un grupo normal y en SL (nivel de sensación), refiriéndose al dB sobre el umbral para ese oído.

1.6.1 Los Decibeles

Para medir la intensidad relativa de diferentes sonidos se han formulado relaciones o índices entre sonidos fuertes y suaves. La unidad de medición es el decibel, de deci, un décimo, y bel, de Alexander Gramh Bell, inventor del teléfono.

Por fortuna, la sonoridad de un sonido no es directamente proporcional a su intensidad. Un mecanismo interconstruido disminuye la sensibilidad del oído al aumentar la intensidad.

El decibel es una medida que establece una relación aproximada entre la intensidad física del sonido y la sonoridad subjetiva con que se percibe. Un cambio de intensidad de aproximadamente tres decibeles produce el más pequeño cambio de sonoridad que puede

percibir el oído humano. Para medir los sonidos de la vida diaria, un nivel de cero decibeles que equivale aproximadamente a 0.000 dinas por cm² representa el sonido más débil que pueda percibir el promedio de la gente, la escala de intensidades percibida por el oído esta entre 0 y 120 dB. los sonidos se hacen físicamente dolorosos cuando rebasan los 130 decibeles. La conversación general oscila entre 60 y 80 decibeles. Como referencia se considera que el nivel normal de una conversación es de 70 dB; que el ruido producido en una esquina de una ciudad populosa a mediodía es 80 dB y que el sonido de una máquina de vapor es aproximadamente de 100 dB.

También se puede decir que el decibel es una unidad de medida obtenida de la comparación de dos niveles de señal de un circuito electrónico, tomando como referencia una etapa cualquiera de un amplificador, en la que se obtenga una cierta elevación del nivel de una señal, se puede definir el término denominado ganancia como el resultado de dividir el nivel de salida de señal obtenida en la salida por el que se aplicó en la entrada, esto es:

$$G = V_s/V_e$$

G = Ganancia V_s = Voltaje de salida V_e = Voltaje de entrada

$$\text{Ganancia (dB)} = 10 \log G$$

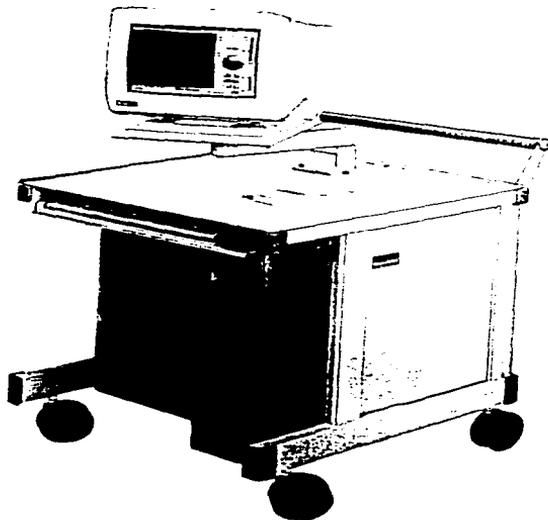
Por lo tanto será también:

$$\text{Ganancia (dB)} = 10 \log V_s/V_e$$

Un sonido diez veces más fuerte que otro es diez decibeles más intenso; cada diez veces de aumento en la intensidad significa un aumento de diez decibeles en el sonido. Un sonido mil veces más intenso que otro es treinta decibeles más fuerte; un sonido 100,000 veces más fuerte es 50 decibeles más fuerte; y así sucesivamente.

Capitulo II

EQUIPO PARA POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS BRAIN ATLAS III



CAPITULO II

2.0 Equipo para Potenciales Evocados Auditivos Brain Atlas III

2.1 Componentes del equipo para PEA modelo Brain Atlas III

Los componentes del equipo Brain Atlas III se muestran en la (figura 2.1). La sección de estímulo muestra el generador de click (sincronizado con el inicio del barrido del osciloscopio), conectado a un atenuador y las bocinas o audífono o sobre el oído. Los electrodos de registro están generalmente en el vértice central, el oído ipsilateral, en adición a una tierra en la región del vértice frontal. Las respuestas van a través de amplificadores y filtros, antes promediados por un convertidor Analógico-Digital, están colocados en la memoria y después de la conversión Digital-Analógica están listos para una presentación gráfica.

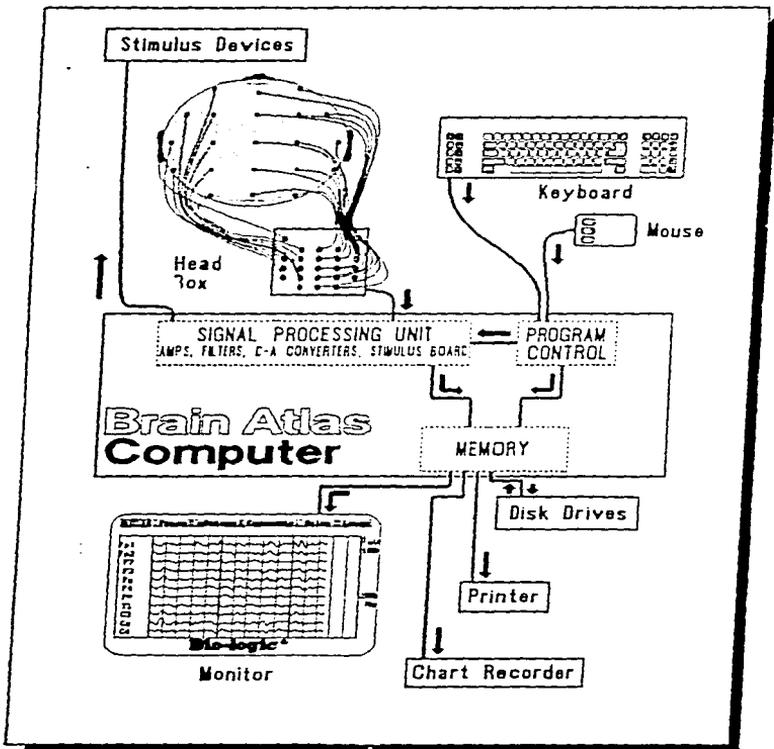


Fig. 2.1

Diagrama de bloques del Sistema de Estimulos y Registro de un Equipo de Potenciales Evocados

2.1.1 Cpu

El equipo Brain Atlas III consta de las siguientes características:

marca de la computadora:	American Megatrends
Manufactura del BIOS :	American Megatrends
Categoría del BIOS:	IBM PC/AT
Fecha del BIOS:	02/19/88
Procesador:	80386
Velocidad del Procesador:	4.877 MIPS promedio, 7.406 MIPS máximo
Coprocesador Matemático:	80387
Teclado:	Expandido
Tipo de Bus:	ISA/AT/Classic Bus
Controlador DMA:	Si
IRQ2:	Si

a) Memoria

Memoria convencional:	640 KB
Usada por DOS:	94 KB
memoria para Programas:	545 KB
Memoria para vídeo:	32 KB
Memoria extendida:	3328 k

b) Vídeo

Adaptador de vídeo:	VGA
Manufactura:	Paradise
Modelo:	Paradise
Monitor:	VGA Color
Modo de vídeo:	3
Numero de columnas:	80
Numero de filas:	25
Fecha del BIOS de vídeo:	07/14/88

c) Versión del sistema operativo

sistema operativo:	MS-DOS 5.0
DOS localizado en:	Memoria convencional

d) Track boot

Marca:	Fast Trap
Modelo:	9045

e) Manejadores de discos

A:	Drive 5.25"	1.2 MB
	80 Cilindros, 2 cabezas	
	512 Bytes/Sector, 15 sectores/track	

C: Disco Duro tipo 0 **20 MB**
20 Cilindros, 64 cabezas
512 Bytes/Sector, 32 sectores/Track

D: Disco Duro Tipo 0 **80 MB**
20 Cilindros, 64 cabezas
512 Bytes/Sector, 32 sectores/track

E: Bernoulli **20 MB**

f) Puerto Paralelo

LPT1

LPT2

g) Puerto Serial

COM1 8 Bits de datos

COM2 8 Bits de datos

Impresora

Marca: Hewlett Packard

Modelo: Pain-Jet

Regulador No-break

Marca:	Tripp lite
Modelo:	OMNI 900LAN
Entrada de línea:	87-140VAC
Salida:	120Vac 60 Hz 900 VA/650 Watts

Transformador de aislamiento

Marca:	Bio-logic
Modelo:	BS5724 IEC 601-1
Potencia :	750 VA

Audffonos

Marca:	Telex
Modelo:	TDH-39P

Amplificador

Marca:	Bio-Logic
Modelo:	22CHEXTAMP

2.1.2 Audífonos

Los audífonos pueden estar calibrados para el valor de pico del click, utilizando un oído artificial y un audiómetro que suministra sus valores en decibeles (dB), como escala de radio.

2.1.3 Electrodo

Los electrodos de registro de aproximadamente 5 mm de diámetro se adhieren al cuero cabelludo por medio de una pasta a base de bentonita. Esta pasta, que es a la vez conductora, fija al electrodo por varias horas. Estos electrodos deben atenuar significativamente señales de 0.5 y 70 Hz y deberán estar libres de ruido e inercia. Evidencias experimentales indican que los electrodos de plata clorurada u oro fijados por colodión son los mejores, pero otros materiales para electrodos y pastas conductoras han sido usados con gran efectividad especialmente con los amplificadores modernos que tienen altas impedancias de entrada. Para disminuir el ruido, los electrodos deben mantenerse limpios y dejarlos remojando en solución de cloruro de sodio después de utilizarlos. Deben tomarse precauciones especiales después de usarlos con pacientes contagiosos (hepatitis viral, enfermedad de Creutzfeldt-jacob, síndrome de inmunodeficiencia adquirida, etc.).

La impedancia o resistencia entre electrodos debe ser medida rutinariamente antes de iniciar el registro. Normalmente estos

electrodos tienen muy baja impedancia cuando son correctamente aplicados (entre 1 y 2 k ohms), la impedancia de los electrodos no debe exceder de 5 k ohms.

Una vez que están aplicados sobre el cuero cabelludo, no deben producir artificios durante el registro, ya que si durante el registro aparece cualquier patrón sospechoso de ser artefacto, deberán medirse nuevamente las impedancias de los electrodos.

2.2 Cámara Sonoamortiguada

Con el objeto de salvar el inconveniente producido por el ensordecimiento del oído por el medio ambiente, se construyen unas cámaras especiales que tienen por objeto aislar al enfermo, en la medida de lo posible, del ruido externo.

Si tenemos en cuenta que el ruido normal que existe en una habitación, al parecer silenciosa, es de cerca de 50 dBs, se puede comprender que el sujeto examinado de unas respuestas que no son las que realmente corresponden a su verdadero umbral.

Es necesario, para tomar un buen potencial auditivo, el aislamiento del enfermo de la atmósfera de ruidos que le envuelve. **Algunos médicos no dan tanta importancia al aislamiento total, pues creen conveniente sacar el potencial en las condiciones ruidosas ambientales, mientras que otros prefieren una amortiguación**

exagerada. Nosotros creemos que en realidad un sonoaislamiento de 30 a 40 dBs es suficiente para las mediciones normales de otología clínica. en cambio será necesaria la amortiguación sonora casi total en las observaciones que se hagan en sujetos con umbrales normales, con poca pérdida, o en investigación.

Para la clínica común no es necesario sino cierta sonoamortiguación que se pueda conseguir con los audífonos, ya que los equipos actuales como el Brain Atlas III son cada día más sensibles y reúne las condiciones suficientes para sacar perfectos potenciales auditivos.

La cámara debe ser sonoaislada (para que no penetren los ruidos del exterior), al mismo tiempo que sonoamortiguada o anecoica para que no tenga lugar la reflexión de los sonidos que se produzcan en el interior. Para resumir, la cámara audiométrica debe reunir las siguientes condiciones según Fournier (véase fig. 2.2):

- 1) Materiales empleados de bajo coeficiente de transmisión sonora para que el sonido se absorba no se refleje.
- 2) Aislamiento de las paredes y del suelo para evitar la reflexión sonora.
- 3) Revestimiento interior con materiales de coeficiente de reflexión baja y de absorción alta.

Debemos tener en cuenta que los audífonos, al ser aplicados en el pabellón auditivo, dejan una pequeña cámara de aire de unos 6 cm cúbicos que amortigua el sonido unos 20 dBs. para la vía aérea, en cambio sensibiliza la vía ósea.

Volvemos a hacer hincapié en que no es necesario un aislamiento y amortiguación sonora casi total como muchos creen, sino para pruebas de carácter científico o de investigación.

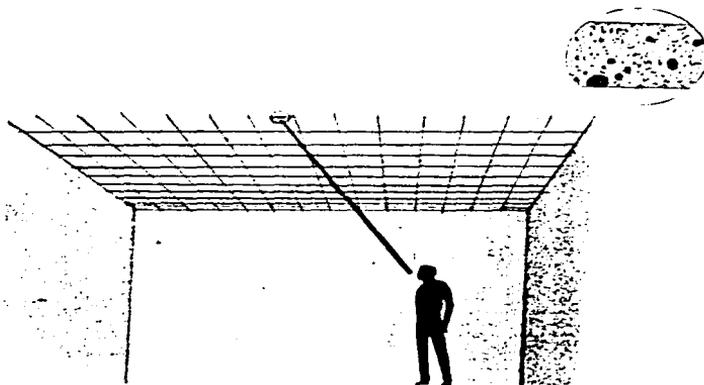


Fig. 2.2
Cámara sonoamortiguada. Estos dibujos ilustran cómo los materiales absorbentes disipan la energía del sonido de la voz de un hombre.

2.3 Seguridad eléctrica

Para registrar potenciales evocados en el laboratorio, deben llevarse a cabo diferentes mediciones para asegurar al paciente. Debe de ser medido en forma periódica tanto la puesta a tierra como la fuga de corriente de todos los instrumentos conectados al paciente, o localizados en el mismo cuarto en que se encuentre éste.

Los cuatro pasos que se consideran en cuanto a la seguridad eléctrica son los siguientes:

- a) Se verifica que las tomas estén debidamente alambradas.
- b) Asegurar que no haya equipo que absorba mucha potencia en la misma línea que el equipo de potenciales evocados.
- d) Protección contra ruido: alzas, picos, y altos y bajos voltajes. (por medio de un regulados no-break).
- c) Contar con una tierra común para todos los dispositivos que conforman el equipo de potenciales evocados.

A continuación se explican más detalladamente los puntos anteriores.

a) Las tomas de corriente alterna tienen tres terminales : una terminal ancha, una angosta y una cilíndrica al centro. La cilíndrica es la tierra de seguridad, la terminal angosta es la línea viva o fase y la terminal ancha es el retorno o neutro. Para revisar que las tomas estén debidamente alambradas se utiliza un probador de circuitos eléctricos, el cual indica por medio de leds si la toma esta correctamente alambrada.

b) Se debe asegurar que no haya equipo que absorba mucha potencia en la misma línea donde esta conectado el equipo de potenciales evocados. Tales como motores grandes (aire acondicionado), resistencias de calentamiento (cafeteras), copiadoras o impresoras láser.

Además de revisar lo anterior el equipo de potenciales evocados cuenta con un transformador de aislamiento, en este se forma una barrera de radio frecuencia (RF) entre las bobinas primaria y secundaria del transformador eliminando ruidos de alta frecuencia.

c) **Protección contra ruido: alzas, picos, y altos y bajos voltajes.** Si recordamos que la potencia es igual al producto del voltaje por la corriente, cuando el voltaje disminuye la fuente de poder reacciona al **voltaje bajo** absorbiendo demasiada corriente. Esto genera calor y **puede destruir** los componentes del equipo.

Cuando alguna fuerza externa hace que la línea de alimentación eléctrica conduzca más voltaje del que debe, se le llama condición de voltaje alto, el voltaje alto puede dañar los chips o destruir los circuitos internos del equipo.

Los voltajes breves de menos de un milisegundo de duración se llaman picos.

2.3.1 Tierra física

La tierra eléctrica tiene como propósito, entre otras cosas, suministrar un punto de referencia eléctrico. Una buena tierra sirve principalmente para seguridad, tanto del equipo como para el paciente inclusive debe conectarse a tierra la camilla donde descansa el paciente durante el registro del estudio. Es importante que todos los dispositivos conectados al equipo Brain Atlas III compartan la misma tierra.

Normalmente se tiene dos tipos de alimentación de energía eléctrica y es importante recalcar la diferencia entre estos dos puntos de tomas.

La primera tiene solamente dos terminales; el vivo y el neutro, también llamado erróneamente tierra.

La segunda tiene tres terminales, el vivo que es la terminal angosta, el neutro o regreso que es la terminal más ancha y la tierra de seguridad que es la terminal cilíndrica. La siguiente figura ilustra los dos casos, en el primero, en caso de presentarse fuga eléctrica entre la resistencia del calentador y su chasis metálico, al tocar simultáneamente una persona con las manos húmedas el chasis y algún mueble metálico conectado a la tubería del agua fría estará proporcionando su cuerpo un camino de regreso a la corriente eléctrica hacia tierra.

En el segundo caso, al contar con una tierra de seguridad conectada directamente al chasis, esta proporciona un camino más sencillo para el regreso de la corriente de fuga hacia tierra, evitando así el shock eléctrico.

Ahora bien, si la instalación eléctrica es de solamente dos hilos es conveniente tener presente las siguientes recomendaciones:

a) Aterrizar todos los chasis de sus aparatos e instrumentos eléctricos a la tubería del agua fría más próxima mediante un cable de cobre grueso

b) Mantener secas las manos

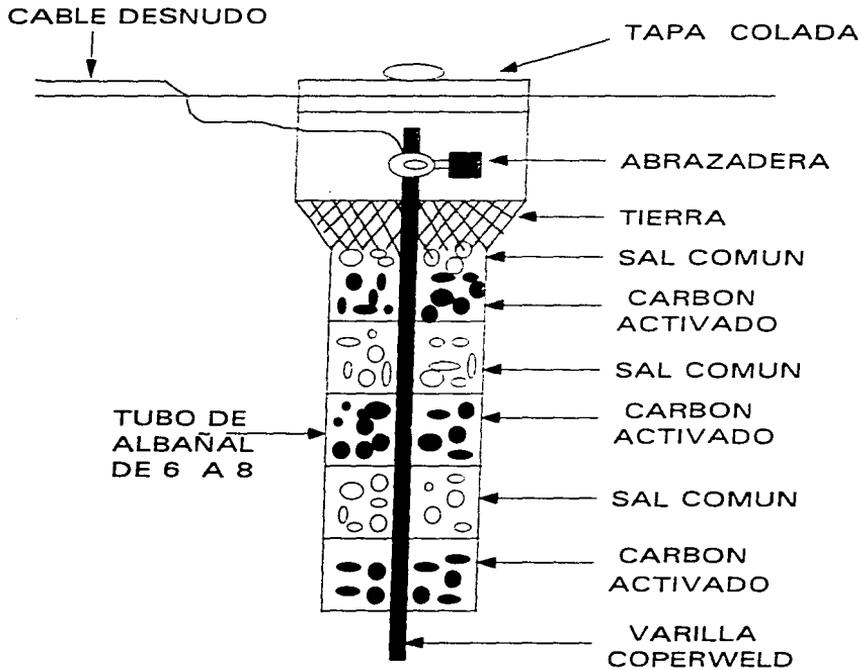


Figura 2.3
 Sistema de tierra física utilizada en el equipo Brain Atlas III en el Instituto Nacional de Salud Mental-DIF

2.4 Parámetros

En la figura siguiente se muestra un típico sistema promediador de señales apropiado para potenciales evocados. El sistema se compone de tres partes distintas: el sistema de amplificador/filtro, el sistema de estimulación y el promediador de señales. El objetivo de cada uno de estos componentes es el siguiente:

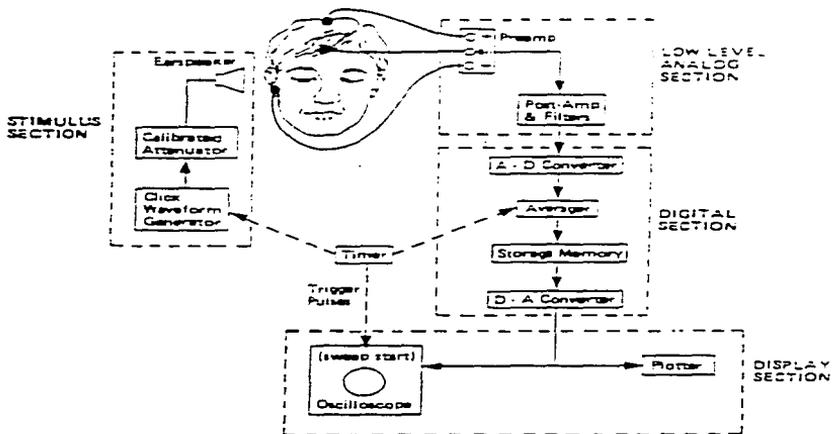


Figura 2.4
Sistema promediador de señales para potenciales evocados

2.4.1 Amplificador fisiológico

El propósito del amplificador fisiológico es aumentar el nivel de voltaje de los potenciales eléctricos (señal registrada) en el cuero cabelludo, que estén en la proximidad del nivel de 10-100 microvoltios a 1- 10 voltios, la amplificación generalmente es de 50,000 a 500,000 (10^5) veces la señal de entrada, de modo que puedan ser manejados adecuadamente por el filtro y el promediador.

El conjunto de propiedades exigibles a un amplificador ideal son:

- Ganancia de tensión tan elevada como sea posible.
- Impedancia de entrada lo más alta posible.
- Impedancia de salida muy baja, próxima a cero.
- Respuesta en frecuencia uniforme sobre una banda que comprenda desde frecuencia cero (corriente continua) hasta un valor muy elevado.

Los parámetros que identifican eficazmente las características de un amplificador fisiológico son:

- a) Ganancia
- b) Polaridad
- c) Ancho de banda
- d) Impedancia de entrada
- e) Relación de rechazo en modo común
- f) Ruido de entrada equivalente

a) Ganancia

La ganancia del amplificador es el factor por el que se multiplica la entrada de voltaje diferencial. Un amplificador fisiológico tiene habitualmente una entrada positiva (+) y una entrada negativa (-). La diferencia de voltaje que aparece a través de estas entradas es multiplicada por un factor igual a la ganancia. La referencia de tierra del amplificador diferencial no entra dentro de su ganancia, aunque es necesaria para un registro estable. Por ejemplo.

Si un amplificador fisiológico proporciona una ganancia de 10^4 ó 10,000, entonces un voltaje diferencial de 10 microvoltios en la entrada sería amplificada a 100 milivoltios.

$$(V_{\text{entrada}}) (\text{Ganancia}) = V_{\text{salida}}$$

$$(10 \times 10^{-6})(1 \times 10^4) = 100 \times 10^{-3} = 100 \text{ mV}$$

Esta señal amplificada se conecta a la unidad básica donde es nuevamente amplificada y filtrada. La ganancia eficaz del sistema, necesaria para los potenciales evocados oscila habitualmente entre 50,000 y 500,000 dependiendo de la modalidad que se registra.

El equipo Brain Atlas III de potenciales evocados cuenta con los siguientes valores de ganancia:

10, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 5000, 7500, 10000, 15000, 20000, 25000, 30000, 50000, 75000, 100000, 150000, 200000, 250000, 300000

b) Polaridad

En un promedidor, una diferencia de voltaje en la entrada produce un desplazamiento vertical en la presentación visual del osciloscopio o monitor. En el caso de algunos equipos cuando la entrada (+) es más positiva que la entrada (-) habrá una desviación ascendente en la pantalla del osciloscopio o monitor. En el caso de las respuestas auditivas de tallo cerebral. Los electrodos de registro son conectados habitualmente entre el vértice y el mastoides ipsilateral en la convención "vértice positivo y arriba". Esto significa que si se conecta el electrodo del vértice en la entrada (+) y el electrodo del mastoides en la entrada (-), una respuesta que sea positiva en el vértice con relación al mastoides causará una relación ascendente en la pantalla. Recíprocamente, la misma respuesta podría ser registrada "vértice positivo y hacia abajo". Aquí, conectando el electrodo del mastoides en la entrada (+) y el del vértice en la entrada (-), se causaría una desviación descendente cuando el vértice sea positivo con relación al mastoides. (Fig. 2.5)

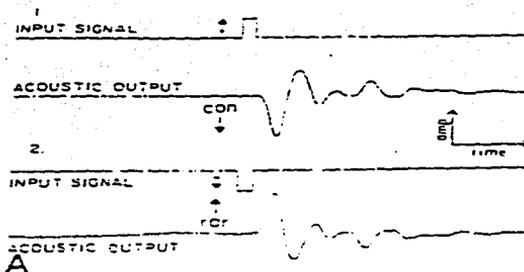


Figura 2.5
Polaridad de un Potencial Evocado Auditivo

c) Ancho de banda

El ancho de banda de un canal es el rango de frecuencias que éste puede transmitir con razonable fidelidad; por ejemplo si un canal puede transmitir con razonable fidelidad una señal cuyas componentes de frecuencia ocupan un rango de 0 (CD) hasta un máximo de 5000 Hz (5 KHz) el ancho de banda del canal será de 5 KHz.

d) Impedancia de entrada

La impedancia de entrada es una medida de la resistencia al flujo de la corriente en las conexiones de entrada del amplificador. Los valores típicos oscilan entre 1 Megaohmio y 100 Megaohmio (1 Megahomio = 1 millón de ohmios). En el caso del equipo de potenciales evocados debe ser alta para no distorsionar la señal captada.

La resistencia del cuero cabelludo, del hueso, de la duramadre, etc., constituyen la resistencia de la fuente o resistencia de salida. En este circuito conformado por paciente-electrodos-amplificador hay dos resistencias más y son las resistencias de los electrodos que entran al canal.

Cuanto más alta sea la impedancia, mayor será la resistencia, al paso de la corriente. El objetivo principal de una impedancia de entrada alta es optimizar la relación de rechazo en modo común del sistema cuando hay un desequilibrio en la impedancia de los electrodos de registro.

e) Relación de rechazo en modo común (CMRR)

La relación de rechazo en modo común es una medida de la atenuación de una señal común a ambas conexiones activas de registro del amplificador fisiológico. En verdad, esta señal común es

generalmente una interferencia de 60 Hz. Una típica relación de rechazo en modo común oscilaría entre 80 dBs y 120 dBs. En el ejemplo indicado anteriormente, donde se mostró una ganancia diferencial de 10^4 , una relación de rechazo de 100 dBs atenuaría una señal común en el valor de 100.000, con relación a una señal diferencial.

Específicamente, en este ejemplo tendría que haber una señal de 1 voltio a 60 Hz, para obtener el mismo efecto amplificado que una señal diferencial de 10 microvoltios. Ambas producirían una señal de 100 milivoltios en la salida.

La relación de rechazo efectiva disminuye al haber un desequilibrio en la impedancia de los electrodos. Dada una impedancia de entrada de 10 Megaohmios con un desequilibrio en los electrodos de 1K, el rechazo máximo de 60 Hz sería aproximadamente de 80 dBs, con prescindencia de la relación de rechazo del amplificador. El desequilibrio convierte la señal común en una señal diferencial que es amplificada por el amplificador fisiológico. La señal diferencial creada es aproximadamente igual al (desequilibrio/impedancia de entrada) multiplicado por la (señal común). En el ejemplo anterior una señal de 1 voltio a 60 Hz introduciría una señal diferencial de 100 microvoltios.

$$\frac{1000 \times 1 \text{ voltio}}{1 \times 10^7}$$

f) Ruido equivalente de entrada

Toda instrumentación eléctrica genera ruido eléctrico. En el caso de un amplificador fisiológico ese ruido se mide poniendo en corto circuito las entradas del amplificador, midiendo la salida y normalizando en base a la ganancia del amplificador. La cantidad de ruido del amplificador será afectada por el ancho de banda del sistema, habiendo más ruido cuando ella es mayor. El ruido podría ser representado como ruido equivalente pico a pico para un ancho de banda determinado o como ruido equivalente eficaz (valor cuadrático medio) para la misma. Al registrar potenciales evocados es conveniente tener una cantidad mínima de ruido de amplificador que mejore la relación de señal/ruido inicial. El ruido extra solo introduce más variabilidad en el proceso registrador.

2.4.2 Filtros

Los filtros ideales permiten la transmisión libre de distorsión de una cierta banda de frecuencias y bloquean las frecuencias restantes.

Las señales registradas de los potenciales evocados se procesan por medios digitales, mediante una computadora digital de propósito especial que se diseña para convertir la sucesión de entrada en una sucesión de salida deseada. Esto comprende muestreo, cuantificación y codificación.

La exactitud de un filtro digital depende sólo de la longitud de palabra de la computadora, del intervalo de cuantificación y del índice de muestreo.

Los filtros digitales emplean elementos simples, como sumadores, multiplicadores, defasadores y elementos de retardo, más que componentes pasivos (resistencias, inductancias y capacitancias) y amplificadores operacionales.

En el equipo de potenciales evocados el filtro se incluye para optimizar la relación de señal:ruido antes de promediar las señales.

Específicamente, el paso de banda se regula para atenuar la actividad de fondo en una gama de frecuencias en la que no hay ninguna señal de interés por ejemplo, para el registro de los potenciales evocados auditivos del tallo cerebral se hace una regulación nominal para registrar información entre 150 Hz y 3000 Hz. Así queda atenuada toda la información dentro de esa región, reduciéndose eficazmente la cantidad de ruido que está mezclado sin la señal de tallo cerebral.

Típicamente el filtro está representado por el punto de corte y la pendiente o atenuación progresiva. El filtro no restringe totalmente todas las frecuencias que estén fuera de sus valores de ajuste. **Tampoco** pasa toda la información dentro de los mismos.

Una señal se atenuará más a medida que se aleja del punto de corte del filtro. La rapidez con que aumenta la atenuación a partir del punto de corte da la medida de la atenuación progresiva. Los valores típicos son de 6 ó 12 dBs por octava, entendiéndose por octava cada duplicación del valor de la frecuencia, a partir de la de corte. Cada paso de 6 dBs representa un valor de 2 en la atenuación. La siguiente tabla muestra la atenuación en función de la frecuencia, para el ejemplo auditivo anterior y en el caso de filtros con atenuaciones progresivas de 6 dBs/octava y 12 dBs/octava. Obsérvese que el filtro de atenuación progresiva más alta causa una mayor atenuación fuera de sus valores de ajuste. Obsérvese también que los datos ya están siendo atenuados en el punto de corte (valor de ajuste del filtro). El valor de ajuste del filtro, o de corte, es el punto de 3 dBs de atenuación ó 0.707. De modo que en realidad hay también algo de atenuación dentro de los valores de ajuste de filtro.

Factor de atenuación

6 dBs/octava				12 dBs/octava			
37.5 Hz	75 Hz	150 Hz	3	37.5 Hz	75 Hz	150 Hz	3
KHz	6 KHz	12 KHz		KHz	6 KHz	12 KHz	
0.177	0.353	0.707		0.088	0.177	0.707	
0.707	0.353	0.177		0.707	0.177	0.088	

Tabla 1

En el equipo Brain Atlas III Los filtros pueden modificarse simplemente cambiando el algoritmo de la computadora.

Se cuenta con los siguientes valores de filtros en el equipo de potenciales evocados:

Filtro de bajas frecuencias:

De 0.1 a 300 Hz teniendo las siguientes opciones

0.1, 0.3, 1, 3, 10, 30, 100, 300.

Filtro de altas frecuencias:

De 15 a 20000 Hz teniendo las siguientes opciones

15, 37.5, 75, 100, 150, 250, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000, 10000, 20000.

Los filtros que son apropiados para diferentes tipos de PEATC están mostrados en la tabla 1.

Esta tabla muestra los potenciales muy lentos como un potencial de suma (PS), y potenciales medio tardíos que requieren un punto de corte de baja frecuencia < 10 Hz. La frecuencia alta de corte es generalmente de 3 kHz excepto para el micrófono coclear, frecuentemente muy rápido requiriendo hasta 3 KHz, y el potencial de vértice bajo requiere un valor menor de 100 Hz. Un ejemplo del efecto de un filtro de baja frecuencia se observa en la figura 10 mostrando un potencial muy bajo que aparece con un corte lento de 20 Hz, pero es eliminado con un corte de 300 Hz.

2.4.3 Estimulador

La parte estimuladora es necesaria para proveer la flexibilidad adecuada en la generación de estímulos.

Las respuestas auditivas del tallo cerebral son generalmente registradas con estímulos de click. El click es producido por un generador de pulsos que acciona una bocina con un impulso eléctrico de onda cuadrada muy breve, de una duración nominal de 100 microsegundos (0.1 milisegundo). Este breve impulso hace que la bocina produzca un "ruido seco" o "click". Las ondas de presión así producidas consisten de una primera onda mayor seguida por una más pequeña, seguida por un número de oscilaciones de inercia de polaridades alternas que pueden durar hasta 2 mseg., o más. La forma de la onda del pulso que activa al micrófono para producir los clicks es de forma eléctrica y puede ser visualizada sobre la pantalla de un osciloscopio y constituye la salida del generador de pulsos. Las ondas de presión sonora, que serán designadas como forma de onda acústica de los clicks, puede visualizarse acoplando el micrófono a la bocina a un medidor de nivel de sonido por medio de un acoplador de micrófono estándar o un oído artificial y desplazando sobre la pantalla de un osciloscopio la salida eléctrica del medidor (fig. 2.6). Esta forma de onda se parecerá al estímulo mecánico aplicado a la membrana timpánica en la medida que el oído artificial aproxime sus características de transferencia acústica a las del meato auditivo externo del hombre.

Número
de
clicks

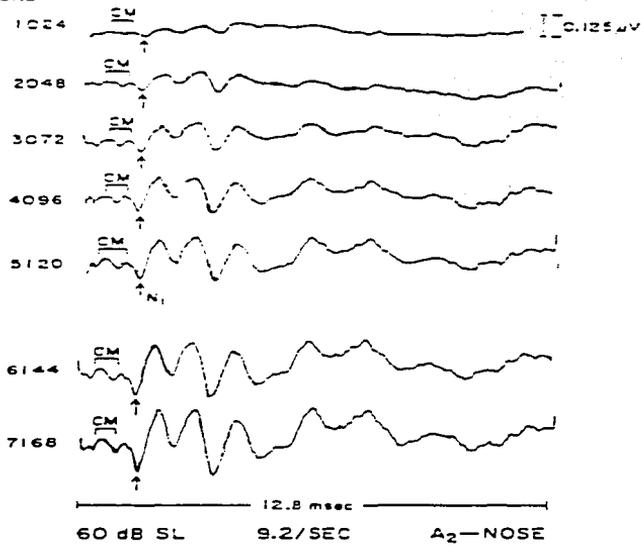


Figura 2.6
Respuesta auditiva como una función de el número respuestas promediadas

Los audífonos que entregan el estímulo son electromagnéticos (TDH-39P) que pueden producir un artefacto de estímulo considerable. El estímulo acústico producido tiene una energía espectral de 100 Hz a 8 KHz. Esto quiere decir que toda la cóclea es estimulada por un click, lo que significa que la prueba no es de ningún modo específica en cuanto a frecuencia. Además los parámetros de los estímulos deben controlarse adecuadamente. En el equipo Brain Atlas III se suministran controles para los parámetros de intensidad, duración y frecuencia de los estímulos. Los controles de grado o frecuencia y de duración se proveen frecuentemente en el promediador, según se ilustra en la figura 2.7.

CLIKC DE CONDENSACION

Diapragma del audifono
desplazamiento hacia afuera

Canal auditivo externo

Membrana Timpanica
Desplazamiento medio



CLIKC DE RAREFACCION

Diapragma del audifono
desplazamiento hacia adentro

Membrana Timpanica
Desplazamiento lateral

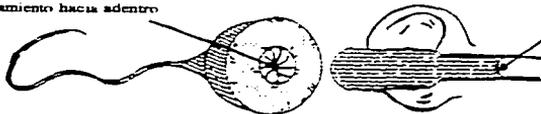


Figura 2.7
Representación esquemática de las diferencias entre clicks de condensación y rarefacción

2.4.3.1 Estímulo

Los parámetros de los estímulos deben controlarse adecuadamente. Los controles mínimos para cada modalidad incluyen:

a) Frecuencia del estímulo

Las frecuencias de estimulación empleadas varían ampliamente de 5 a 200/seg., dependiendo de la aplicación de la prueba. Las ondas I, II, VI y VII se reducen en amplitud particularmente con frecuencias de más de 10/seg. Así, las frecuencias de estimulación a 8-10/seg., son convenientes especialmente para la resolución de estos picos.

b) Intensidad del estímulo

Se recomienda que la intensidad del click sea calibrado acústicamente en decibeles pico-equivalentes al nivel de presión del sonido (dB pe SPL). Las medidas de nivel de presión del sonido utilizan como nivel de referencia (0 dB) a 20 micropascales (mPa) que equivalen a 0.0002 dinas/cm². Un click pico-equivalente SPL, es el SPL de un tono puro, la amplitud pico a pico de la cual equivale a la amplitud pico a pico de la forma de la onda del click acústico. La calibración del sistema que produce los estímulos deberá repetirse cuando menos cada 6 meses. **Cada laboratorio deberá ser capaz de convertir las medidas de intensidad en valores equivalentes obtenidos con otros métodos, es decir, expresarlos en decibeles arriba del nivel auditivo normal o dB HL (dB por arriba del promedio del umbral auditivo de un grupo de adultos**

jóvenes normales probados en el mismo laboratorio y bajo condiciones idénticas a aquellas usadas para registrar los PEATC clínicamente) o en decibeles por arriba del nivel de sensación o dB SL (dB por arriba del umbral auditivo individual del sujeto en el oído probado). Las intensidades de estimulación habitualmente empleadas caen en el margen entre 40 y 120 dB pe SPL. El umbral se regula psicoacústicamente en base a pruebas en una población o grupo de personas con oído normal.

c) Polaridad del estímulo

La polaridad de los estímulos debe ser establecida. Aquellos clicks en los cuales la primera y mayor onda acústica aplican una presión negativa al frente de la membrana del tímpano se les llama click de rarefacción (Fig. 2.7). Aquellos clicks en los cuales la primera y mayor onda acústica aplican una presión positiva (estímulo positivo) significa que el click tiene un efecto inicial de compresión en la membrana del tímpano, se les refiere como click de condensación (Fig. 2.7). Un estímulo alternativo significa que estos estímulos están presentes en forma alternativa.

Para los clicks de condensación, el diafragma del audífono se mueve hacia fuera y la membrana timpánica es impulsada adentro y al centro. Para los clicks de rarefacción, considerados más estimulantes, el diafragma del audífono está desplazado hacia adentro, aspira hacia afuera la membrana timpánica, la cual está también desplazada

lateralmente. La Fig. (2.7) muestra estas dos clases de clicks como una señal eléctrica hacia arriba y hacia abajo (100 microsegundos). Las señales bajas de entrada son las más complejas acústicamente e la salida las cuales aparecen como señales sinusoidales amortiguadas con una deflexión inicial tanto abajo como arriba. El espectro de frecuencia del click acústico es visto más abajo demostrando que la energía equivalente se encuentra para todas las frecuencias por debajo de un Kilohertz, pero con picos de entre dos y cinco Kilohertz, el último no es visto con un pulso de corriente directa (CD) (línea punteada), ambas caen en 10 Kilohertz.

Los generadores de clicks deben de ser capaces de producir clicks de rarefacción y condensación solamente y de rarefacción y condensación alternados. No hay una racionalización clara para preferir clicks de rarefacción a los de condensación, o viceversa. Sin embargo, es esencial que los datos normativos sean colectados usando los estímulos de polaridad o polaridades que se vayan a utilizar en la prueba clínica.

Otros estímulos aparte de clicks pueden también ser utilizados para producir los PETC, tales como tonos breves (pips), trenes de tonos, clicks cíclicos, ráfaga de ruido filtrado, etc. La mayoría de estos estímulos tienen un espectro tonal mas restringido que los clicks de banda ancha, es decir son estímulos de banda estrecha mas apropiados para las aplicaciones audiológicas de los PEATC.

La figura 2.8 muestra algunos estímulos que se utilizan en la producción de los PEATC.

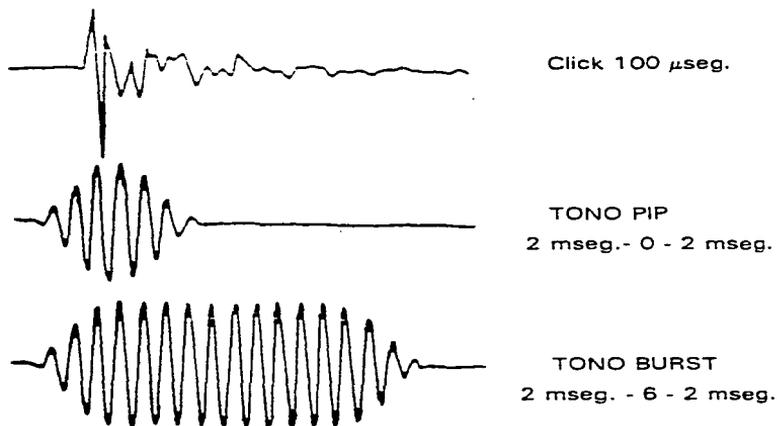


Figura 2.8
Tres tipos de estímulo auditivo.

Por arriba está el click descrito anteriormente; en la mitad está un tono pip, generalmente designado por tres números refiriéndose el primero al número de miliseg. (2) para un tiempo de rizo, luego el siguiente número (0) para una meseta y el-tercer número (2)

representando los mseg para el tiempo de caída. En el fondo está un tono en burst (ráfaga), mostrando un tiempo de rizo de 2 mseg, 6 mseg de meseta y 2 mseg de tiempo de caída y así mismo designados como 2-6-2.

Es importante mencionar que durante la prueba de PEATC los clicks de estimulación se deben aplicar monoauralmente, es decir solo un oído a la vez

2.4.3.2 Enmascaramiento

Al realizar el Potencial Evocado hay una pregunta en cuanto a si el ruido blanco (muchas frecuencias diferentes mezcladas juntas a 40 dB menos que el click de estimulación) debería estar entregado al oído no estimulado. Algunos investigadores utilizan la técnica para evitar el cruce de estimulación del oído contralateral a través de conducción ósea. Otros investigadores discutirían que tal cruce de estimulación generalmente no ocurre de hecho a niveles de estímulo generalmente utilizados (70 dB SL) y también la entrega de cualquier estímulo al " oído no estimulado" podría tener un efecto sobre el oído ipsilateral estimulado por vía del haz oligococlear cruzada .

En las normas internacionales para estudios clínicos con **potenciales evocados** se recomienda que el oído contralateral sea **enmascarado** por un ruido blanco de 40 dB menos que el click de **estimulación** para eliminar respuestas cruzadas. Es decir, respuestas

por conducción o sea que se originen en ese oído. Aunque no es necesario en cada situación, se recomienda que el enmascaramiento contralateral se incluya en el protocolo rutinario de la prueba, para evitar su omisión inadvertida cuando se requiere.

2.4.4 Promediador

El promediador de señales es necesario para registrar las respuestas, mejorando sus relaciones de señal/ruido. Como ya se menciono anteriormente el requisito clave para promediar es tener una sincronización entre el promediador y el estimulador.

Típicamente, la repuesta se muestra luego en un monitor para ser interpretada por el médico.

Un hecho importante a observar acerca del promediador de señales es que, hay dos vías de conexión del promediador al paciente: la vía de registro de amplificador/filtro y la de control de los estímulos. Esto representa una sincronización necesaria entre la presentación del estímulo y el proceso de registro.

Se sugiere un tiempo de análisis de 10-15 mseg, desde la iniciación del estímulo. algunas veces se requiere de un tiempo de análisis no menor de 15 mseg, para demostrar respuestas extremadamente retardadas en ciertas condiciones patológicas. El análisis de 15 mseg, es también esencial en registros neonotables y transoperativos.

Se sugiere un promedio de cerca de 1000-4000 intentos individuales asta alcanzar una buena resolución de la forma de la honda. Se puede obtener 2 o mas respuestas y superinponerlas para demostrar la replicabilidad o la falta de replicabilidad de sus componentes.

2.5 Conversión Analógica / Digital (A/D)

Las señales se dividen en dos clases claramente diferenciadas: Analógicas y Digitales.

La diferencia básica es que en el analógico el registro es continúa en la salida del amplificador de voltaje, y el Digital ocurre el registro en intervalos entre 0.001 a 0.002 seg. y los tiempos intermedios se ignoran.

La salida de voltaje del amplificador es muestreada usando un switch electrónico y luego se compara en un convertidor A/D.

Las señales digitales se componen de un determinado número de impulsos que se corresponden con estados de "si" o "no", en la circulación de la corriente. Un "si" equivale a paso de corriente y puede representarse mediante el cierre de un interruptor. El "no" supone la no circulación, con lo que el interruptor equivalente estaría abierto. El funcionamiento es, en consecuencia, por conmutación.

Para realizar un potencial evocado pueden utilizarse computadoras analógicas o digitales. Las computadoras analógicas analizan el potencial evocado tal como es, o sea, como una señal continua. Para usar las computadoras digitales es necesario transformar la señal en una serie de valores discretos. Esto se hace por medio de un convertidor analógico-digital, que muestrea la señal en intervalos equidistantes, transformando la señal continua en una serie de valores muestreados. (Ver figura 2.9)

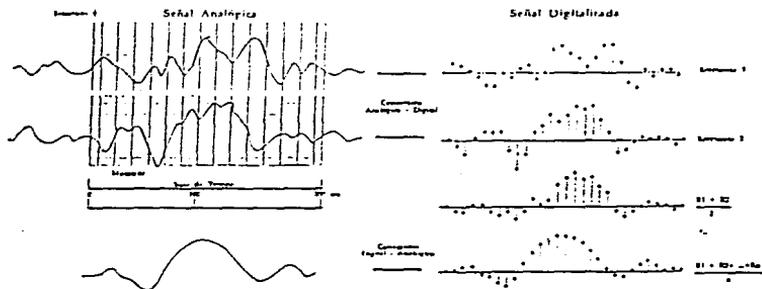


Figura 2.9
Resolución horizontal de una señal digitalizada.

En la actualidad, se utilizan más frecuentemente los equipos digitales.

La extracción del mensaje es en ocasiones más fácil en las señales digitales que en las señales analógicas.

Consideremos un caso binario: Se codifican dos símbolos como pulsos una de dos o hay señal o no hay señal, la única decisión en el receptor será la selección anterior o todo o nada, no entre los detalles de la forma del pulso, la decisión se tomara rápidamente con razonable certidumbre, aun si los pulsos se encuentran distorsionados y afectados por ruido. En consecuencia, un sistema de comunicación digital puede transmitir mensajes con mayor exactitud que un sistema analógico en presencia de distorsión y ruido.

En contraste con los mensajes digitales, la forma de onda de los mensajes analógicos es importante, aún una leve distorsión o interferencia en la forma de la onda ocasionará un error en la señal recibida.

Si la señal de interés es lo suficientemente grande en comparación con las amplitudes de ruido típicas, el receptor puede aún distinguir correctamente entre los dos pulsos.

La amplitud de pulsos es de 5 a 10 veces la amplitud rms del ruido.

La señal continua es muestreada en intervalos Δt equidistantes en el tiempo Δ cada muestreo corresponde un valor de amplitud,

positiva o negativa, evaluada por el nivel de amplitud que alcanzó. Se han graficado ocho niveles hacia arriba y ocho hacia abajo, simulando un convertidor AD de ± 8 bits. En esta forma, una señal continua es convertida en n valores de amplitud medidos a intervalos fijos. Estos intervalos se llaman intervalos de muestreo.

Se puede mejorar la exactitud de la señal cuantificada a cualquier grado que se desee aumentando el número de niveles.

Capitulo III

REALIZACION DEL ESTUDIO DE
POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS
DE TALLO CEREBRAL



CAPITULO III

3.0 Realización del estudio de PEATC

3.1 Reglas para el registro de PEATC

En el desempeño de la prueba el paciente debería intentar relajarse, especialmente para minimizar la actividad muscular al extenderse sobre el cuero cabelludo principalmente del cuello.

El nivel de intensidad utilizado es frecuentemente 80 dB inicialmente para verificar si el paciente escucha (si hay presencia de las ondas), si el paciente escucha se disminuye la intensidad del estímulo a 60, 40 y 20, dB; si el paciente no escucha las pruebas siguientes se incrementan a 90, 95 y 103 dB.

La estimulación monoaural es preferente ya que en la estimulación binaural las respuestas para un oído "bueno" de un lado y también para un oído malo en el otro se pueden mezclar de tal manera que produzcan una respuesta normal. La frecuencia del click es generalmente de 10-15/seg.

En el protocolo establecido del equipo es de 11.1 /seg. para minimizar el artefacto. Las Tasas de click sobre 20/seg. podrían forzar el sistema lo suficiente para demostrar anomalías de otra manera no vistas pero la resolución clara de las ondas podrían no aparecer a estas más altas. Para polaridad de click la mayoría de los

investigadores han encontrado que la rarefacción es más estimulante, especialmente para la onda I, pero la primera fase de esta respuesta acústica podría no ser tan importante como la siguiente fase si la última fase es más alta en amplitud. Así, los clicks inicialmente produciendo una rarefacción pero seguidos de una condensación de amplitud más alta se comportaría más como clicks de condensación. Cuando las respuestas a estos son analizadas. Entonces las respuestas a estas dos diferentes polaridades son variadas y complejas, la alternación de polaridad con cada click puede cancelar el artefacto del click está hecho con el propósito de añadir diferentes respuestas juntas.

El rechazo de artefacto es automático o puede ser manual controlado por el operador. Generalmente una repetición del estudio se realiza por la consistencia de la forma de la onda y así el procedimiento total es repetido y una segunda respuesta es derivada bajo las mismas condiciones que la primera.

Los PEATC pueden obtenerse igualmente durante la vigilia o el sueño y la sedación puede usarse en caso necesario. Se pide que el paciente se desvele cuando es muy inquieto o no coopera por ejemplo a niños autistas o hiperactivos.

3.2 Indicaciones para la realización del estudio de PEATC

- 1.- DESVELARSE LA NOCHE ANTERIOR A LA FECHA DE SU ESTUDIO SEGUN SE REQUIERA: Toda la noche, O A PARTIR DE las _____ Hrs. de la mañana, ya que durante el estudio deberá dormirse fácilmente. Esta indicación solo se aplica a pacientes que no cooperan en la realización del estudio
- 2.- SI ESTA TOMANDO ALGUN MEDICAMENTO NO LO SUSPENDA.
- 3.- PRESENTARSE BAÑADO O CON EL CABELLO LAVADO unas 3 ó 4 Hrs. antes de su cita, Con: jabón neutro, zote o vel rosita (no usar gel, shampoo ni spray).
- 4.- PRESENTARSE CON ROPA COMODA DE ALGODON o que predomine el algodón; SIN ALHAJAS U OTROS OBJETOS METALICOS, ya que las telas sintéticas (acrílicos), el metal y la grasa del cuero cabelludo son causa de interferencia durante la toma de su estudio.

a) SI SE TRATA DE UN NIÑO : Para lograr su máxima cooperación se recomienda a los padres TRANQUILIZARLO, EXPLICANDOLE CLARAMENTE QUE EL ESTUDIO NO ES DOLOROSO Y QUE SU COOPERACION DURANTE EL MISMO ES INDISPENSABLE, y siga las indicaciones antes citadas.

b) SI SE TRATA DE UN LACTANTE : MANTENGALO DESPIERTO Y SIN DARLE ALIMENTO DE 3 A 4 HORAS ANTES DE LA HORA DE SU CITA, Pero

20 ó 30 minutos antes de pasar a su estudio dele alimento y pregunte si ya puede dejarlo dormir.

5.- AUNQUE EL ESTUDIO ES TOTALMENTE INOFENSIVO Y NO PRODUCE NINGUNA MOLESTIA, EL PACIENTE DEBERA SER ACOMPAÑADO POR UN FAMILIAR O UNA PERSONA DE SU CONFIANZA que contribuya a una mayor tranquilidad, ya que durante el estudio ES INDISPENSABLE UNA TOTAL RELAJACION. Por lo tanto además, DEBE EVITAR: fumar, tomar café, refrescos de coia u otros excitantes del sistema nervioso antes de su estudio; NO SE REQUIERE AYUNO (si come hágalo unas 2 ó 3 hrs. antes de su estudio).

3.3 Colocación de electrodos

Se recomienda que los electrodos de registro sean colocados como sigue:

- 1.- Sobre la calota en el vertex (posición Cz para el sistema 10-20 de colocación de electrodos).
- 2.- Sobre los lóbulos de la oreja izquierdo y derecho o sobre los procesos mastoideos izquierdo y derecho.

El electrodo de tierra puede ser colocado en cualquier lado del cuerpo. Por conveniencia se recomienda que este colocado sobre la

cabeza, por ejemplo en la región frontal media (posición Fz para el sistema 10-20 de colocación de electrodos)

La impedancia de los electrodos debe ser menor a los 5 kilohms.

3.4 Errores en la medición

Se pueden considerar varios tipos de errores (artefactos) podemos dividirlos en tres principales categorías instrumentales, fisiológicos y externos (interferencia), a continuación se mencionan algunos de ellos:

- a) Instrumental: - Artificios por defectos del aparato.
- Artificios producidos por el electrodo.

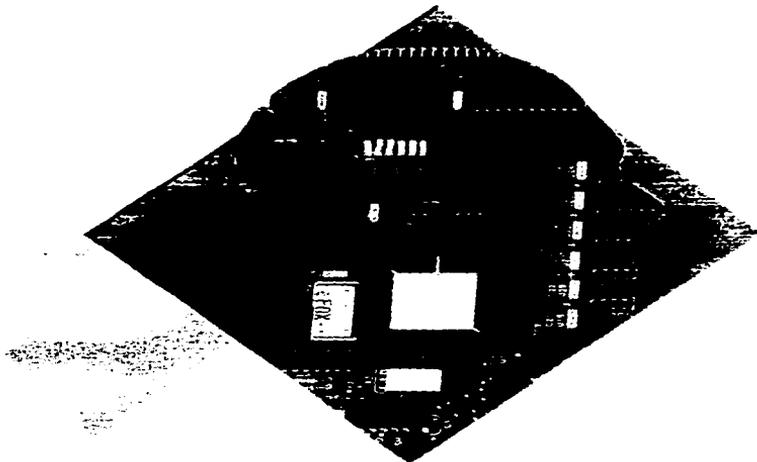
- b) Fisiológicos: - Movimientos oculares.
- potenciales musculares.
- Potenciales cardiacos y pulso.
- Electrodermograma (sudoración)

- c) Externos: - Contaminación de la corriente de alimentación.

Idealmente el estudio de PE debe estar libre de artefactos por que perturba la medición del registro y pueden generar dudas en la interpretación del estudio. El papel del técnico es fundamental, el técnico por tanto debe tener suficiente practica y experiencia como

para conocer todos los artefactos. Sin embargo algunos artefactos como los instrumentales escapan al caso por ser puramente electrónicos.

Capitulo IV
MANTENIMIENTO PREVENTIVO



CAPITULO IV

4.0 Mantenimiento Preventivo

4.1 Recomendaciones para la Protección del equipo Brain Atlas III

Más de la mitad de la potencia dada a los chips se disipa en forma de calor, y el calor puede destruir los chips.

Se pueden evitar los problemas de calor en el equipo de Potenciales Evocados haciendo lo siguiente:

- Instalando un ventilador adecuado.
- Usando fuente de poder de capacidad suficiente.
- Corriéndola dentro de un rango de temperatura que ofrezca seguridad.
- Conservando el interior sin polvo.

Las computadoras AT normalmente trabajan a temperaturas interiores 15 grados superiores a la exterior la frase que se utiliza es "15 grados sobre ambiente".

El ventilador es necesario para sacar el calor generado por las tarjetas de circuito, unidades de disco, y fuente de poder. La abundancia de memoria en las unidades de disco es un factor que contribuye al calor. Si retiro todo excepto la memoria mínima, el vídeo, y los controladores de disco, la diferencia de temperatura se reduce a 10 grados.

IBM sugiere que las PC, por ejemplo están construidas para trabajar en el rango de 60 a 85 grados °F. Esto se debe aunque las tarjetas pueden funcionar hasta a 125 grados, una máquina típica puede calentarse hasta 40 grados sobre la temperatura exterior. $125 - 40 = 85$ grados, que es la máxima temperatura ambiente recomendada. No se aconseja que la temperatura interior de la PC supere los 110 grados, los discos duros fallan en ese punto.

La corrosión es un proceso químico, y los procesos químicos se duplican en velocidad cuando la temperatura se eleva 10 grados centígrados (aproximadamente 18 °F) si los chips se deterioran lentamente, con mayor rapidez entre mayor sea el calor.

El shock térmico se origina al sujetar los componentes a cambios rápidos y sustanciales de temperatura. Puede hacer fallar la computadora por causa de daño de expansión-contracción.

Este es uno de los argumentos para dejar encendido el equipo las 24 hrs, 7 días a la semana.

La luz directa del sol no es buena para el equipo electrónico. La luz solar es también muy mala para los diskettes, por tal motivo el equipo se encuentra en una área fuera del alcance de los rayos solares y también se utiliza cortinas para su protección.

4.1.1. Polvo

El polvo está en todos lados. Consiste de partículas pequeñas de arena, esqueletos fósiles de criaturas minúsculas que vivieron millones de años, piel muerta, partículas de papel, etc. El polvo es responsable de varios males.

En primer lugar, el polvo se pega a las tarjetas de circuito dentro de la computadora. Conforme se acumula, toda la tarjeta se cubre de una fina capa aislante al calor, siendo esta muy mala para la computadora.

Se desea que la computadora este fresca durante todo el tiempo posible. Se debe eliminar el polvo de dentro de la computadora y de las tarjetas de circuito periódicamente. Nosotros retiramos este polvo aproximadamente cada 3 meses, utilizando una secadora de pelo y brocha para desprender bien el polvo de las tarjetas. También utilizamos una goma dura para limpiar las ranuras de conexión para que haya un buen contacto entre las tarjetas.

Para limpiar la cubierta y el armazón utilizamos agua, jabón de polvo y un trapo antiestático procurando que no queden residuos de agua en las esquinas para esto la secamos con la pistola de aire.

El segundo prejuicio del polvo es que congestiona los espacios, **por ejemplo:**

- El área por donde entra el aire a la fuente de poder o al disco duro.
- El espacio entre la cabeza de unidad del diskette y el disco duro.

La razón es que al encender el monitor tiene un efecto secundario indeseable, ya que atrae el polvo, todo el polvo que hay alrededor se va directo a la pantalla. Algunas de las partículas aprovechan el viaje para alojarse en las unidades del diskette.

Algo que genera y acumula polvo de papel es, por supuesto, la impresora por lo tanto constantemente estamos sopleteando la impresora, al retirar el polvo lo hacemos lejos de la computadora para evitar que este polvo regrese a la computadora.

Otra fuente de polvo son las partículas de ceniza. Por lo tanto tenemos prohibido fumar cerca del equipo, ya que un estudio de OSHA (administración de seguridad y salud en el trabajo) de los Estados Unidos estima que el humo en las computadoras recorta su vida un 40 por ciento.

4.1.2 Magnetismo

Los imanes, tanto los permanentes como los de tipo electromagnéticos, pueden causar la pérdida permanente de los datos en los discos duros y diskettes, algunos ejemplos de estos son:

- Imanes para fijar notas en un archivo.

- Clips de papel con imán.
- Desarmadores con imán.

Otra fuente de magnetismo son los monitores de rayos catódicos, y el motor de la impresora.

El contacto de tomacorriente es fuente de muchos problemas. Básicamente tenemos los siguientes ejemplos:

- Voltaje excesivo.
- Voltaje insuficiente.
- Transitorios
- picos y alzas

El exceso de voltaje se dice que se presenta cuando se tiene más del voltaje normal durante un período mayor a 2.5 segundos.

El exceso de voltaje es tan perjudicial al sistema como un alza de voltaje transitoria, en ocasiones puede llegar a dañar el equipo por tal motivo se cuenta con un regulador no-break para protección del equipo.

4.1.3 Bajo voltaje.

La potencia es igual al voltaje por la corriente. Si el voltaje baja y se desea mantener la potencia constante, la corriente se incrementa.

Sin embargo al utilizar más corriente de la normal a través de un mismo conductor hace que se caliente. La fuente de poder y los chips se calientan pudiendo llegar a dañarse.

Para evitar este riesgo se cuenta con regulador no-break.

4.1.4 Transitorios.

Son un cambio breve de la energía que no se repite. Puede ser alza o subida de voltaje.

El transitorio puede ser de una frecuencia lo suficientemente alta que se cuele por los capacitores y además cosas de protección que se tengan en la fuente de poder y llegue a barrenar hoyos en los chips.

Los transitorios tienen un efecto acumulativo: Los primeros 100 tal vez no hagan nada. Sin embargo puede llegar el día en que el equipo sea dañado.

4.1.5 Alzas de voltajes autoinducidas

Cada vez que se enciende un equipo eléctrico se genera un alza transitoria en él. Algunos de los mayores esfuerzos que reciben los aparatos eléctricos consisten en encenderlos o apagarlos. Un estudio comprobó que cuando se enciende un aparato, consume de 4 a 6

veces su potencia normal durante menos de un segundo (esto de acuerdo a Computer Electric Power Requeriments de Mark Waller, publicado en 1987 por Howard Sams). Se llama transitorio interno propiamente. Durante ese breve periodo de tiempo, la computadora puede jalar hasta 600 y 900 watts, lo cual no es muy aconsejable, para evitar esto se recomienda dejar encendida la computadora las 24 hrs. del día los 7 días de la semana. Se puede apagar el monitor, disminuir la intensidad de la pantalla o utilizar un protector de pantalla para que la imagen no se grave en el monitor.

4.1.6 Descarga electrostática

La descarga electrostática, más conocida como electricidad electrostática. La electricidad estática se va generando y acumulando en las personas, y puede dañar los chips si crea cargas de 1000 volts o más. Si una descarga estática es lo suficientemente elevada para que la persona la note es de 3000 volts.

Rozar una alfombra en febrero puede generar hasta 50,000 volts. Esto se constituye en una carga de electrones. El siguiente elemento metálico que se toque (debido a que el metal cede electrones fácilmente) se produce una descarga a través de un toque eléctrico.

Los microprocesadores y las memorias generalmente son chips **CMOS**. Los CMOS operan con mucha menor potencia. Tristemente,

eso significa que están más expuestos a problemas de electricidad estática. Los TTL pueden soportar mucha más estática que los CMOS. Los CMOS pueden quedar destruidos por tan sólo 250 volts. Aún cuando la estática no destruya un chip, puede acortar su vida. Por lo tanto la estática es algo que debe ser evitado en todo lo posible.

Yo siempre descargo mi electricidad estática en algo metálico. Por lo general cuando se tocan las tarjetas se utiliza una pulsera elástica con una placa metálica para tener una buena conexión a tierra. La cubierta de la fuente de poder es el lugar más usual y se sujeta la pulsera alrededor de la muñeca.

Resumen para la protección del equipo.

- **Revise la alimentación eléctrica:**
 - Que no haya cafeteras ni calentadores en la misma toma de corriente del equipo.
 - Que no haya motores eléctricos grandes en la misma línea donde esta conectado el equipo.

- **Verifique el rango de temperatura:**
 - **Máxima 110 grados Fahrenheit (43 °C).**
 - **Mínima 65 °F (18 °C)**

- **Control de polvo excesivo**

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Elimine fuentes de vibración, por ejemplo impresores de impacto sobre la misma mesa en que esta el disco duro.

Es importante que este familiarizado y le comunique al personal que:

- Deje la máquina encendida permanentemente
- Conservar los cables bien sujetos y pasando por donde no estorben.
- Las reglas básicas que no se deben hacer en DOS, por ejemplo - formatear el disco duro.
- Proteger contra electricidad estática.

4.2 Calibración

Cada vez que se encienda el equipo Brain Atlas III, se tienen que calibrar los amplificadores antes del registrar los datos.

Se recomienda que antes de registrar cualquier información se de un tiempo de 20 minutos mínimo para que se calienten los amplificadores.

La función de calibración es un programa de rutina adicional del equipo y prueba las características de los amplificadores.

La ganancia y offset de CD de cada canal de los amplificadores **están** registrados y están salvados aparte en un archivo en el disco.

4.3 Muestra del programa de mantenimiento preventivo.

El dar mantenimiento preventivo implica retirar la máquina del mueble a intervalos fijos (cada tres meses) y llevarla al área de ingeniería biomédica para darle una inspección cuidadosa de manera que se puedan detectar los problemas por anticipado.

a) Retire la unidad central de procesamiento (CPU) del mueble donde esta alojada y verifique lo siguiente:

Si están todos los conectores atornillados.

Si cuenta con todos los tornillos de la parte posterior.

Si hay algún otro aparato eléctrico conectado al contacto.

Si esta cerca de una puerta o ventana.

Si el equipo esta expuesto a la luz del sol durante el día.

b) Preguntar si la máquina esta haciendo una cosa extraña.

c) Asegúrese de que el disco duro tenga respaldo.

d) Lleve la máquina al taller.

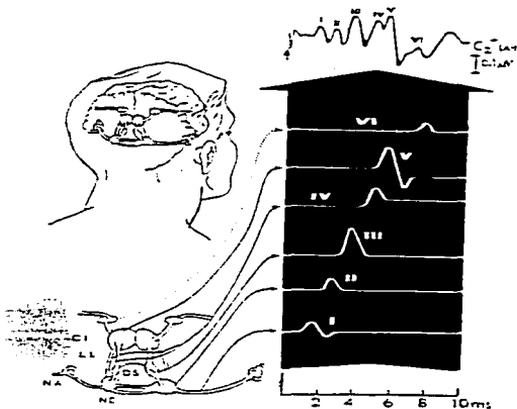
e) Corra los diagnósticos de la máquina.

f) Examine los archivos AUTOEXEC.BAT y CONFIG.SYS en busca de problemas obvios, por ejemplo falta del comando BUFFERS.

- g) Desarme el CPU.
- h) Limpie los conectores con una goma dura.
- i) Aplique presión a los chips contra sus bases.
- j) Utilice una pistola de aire para quitar el polvo de las tarjetas.
- k) Vuelva a armar el CPU. Asegúrese de que todos los cables estén asegurados en su lugar.
- l) Vuelva a correr los diagnósticos.
- m) Asegúrese de que todos los tornillos estén es su lugar.

Capitulo V

INTERPRETACION DE LAS ONDAS AUDITIVAS DE TALLO CEREBRAL



5.0 Interpretación de las ondas auditivas de tallo cerebral

5.1 Reglas para la documentación e interpretación de resultados

Los registros se analizan principalmente midiendo los componentes I, III y V.

Las medidas deben incluir los siguientes valores:

1. Latencia pico de la onda I
2. Latencia pico de la onda III.
3. Latencia pico de la onda V.
4. Intervalo interpico I-III.
5. Intervalo interpico III-V
6. Intervalo interpico I-V
7. Amplitud de onda I.
8. Amplitud de onda V.
9. Radio de la amplitud de las ondas VII.

Amplitud de onda

Se refiere a la altura de la cresta en relación al nivel normal, es decir, el desplazamiento de la onda hacia arriba (+) desde el nivel cero.

En forma semejante, también se comprende el sentido inverso es, decir, la profundidad entre el nivel normal y cero el fondo (-) de la onda.

5.2 Latencias

Es el tiempo que transcurre desde el instante en que se aplica el estímulo, a la llegada del potencial evocado al electrodo de captación.

Las latencias pico, es decir, las latencias absolutas deben medirse de la orilla mayor del pulso que dispara (forma de la onda eléctrica de click) indicado en el registro por el principio del artificio si es que hay, las amplitudes de pico se miden de la línea de base pre-estímulos (cuando son disponibles) o del pico de polaridad opuesta que lo precede o sigue inmediatamente.

A continuación se presentan los valores de latencia de las ondas I a VII que se consideran normales.

ONDAS	LATENCIA (mseg.)
I	1.7 +/- 0.19
II	2.8 +/- 0.77
III	3.9 +/- 0.38
IV	5.1 +/- 0.24
V	5.7 +/- 0.35
VI	7.3 +/- 0.27

Longitud de onda

Es la distancia entre cualquier punto de una onda y el punto correspondiente de la siguiente onda, así por ejemplo puede ser la distancia que hay entre dos crestas sucesivas, entre dos fondos o entre dos puntos similares de ondas sucesivas.

INTERLATENCIAS

I - III	2.1 +/- 0.25
III - V	1.9 +/- 0.25
I - V	4.3 +/- 0.40

5.3 Identificación de las ondas

- | | |
|---|--|
| 1.- Ausencia de todas las ondas | - Lesión distal del nervio |
| 2.- Solo onda 1 | - Lesión del nervio proximal o ponto medular y/o muerte cerebral |
| 3.- Prolongación de todas las latencias | - Hipoacusia periférica o lesión del VIII par craneal. |
| 4.- Ausencia de I con III - V normal. | - Perdida auditiva periferica |
| 5.- Ausencias de la V con baja amplitud V - I | - Lesión pontina |
| 6.- Aumento de I-III con III-V normal | - Lesión entre el nervio y puente bajo |
| 7.- Aumento de III-V con I-III normal | - Lesión ponto mesencefálica |

CONCLUSION

Con la realización de este trabajo se puede concluir que es determinante conocer el funcionamiento de cualquier equipo para poder llevar a cabo la realización de su mantenimiento, en este caso el equipo para potenciales evocados Brain Atlas III de la marca Bio-Logic de potenciales evocados. Además de conocer funcionamiento como una herramienta se requiere de habilidad, percepción y una cierta práctica en sistemas de computación.

GLOSARIO

Actividad. Cualquier sucesión o conjunto de ondas en el trazado de los potenciales evocados.

Amplitud. (In. amplitud). Voltaje de las ondas de potenciales evocados. Se expresa en microvoltios y se mide de vértice a vértice.

Artefacto. (In. artefact). Consiste en el registro de toda diferencia de potencial que procede de una fuente extracerebral, es decir, se trata de toda modificación del trazo de potenciales evocados debido a una alteración en los medios conductores, en el registro o bien, a un error de manipulación.

Asimetría. (In. asymmetry). Consiste en la desigualdad en la amplitud de forma o de frecuencia de la actividad de potenciales evocados en regiones homólogas de los dos hemisferios.

Atenuación. (In. attenuation). Disminución de la amplitud del registro de potenciales evocados como consecuencia de un estímulo fisiológico, o bien, de un estado patológico. En otro sentido se refiere a la disminución de la sensibilidad de un canal del E. E. G. por modificación de la amplitud o por acción de filtros.

Banda. (In. band). Porción del espectro de frecuencia en la que generalmente se designa un límite superior y otro inferior en cada segundo o Hz.

Bajo voltaje. (In. low voltage). Registro caracterizado por una actividad donde la amplitud no pasa de los límites establecidos. La actividad de bajo voltaje puede registrarse en condiciones normales durante el ayuno, la angustia, la senectud, etc., o bien, como una anomalía de potenciales evocados en diferentes padecimientos.

Bilateral. (In. bilateral). Que afecta ambos lados del cráneo.

Canal. (Fr. chaine: cadena; In. channel: canal). Sistema de registro que corresponde a la diferencia de potencial entre dos electrodos activos, con su sistema de detección, amplificación y registro particular.

Ciclo. (Fr. cycle; In. cycle). Serie completa de cambios de potencial realizados por una onda en determinado tiempo, por ejemplo 8 ciclos por segundo (8 c/s); se refiere a que existen ocho series completas en un segundo. Es preferible utilizar la abreviatura Hz (hertz) en lugar de c/s.

Colocación de los electrodos. Método por el que se establece la conexión entre un electrodo y el cuero cabelludo, las meninges o directamente el cerebro del sujeto que se va a estudiar. Colocación estándar de los electrodos, consiste en la colocación de los mismos según el sistema 10/20.

Complejo. (In. complex). Secuencia de dos o más ondas que tienen una forma característica y que se presentan en forma aislada o repetitiva, sobresaliendo claramente de la actividad de fondo. El complejo K (In. K complex) es una salva formada por una onda lenta bifásica, seguida de un huso de sueño.

Común. (In. common). En potenciales evocados se refiere al electrodo común o de referencia común, que consiste en un electrodo que forma el dipolo con el resto de los electrodos.

Cortical. (In. cortical). Lo relativo a la corteza, en particular a la del cerebro.

Distancia interelectrodo. (In. interelectrode distance). Es la distancia que se encuentra entre cada par de electrodos y que influye sobre la amplitud de la señal; se toma en relación al porcentaje de la distancia entre el inión y el nasión en el sistema 10-20. En otros tipos de montajes se pueden utilizar distancias más cortas o más largas, éstas últimas mal llamadas monopolares (referenciales).

Distribución. (In. array). Disposición de los electrodos sobre el cuero cabelludo, la corteza cerebral.

Electrodo. (Fr. electrodo. In. electrode). Cuerpo o terminal de un dispositivo o circuito que entrega electricidad o a la cual se entrega ésta. E. activo o explorador, es la terminal que se coloca en el área a explorar. E. almohadilla (In. pad electrode), es el electrodo de metal

cubierto por una almohadilla de algodón, gasa o fieltro, colocado sobre el cuero cabelludo mediante un casco. E. basal (In. basal electrode), cualquier electrodo colocado en la proximidad de la base del cráneo. E. cortical (In. cortical electrode) es el que se aplica directamente en la corteza cerebral. E. de aguja (In. needle), pequeña aguja que se inserta en el cuero cabelludo y que actúa como electrodo. E. de disco (In. disk electrode), disco de metal adherido al cuero cabelludo mediante un adhesivo. E. indiferente, es el de referencia. E. profundo, el que se implanta en el tejido cerebral. E. de referencia, es el que se conecta a la entrada No. 2 o positiva, mientras que el E. explorador se conecta a la entrada No. 1 o negativa del amplificador.

Esporádico. Fenómeno que aparece en intervalos de tiempo variable y amplio, es decir, se presentan en forma ocasional o poco frecuente.

Estímulo. Energía Física que activa o excita a un receptor, tales como el sonido, la luz intermitente, etc.

Forma de onda. (In. wave form). Se refiere a la morfología, es decir a la conformación de una onda de potenciales evocados.

Fourier. Jean - Baptiste - Joseph Fourier (1768 - 1830). Notable matemático francés que desarrolló el concepto de periodicidad simple, de cuyos estudios logró establecer la teoría que actualmente se le conoce como "transformada rápida de Fourier" (TRF en castellano y FFT en inglés), fórmula matemática que permite simplificar

determinados elementos repetitivos, utilizada en las bases teóricas de potenciales evocados cuantitativa.

Frecuencia. (Fr. fréquence. In. frequency). Velocidad a la que un fenómeno se repite. La unidad básica de frecuencia es el hertz (Hz), que corresponde a un ciclo por segundo. El símbolo de frecuencia es "f".

Herzio. (Fr. hertz; In. hertz). Unidad de frecuencia que se utiliza como sinónimo de ciclos por segundo (c/s) y que se abrevia como Hz.

Hz. Abreviación de herzio.

Impedancia de electrodo. (In. electrode impedance). Es la oposición al paso de la corriente entre el electrodo y el cuero cabelludo o el cerebro. Se mide entre pares de electrodos o bien entre un electrodo individual y el resto conectados en paralelo. Se expresa en ohmios, (generalmente en kilohmios).

Inión. Punto craneométrico que corresponde al vértice de la protuberancia occipital externa.

Intervalo. (In. epoch). Un periodo de tiempo en los potenciales evocados. La duración de los intervalos se determina en forma arbitraria, por ejemplo un intervalo de 10 segundos.

Línea de base. (In. base line). Es la línea obtenida cuando se aplica en los terminales de entrada de un amplificador de potenciales evocados idéntico potencial, o cuando el aparato está en posición de calibración, sin que se aplique ninguna señal.

Montaje. (Fr. montage. In. montage, run). Disposición topográfica de las derivaciones que se registran simultáneamente en un electroencefalograma. Existen montajes recomendados por la Federación Internacional de Sociedades de EEG, otros que varían de acuerdo al fabricante y otros más que pueden programarse para el estudio de casos en particular. Se utilizan dos métodos de registro, uno diferencial o bipolar y el otro referencial (anteriormente llamado unipolar).

Morfología. (Fr. morphologie; In. morphology). Se refiere al estudio de las formas de las ondas de potenciales evocados. Mu o my, doceava letra del alfabeto griego con la que se designa a un ritmo que tiene una frecuencia de 9 a 11 Hz, cuyas ondas tienen morfología en arco y que se localiza en la región rolandica. Este ritmo se presenta durante la vigilia y puede bloquearse con los movimientos o estimulaciones sobre el hemicuerpo contralateral. Se le conoce también como ritmo "en arco", o "en peine".

Nación. Punto medio de la sutura frontonasal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- STEVENS, S.S. Sonido y audición
Ed. Lito Offset Latina, S.A.
- SEBASTIAN, G. Audiología práctica
Ed. Panamericana
- BOGARCZ, J. Los potenciales evocados en el hombre
Ed. El ateneo
- DALY D. DAVID Current Practice of Clinical
Electroencephalography
Ed. David D. Daly, Timothy A. Pedley.
- REYES S. Diseño de circuitos con transistores
Ed. Limusa
- MARK MINASI Guía completa de mantenimiento y
actualización de la PC
Ed. Ventura
- BIO-LOGIC Brain Atlas v2.3 User Manual
Ed. Bio-logic systems corp. 1991

- MARTINEZ, C Manual de técnicas de electroencefalografía
Dirección General del Derecho de Autor
Nº registro 10298-87
- OTERO, E "ET AL" Normas para EEG y potenciales evocados
Series en neurología Tr. Miembros de la
sociedad mexicana de
electroencefalografía y neurofisiología
clínica. 1990 N° 1 81-147 pgs.
- OTERO, E "ET AL" Normas para estudios clínicos con potenciales evocados
Series en neurología Tr. Miembros
de la sociedad mexicana de
electroencefalografía y neurofisiología clínica.
1994 N° 3 .
- NICOLET Introducción a la instrumentación de potenciales evocados Nicolet Biomedical
Instruments. 1992
- U, BRANDL Advanced Programming Techniques for Dynamic Brain Activity Mapping on Personal Computers Ed. K. Maurer Springer-Verlag
Berlin Heidelberg. 1989 129-135 pags.