

**PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE EQUIPO PARA  
AUDIOLOGÍA OBJETIVA PEATC**

**A01-2: ESTUDIO DE LOS PROTOCOLOS DE FRECUENCIAS E INTENSIDADES PARA  
LA REALIZACIÓN DE EXÁMENES EN AUDIOLOGÍA**

**CONTENIDO**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.    | Introducción  | 2  |
| 2.    | Audiología  | 3  |
| 2.1   | Pruebas Audiológicas  | 3  |
| 3.    | Potenciales Evocados Auditivos  | 6  |
| 3.1   | Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media  | 6  |
| 3.2   | Potenciales Evocados Auditivos Corticales   | 8  |
| 3.3   | Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral con Impulsos Tonales                       | 10 |
| 3.4   | Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable  | 13 |
| 4.    | Registro de la respuesta Auditiva Tronco encefálica   | 15 |
| 4.1   | Consideraciones técnicas de la respuesta Auditiva Troncoencefálica en nacientes de corta edad | 15 |
| 5.    | Características para los potenciales evocados auditivos                                       | 20 |
| 5.1   | Polaridad del estímulo  | 20 |
| 5.1.1 | Clicks  | 20 |
| 5.1.2 | Impulsos tonales  | 20 |
| 5.2   | Polaridad del estímulo para los potenciales evocados auditivos                                | 20 |
| 5.2.1 | Clicks  | 21 |
| 5.2.2 | Impulsos tonales  | 21 |
| 5.3   | Tipo de estímulo  | 21 |
| 5.3.1 | Tonos click   | 22 |
| 5.3.2 | Tono burst  | 22 |
| 5.4   | Calibración de la intensidad del estímulo   | 24 |
| 5.5   | Intensidad del estímulo   | 25 |
| 5.5.1 | Ritmo de presentación del estímulo  | 26 |
| 5.6   | Polaridad o fase  | 27 |

## 1. INTRODUCCIÓN

El potencial evocado es la respuesta del sistema nervioso a un estímulo sensorial determinado que genera una o varias señales biológicas identificables con técnicas neurofisiológicas de registro. Su generación se atribuye a las estructuras anatómicas que fisiológicamente están involucradas en la respuesta obtenida. Son estructuras de relevancia en el diagnóstico de patología del sistema nervioso. De esta manera, es posible examinar la integridad de la trayectoria de las diferentes vías aferentes con la respuesta generada por estímulos visuales, auditivos o sensoriales. Igualmente se provocan respuestas eferentes como la respuesta motora por estimulación magnética cortical.

Los Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral (PEATC) es la técnica electrofisiológica empleada por excelencia en el diagnóstico y valoración de la audición en niños de corta edad. La robustez de los registros y su resistencia al sueño y la sedación ha facilitado su implantación en el diagnóstico clínico audiológico pediátrico. La solidez de estas respuestas es producto de las características acústicas del estímulo empleado, el clic. Este estímulo es corto en duración, posee un rápido ataque y un amplio ancho de banda lo que desencadena una descarga neuronal sincrónica. A partir de los registros de PEATC es posible estimar la sensibilidad auditiva toda vez que algunos de sus componentes correlacionan con la intensidad de estimulación. En la adaptación audioprotésica, la aplicación de los PEATC, está orientada al establecimiento de los umbrales auditivos para posteriormente prescribir la ganancia del audífono.

El funcionamiento del sistema auditivo ha sido investigado extensamente, tanto en el ser humano como en animales de experimentación, mediante el registro de la actividad eléctrica evocada por sonidos. Los primeros investigadores se enfrentaron al problema de detectar la respuesta neural a un estímulo sonoro en el marco de la actividad eléctrica cerebral global “de fondo”.

La introducción del sistema de promediación de señales y el desarrollo ulterior de computadores de promediación digital revolucionó el campo de la audiometría por respuestas eléctricas y, en la actualidad, es posible medir la respuesta eléctrica al sonido a lo largo de toda la vía auditiva. Los potenciales evocados auditivos se describen como respuestas de latencia corta, media o larga en función del momento en que aparecen tras el estímulo acústico. Cada una de estas respuestas representa la actividad eléctrica de un estrato progresivamente superior en las vías auditivas.

## 2. AUDIOLOGÍA

La audiolología es una ciencia que se especializa en el control y la evaluación clínica de los problemas auditivos y del equilibrio en las personas de todas las edades. También implica el ajuste y control de los audífonos y otros dispositivos de ayuda para la audición. Inevitablemente, el panorama de la audiolología en América pivota sobre la hegemonía estadounidense, como en tantos campos de la ciencia.

La función auditiva se explora con pruebas encaminadas a valorar el nivel auditivo, la capacidad del sistema auditivo para entender las palabras, la integridad de las vías auditivas y la aireación del oído medio, según el caso.

La evaluación auditiva se realiza a través de una serie de exámenes que permiten determinar el grado de pérdida auditiva y la localización del problema. Esta evaluación es hoy por hoy tan compleja e importante en otología.

Una minuciosa historia y examen clínico (incluyendo el uso de diapasones) son esenciales, y contribuyen a tener una buena idea de la situación antes de hacer las mediciones a describir. Estas se hacen utilizando instrumentos electrónicos.

### 2.1 Pruebas Audiológicas

- a. Audiometría tonal. Este es el examen fundamental para la medición de audición. Determina la intensidad mínima que el oído es capaz de detectar utilizando sonidos (tonos puros) a distintas frecuencias. Los resultados se miden en decibelios (dB) de intensidad.

Los tonos puros generados electrónicamente por un audiómetro, se envían a través de fonos (conducción aérea) o de vibradores óseos (conducción ósea). El examen se hace en una cámara silente. Los umbrales para distintas frecuencias se miden en decibeles (medida de intensidad). Las frecuencias que se usan en audiometría convencional para conducción aérea son: 250 – 500 - 1000 - 2000 - 3000 - 4000 - 6000 - 8000 Hertz (ciclos por segundo). Las frecuencias que se usan en audiometría convencional para conducción ósea son: 250 - 1000 - 2000 - 4000 Hertz.

- b. Audiometría verbal o logaudiometría. Determina la capacidad del sistema auditivo para entender las palabras. La valoración más frecuente se hace con palabras bisilábicas sencillas presentadas de 20 en 20 para distintas intensidades. Los resultados se miden en porcentajes de palabras entendidas para cada intensidad.

Los tonos puros evalúan umbrales (intensidad mínima a la cual se escucha) y dan información en cuanto al tipo y grado de pérdida auditiva. Logaudiometría evalúa audición y comprensión del lenguaje. Se hace con conducción aérea.

- Tests: A. Umbral de recepción de lenguaje.  
B. Reconocimiento de palabra (discriminación).

El propósito del test de umbral de recepción de lenguaje es determinar el umbral al cual una persona identifica correctamente el 50% de una lista de palabras. Este test se correlaciona con los tonos puros de 500 1000 y 2000 Hertz y sirve para saber si el paciente escucha las palabras. Una vez determinado que si las escucha, se hace el test de reconocimiento de palabras para ver si discrimina correctamente las palabras y los sonidos de los cuales ésta se compone. Las listas de palabras son standard, con palabras familiares para el paciente y que posean una buena diferenciación fonética (Eg. Casa, vaso, perro, silla, etc), es decir, que sean fonéticamente balanceadas y representen lo mejor posible el espectro del lenguaje. El resultado se expresa en porcentaje de palabras reconocidas correctamente.

- c. Pruebas supraliminales. Son pruebas que determinan la presencia de fatiga auditiva cuando se perciben sonidos mantenidos durante un tiempo superior a un minuto o hipersensibilidad auditiva para los pequeños cambios de intensidad de tonos puros. Los resultados pueden ser negativos o positivos. Son importantes en pacientes con alteraciones del oído interno o nervio auditivo.
- d. Potenciales evocados auditivos (PEATC). Se utilizan en pacientes que no colaboran (niños de corta edad, retrasados mentales, simuladores, etc.), para determinar el nivel auditivo aproximado, o en pacientes en los que se sospechan lesiones de las vías auditivas. Son objetivas porque no dependen de la respuesta del paciente como las anteriores, que son subjetivas. Tienen una variante reciente que se denomina potenciales auditivos de estado estable especialmente útil para la determinación el nivel auditivo en los neonatos.

Cuando se da un estímulo sonoro al oído, las ondas atraviesan el oído externo y medio y llegan amplificadas al oído interno. Las células ciliadas estimuladas envían un estímulo eléctrico a la corteza a través de una serie de sinapsis en los núcleos del tronco cerebral. Usando electrodos externos y un sistema computacional, es posible hacer un registro de estas ondas eléctricas evocadas (potenciales eléctricos) que van de la cóclea a la corteza. Los registros de estos potenciales eléctricos auditivos se obtienen luego de un tiempo (latencia) de usado el estímulo sonoro.

Los más precoces son la electrococleografía (ECG) con 1 a 5 milisegundos de latencia, y los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral (PEATC) con 4 a 19 milisegundos de latencia. Estos son los más usados clínicamente.

También existen los potenciales de latencias intermedias (zonas de proyección de la corteza) de 8 a 50 ó 100 milisegundos de latencia, y los tardíos (corteza cerebral) de 100 a 300 milisegundos. Los dos últimos no se usan habitualmente en la clínica.

Es importante mencionar que los potenciales evocados auditivos evalúan la integridad de la vía nerviosa y su sincronía. No se evalúa audición (percepción de audición). Cuando el examen está normal se estima que la audición es normal. Por otra parte, los

potenciales evocados no evalúan la función cortical. Es por lo tanto posible que en un caso de daño (eg. Epilepsia) bi temporal una persona no escuche y sus potenciales evocados sean normales.

- e. Otoemisiones Acústicas. También son objetivas por no requerir la colaboración del paciente. Estudian sonidos que emite el oído interno espontáneamente o como consecuencia de la llegada al mismo de un sonido (tono puro). En especial se utilizan con los potenciales evocados auditivos para el diagnostico temprano de la pérdida auditiva en recién nacidos.

Las células ciliadas externas del oído interno tienen actividad eléctrica espontánea. Esta actividad puede ser detectada espontáneamente y también como respuesta a estímulos sonoros. Este examen puede ser usado en screening de recién nacidos, para confirmar audición normal en niños y adultos, y para monitorizar efectos de medicamentos ototóxicos en el oído interno.

- f. Impedanciometría. Si bien es una prueba audiológica, no mide la audición sino la presión del oído medio. También detecta la presencia o ausencia de un reflejo llamado "reflejo estapedio" que se presenta a intensidades superiores a la intensidad mínima que el paciente es capaz de oír. Es una prueba objetiva porque no requiere la colaboración del paciente y por lo tanto es útil en algunos casos en la valoración de la audición en pacientes de corta edad, retrasados mentales o simuladores.

La timpanometría es un método para evaluar función de oído medio. Es importante mencionar que no mide audición directamente. Un timpanograma normal puede coexistir con una pérdida auditiva neurosensorial severa, y un timpanograma anormal puede coexistir con una audición normal.

### 3. POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS

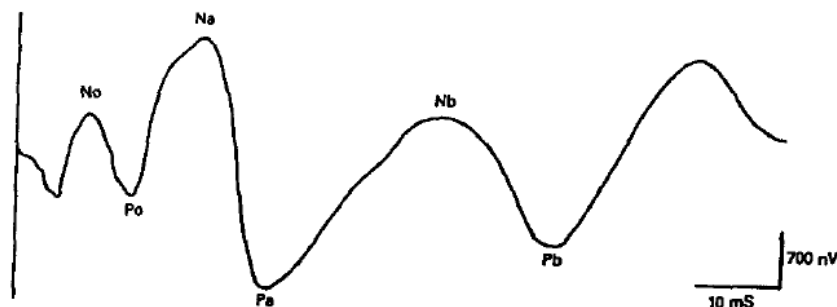
La estimulación acústica genera cerca de 25-30 ondas que con base en su latencia se clasifican como de respuesta corta, media y tardía. De acuerdo con su origen se pueden ubicar anatómicamente como se indica en la siguiente Tabla:

| Onda  | Origen   | Designación   | Latencia (mseg) |
|-------|--|---|-----------------|
| I     | Presináptica (Oído interno)<br>Nervio Acústico | Electrococleografía (ECoChG)                        | 0               |
| III   |  | Microfonía Coclear<br>Potencial de acción sumatorio | 1-2             |
| V     | N. Auditivo, Médula, Puente<br>Mesencéfalo     | Potencial Evocado Auditivo - Tallo cerebral PEATC   | 1-8             |
| VI    |  | Ondas I a VII                                       | 8-50            |
| 11-16 | Entre Mesencéfalo y corteza                    | Potenciales Auditivos de Latencia Media             | 8-50            |
| 20-25 | Corteza<br>Proyecciones corticales             | Respuesta Tardía                                    | 50-250          |
| 26    |  | Potencial Evocado Tardío<br>P-300                   | 280-360         |

Correlación de las ondas desencadenadas por estímulos auditivos y su lugar de origen

#### 3.1 Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media

Los potenciales de latencia media (10-100 ms) se utilizan para explorar la audición a graves (sonidos de baja frecuencia: 250-500Hz) y posibles disfunciones de la percepción sonora en trastornos del sistema nervioso central. La respuesta de latencia media consiste en una serie de ondas N.P.N.P.N.N.P, aunque no todos los individuos exhiben todos los componentes. Su latencia está comprendida entre 8—10 ms para N0 y 55—80 ms para Pb (como se muestra en la siguiente figura:

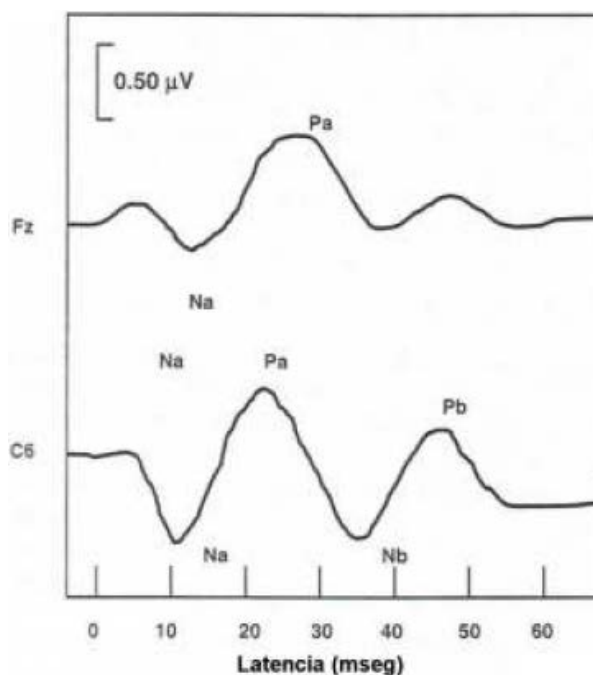


Potenciales Evocados Auditivos de Latencia Media: La amplitud Na (16—30 ms) — Pa (30—45 ms) es el parámetro más fiable para estimar umbral de percepción sonora.

El parámetro de la latencia es muy variable y tiene poca utilidad clínica. El parámetro más fiable es la amplitud Na — Pa que sirve para estimar percepción sonora y umbral de ésta. Sin embargo, la ausencia de respuesta no puede emplearse como indicador de disfunción auditiva.

Un grupo particular dentro de las respuestas de latencia media son las respuestas miopénicas sonomotoras. De éstas, la más conocida es la respuesta del músculo postauricular, que se obtiene merced a un arco reflejo cocleomiogénico. La colocación de un electrodo activo sobre el músculo postauricular, y la aplicación de un estímulo (click o burst) permiten registrar una respuesta bilateral, por detrás de ambos pabellones auriculares, en los 13—29 ms que siguen al estímulo. ASHCROFT et al, registraron respuestas miogénicas en la mayoría de recién nacidos con buen tono muscular, proponiéndolas como método de screening auditivo”. No se ha extendido su empleo como test de despistaje. Las respuestas miogénicas son muy sensibles a los cambios en el tono muscular, así como a fármacos miorelajantes o tranquilizantes y su amplitud varía con las diferentes posiciones de la cabeza.

Los PEALM pueden ser registrados entre la derivación de vertex y la mastoide con una base de tiempo de 60 msec. Los generadores de estos potenciales se encuentran localizados en estructuras talamocorticales y en la formación reticular. Los PEALM permiten la estimulación con tonos lo que facilita la evaluación de la sensibilidad auditiva de forma selectiva. Estos potenciales pueden ser empleados en el estudio de la audición de las frecuencias graves como complemento a los PEATC lo que permite disponer de al menos dos puntos del audiograma a partir del cual definir la respuesta en frecuencia del audífono. La principal limitación de los PEALM es su vulnerabilidad al sueño y la sedación. El registro está condicionado a tener al paciente despierto, pero relajado, lo que es muy difícil de conseguir en niños de corta edad.

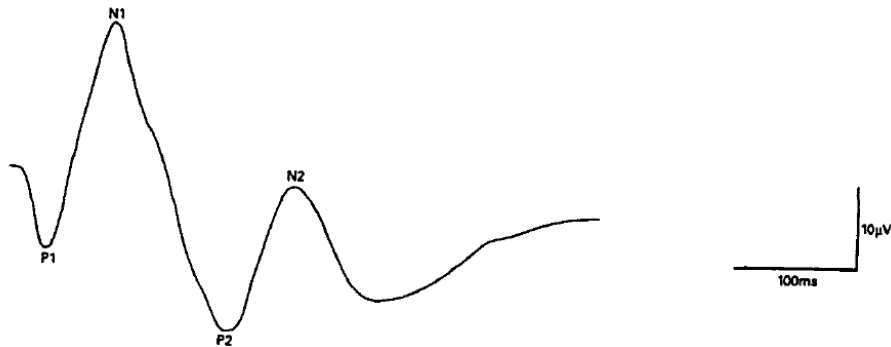


Registros de latencia media

### 3.2 Potenciales Evocados Auditivos Corticales

Los potenciales corticales, de latencia larga (más de 100 ms), exploran la audición global del paciente. Aportan información objetiva sobre audición en frecuencias medias y bajas, y exploran posibles alteraciones de la percepción sonora. Se utilizan para estimar la agudeza auditiva en adultos y niños mayores cuyas respuestas en audiometría convencional son confusas o incoherentes, en medicina legal para confirmar umbrales subjetivos, y ante la sospecha de simulación, neurosis de conversión o hipoacusia no orgánica. En diagnóstico topográfico tienen interés en las lesiones cocleares con reclutamiento (recruitment) y en las lesiones del sistema nervioso central con tronco cerebral indemne.

El componente principal de la respuesta cortical es el complejo NPN entre 90 y 250 milisegundos (ms). Las ondas más prominentes son N 0 en niños y N1 en adultos (Ver siguiente Figura).

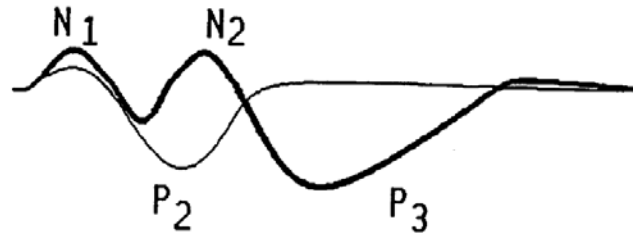


Potenciales Evocados Auditivos Corticales: Aportan información objetiva sobre audición en frecuencias medias y bajas y exploran posibles alteraciones de la percepción auditiva en casos en que la colaboración del paciente es poco fiable.

No obstante, esta respuesta se caracteriza por una gran variabilidad entre individuos e, incluso, para un individuo en particular pues se modifica dependiendo del estado de atención y de la habituación. Se obtiene difícilmente en pacientes que no se relajan, pero no pueden emplearse sedantes que reduzcan la actividad eléctrica cortical. Además, el sueño fisiológico aumenta la latencia de los componentes y varía los cocientes de amplitud, lo que exige múltiples registros en distintos estadios del sueño para identificar adecuadamente el complejo N1—P2. Se ha intentado su empleo en recién nacidos, pero plantea dificultades de interpretación.

Los potenciales evocados cognitivos o P300 exigen la colaboración del sujeto y no son aplicables al lactante. (Ver siguiente Figura).



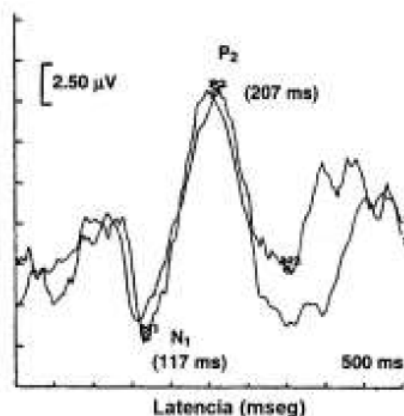


Potenciales Evocados Cognitivos: Registros de la respuesta a un estímulo frecuente (trazo fino) y a estimulación infrecuente (trazo grueso) en un test de discriminación auditiva. La primera deflexión negativa en el registro con estímulo diana aparece en torno a 50 ms tras la aplicación del estímulo, y el componente principal de la respuesta (P300) aparece entre 280 y 600ms, según la dificultad del test.

La respuesta P300 se genera como una respuesta endógena a un estímulo de baja probabilidad. Se denomina respuesta endógena porque puede aparecer en ausencia de estímulo físico, o frente a estímulos de distinta modalidad. Su aplicación clínica más frecuente es como test de discriminación con estímulos auditivos. Se utiliza en todas aquellas situaciones que afecten la capacidad cognitiva del sujeto (demencia, esquizofrenia)

Los PEAC, también llamados de larga latencia, se registran con una base de tiempo de 500 mseg. En estos registros se incluyen los componentes P2, P300 y la Mismatch Negativity (MMN). N1 y P2 son generados en áreas auditivas corticales primarias. P300 y MMN son generados por múltiples estructuras corticales y subcorticales. Estos componentes son dependientes del estado de vigilia del paciente por lo que su aplicación está limitada a los adultos y niños colaboradores.

Varios autores han empleado los potenciales de corta latencia para obtener umbrales auditivos con y sin amplificación. Sin embargo los altos ratios de presentación de los estímulos y su corta duración interactúan con el audífono provocando alteraciones en la amplitud y latencia de la onda V. Los PEAC pueden ser obtenidos con amplificación sin generar artefactos al emplear ratios de presentación más bajos. Esta técnica permite establecer la ganancia funcional del audífono en base a las respuestas cerebrales obtenidas con y sin amplificación. En los últimos años, el interés por este procedimiento se ha focalizado en verificar el beneficio de la adaptación sobre procesos cognitivos de orden superior como la evaluación de los mecanismos del procesamiento auditivo central o la discriminación de sílabas o fonemas.

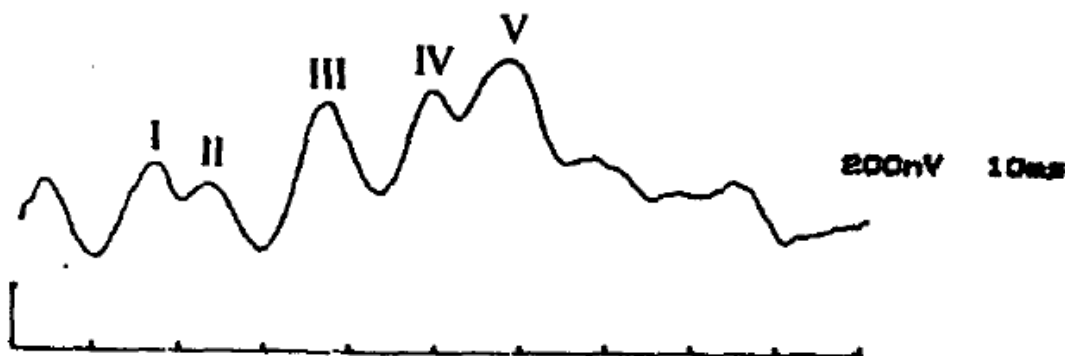


Registro de Larga Latencia

### 3.3 Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Cerebral con Impulsos Tonales

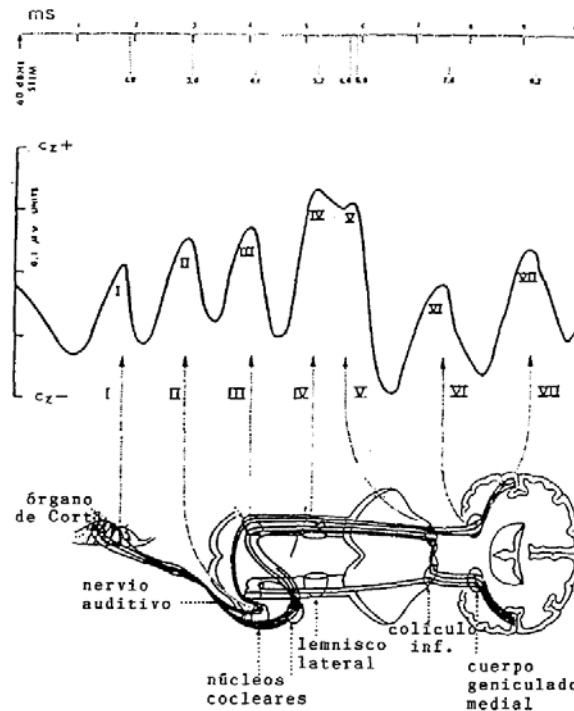
La actividad eléctrica originada en el nervio auditivo y en las vías del tallo cerebral se agrupa bajo la denominación de Respuesta Auditiva Troncoencefálica o Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral (PEATC). Los PEATC pertenecen al conjunto de respuestas de latencia corta: Aparecen en los 10 ms que siguen a una estimulo auditivo. La primera descripción de la respuesta auditiva troncoencefálica en humanos fue obra de JEWETT y WILLISTON en 1971, aunque SOHMER y FEINMESSER fueron los primeros que registraron estas respuestas neurogénicas en 1967.

JEWETT describió la respuesta evocada por un estímulo con click de alta intensidad, y registrada a partir del gradiente de potencial creado entre dos electrodos situados, respectivamente, sobre mastoides ipsilateral y vértex. Esta respuesta estaría integrada por una serie de siete ondas (de la 1 a la VII) que constituirían el registro a larga distancia del impulso nervioso transmitido a través de neuronas activadas secuencialmente, en el nervio auditivo y las vías troncoencefálicas ascendentes.



Potenciales Evocados Auditivos de Tronco Cerebral: Las ondas I, III y V son las más constantes. Su amplitud máxima (onda V) es inferior a 1µV

El origen anatómico exacto de los potenciales de tronco no se comprende bien, y ello se ve complicado por la interacción entre los posibles focos generatrices. El origen que se ha propuesto y divulgado se basa en estudios realizados en animales, en pacientes con trastornos del tronco cerebral, o, más recientemente, en los estudios comparativos de las respuestas auditivas registradas en superficie o en profundidad en pacientes sometidos a intervenciones neuroquirúrgicas.



Correlación anatómica de los siete componentes de la respuesta auditiva troncoencefálica

Actualmente se cree que la onda 1 corresponde a la despolarización de las fibras de la par auditiva del VIII par y sería similar al potencial de acción registrado mediante electrococleografía; la onda II probablemente procede de regiones proximales del mismo nervio, y la onda III de los núcleos cocleares; el complejo olivar superior parece ser el origen de la onda IV, y la onda V se origina bien en la porción más alta de la protuberancia (lemnisco lateral), o bien en la porción inferior del mesencéfalo (colículo o tubérculo cuadrigémino inferior). Se ha sugerido que las ondas VI y VII proceden del cuerpo geniculado medial y de las radiaciones auditivas, respectivamente, pero se dispone de pocos datos.

Aparte de otras indicaciones pediátricas, relacionadas con el estudio de la función neural troncoencefálica, los potenciales de tronco se utilizan para explorar la agudeza auditiva en pacientes de corta edad. La información audiológica que aporta la respuesta troncoencefálica se ve limitada en ciertas situaciones, pero es posible registrar de forma fiable una onda V con intensidades de estimulación próximas al umbral auditivo y esta respuesta resiste los efectos de habituación y sueño.

Este tipo de registros sustituye la estimulación mediante clicks por tonos puros. La principal ventaja de estos potenciales es la alta especificidad frecuencial de los tonos y su resistencia al sueño. En orden a optimizar la capacidad de estimulación selectiva de los PEATC(t) se han empleado diferentes estrategias de enmascaramiento y derivación de las respuestas. Estos procedimientos consumen mucho tiempo y el enmascaramiento a altas intensidades alcanza valores excesivos. El método que se ha implantado finalmente en la práctica clínica son los PEATC con impulsos tonales sin enmascarar. El compromiso entre duración del registro y selectividad frecuencial de las respuestas resulta razonable.

Los PEATC(t) en la adaptación audiotrófica se han orientado a la obtención del umbral específico en frecuencia. El uso de estos umbrales requiere correcciones que tienen que ver con la estimación de la audiometría tonal toda vez que ambas medidas de la sensibilidad auditiva no son equivalentes.

En general, los umbrales fisiológicos suelen ser de 15 a 20 dB superiores a los umbrales obtenidos con la audiometría tonal. Esta diferencia tiene que ser establecidas de forma específica por cada laboratorio ya que el grado de pérdida y las condiciones de calibración y registro pueden inducir a variaciones significativas en estas correcciones. Por ejemplo, en nuestra clínica hemos encontrado diferencias que van de 5 a 20 dB en pacientes con hipoacusia coclear moderada a severa.

La estimación del umbral a partir de registros de PEATC(t) debe comenzar por aplicar la corrección psicofísica sustrayendo el valor del umbral fisiológico al umbral tonal. La unidad de medida de esta estimación es el dB eHL. Para poder prescribir la ganancia del audífono debemos transformar estos umbrales en dB SPL a nivel del tímpano (REAR). Para ello sumaremos los valores de RETSPL que vendrán dados por el protocolo de registro de PEATC empleado. En la siguiente tabla se representa los valores para las frecuencias de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz y un ratio de presentación de 39,1 seg.

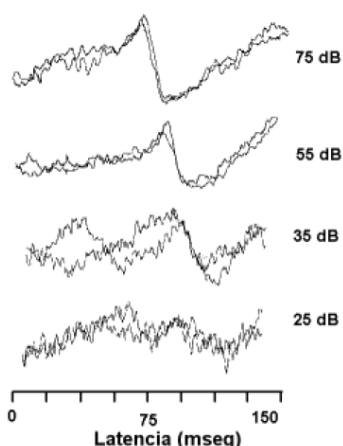
|                              | 500 HZ                                       | 1000 Hz                                     | 2000 Hz                                     | 4000 Hz                                      |
|------------------------------|--|---|---|--|
|                              | <i>4mseg rtes/<br/>fall<br/>2mse plateau</i> | <i>4mseg<br/>rtes/fall<br/>2mse plateau</i> | <i>4mseg<br/>rtes/fall<br/>2mse plateau</i> | <i>4mseg r<br/>tes/fall<br/>2mse plateau</i> |
| <b>TDH49</b>                 | 25 ppe SPL                                   | 23 ppe SPL                                  | 26 ppe SPL                                  | 29 ppe SPL                                   |
| <b>ER-3A</b>                 | 22 ppe SPL                                   | 25 ppe SPL                                  | 20 ppe SPL                                  | 26 ppe SPL                                   |
| <i>Ratio: 39,1 segundos</i>  |  |   |   |  |
| <i>Polaridad: Alternante</i> |  |   |   |  |

Valores del RETSPL obtenidos para los estímulos tonales empleados en el registro de PEATC(t) para auriculares supraaurales y de inserción

Existen importantes diferencias interindividuales en el volumen del CAE (Conducto Auditivo Externo) hasta los 20 meses de edad y entre niños y adultos. Para corregir esta variabilidad e individualizar el proceso de adaptación debe registrarse para cada paciente el RECD (Real Ear to Couple Difference; 20) y sumar a este valor a los umbrales en dB SPL. En la siguiente ecuación damos cuenta de todo el proceso reseñado anteriormente:

$$\text{Umbrales en dB SPL (REAR)} = \text{nHL} - \text{Corrección Psicofísica} + \text{RETSPL} + \text{RECD}$$

Una vez llevado acabo estas correcciones es posible reconstruir el audiograma en dB SPL a partir del cual prescribir el ajuste del audífono siguiendo el método de prescripción de la ganancia seleccionado por el audioprotesista.



Registro de PEATC a un tono puro de 1 kHz

### 3.4 Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable

Los Potenciales Evocados Auditivos de Estado estable (PEAee) son una técnica de registro capaz de determinar el umbral auditivo específico en frecuencia. Un PEAee es una respuesta evocada periódica en tiempo cuya frecuencia permanece constante en amplitud y fase. Esta técnica nos permite valorar varias frecuencias del audiograma de forma simultánea y en ambos oídos a la vez lo cual reduce considerablemente el tiempo de examen. Además puede ser llevada acabo bajo sedación o sueño natural toda vez que son generados en el tronco cerebral. Para una revisión de estos registros acudir a Barajas y colaboradores.

La prescripción de los parámetros de ajuste de las prótesis auditivas se suele derivar a partir de la función de crecimiento de la sensación sonora. Esta función se parametriza a partir de métodos psicoacústicos que consumen gran cantidad de tiempo por lo que en la gran

mayoría de métodos esta función es estimada a partir del audiograma. Estas pruebas de escalamiento son de una gran variabilidad. En niños este tipo de protocolos son aun más difíciles de obtener. En las adaptaciones llevadas a cabo a partir de los umbrales auditivos obtenidos con PEA sumamos por lo tanto dos errores de medida.

#### 4. REGISTRO DE LA RESPUESTA AUDITIVA TRONCO ENCEFÁLICA

La respuesta auditiva troncoencefálica se mide a partir de la señal diferencial (diferencia de potencial) creada entre un par de electrodos de superficie de registro electroencefalográfico. Un electrodo se coloca sobre un área de gran actividad de respuesta (electrodo activo), y un segundo electrodo se coloca sobre un área de baja actividad de respuesta (electrodo de referencia). El estímulo óptimo para evocar una respuesta debe ser lo suficientemente brusco como para producir una descarga sincrónica en gran número de fibras nerviosas. Por esta razón, el estímulo que se utiliza más extensamente es el click, que consiste en un pulso eléctrico de 100  $\mu$ s, calibrado en dB HL o dB NHL. El estímulo acústico resultante posee energía detonante sobre una gama de frecuencias amplia, y evoca una respuesta auditiva generada fundamentalmente en la espira basal coclear (especificidad tonal para “agudos” o altas frecuencias). El umbral de la respuesta auditiva troncoencefálica evocada por un click se corresponde (margen de error de  $\pm 10$  dB) con el umbral auditivo subjetivo promedio en el espectro de frecuencias comprendido entre 2 y 4 KHz.

Los potenciales de acción del tronco del encéfalo se recogen con una amplitud muy reducida (alrededor de 1  $\mu$ V) en comparación con la actividad electroencefalográfica de fondo (hasta 100  $\mu$ V). Es necesario un estímulo repetitivo para poder mejorar el cociente de amplitud respuesta/ruido mediante un promediador de señales. Deben promediarse al menos 1000 barridos de respuesta con el fin de identificar de forma fiable la configuración de las ondas. El número de barridos a analizar dependerá de las condiciones en que se efectúe el registro. La onda V es resistente a ritmos de presentación rápidos y, en condiciones normales, pueden utilizarse ritmos de 20 a 30 Hz (20 a 30 ciclos por segundo) sin riesgo de atenuación de la respuesta.

En investigación audiológica se hacen registros a distintos niveles de intensidad de estimulación hasta que deja de obtenerse respuesta. La intensidad mínima necesaria para generar una onda y se utiliza como estimación del umbral auditivo. En estudios rutinarios no se considera necesario descender el nivel de estimulación por debajo de 20-30 dB HL.

##### 4.1 Consideraciones técnicas de la respuesta Auditiva Troncoencefálica en nacientes de corta edad

- a. El estímulo más comúnmente empleado para el registro de PEATC es el click de banda ancha generado al excitar un transductor con un voltaje rectangular de 100  $\mu$ s de duración. Para obtener una respuesta satisfactoria, debe producirse una actividad sincrónica de unidades neurales individuales en el nervio auditivo y tronco del encéfalo. Los clicks de corta duración son ideales para desencadenar una descarga neural

sincronizada, a expensas de perder especificidad frecuencial. Los PEATC obtenidos con click pueden sobreestimar la agudeza auditiva con hipoacusias escarpadas por encima de 2000—3000 Hz, o en frecuencias bajas inferiores a 1000 Hz. Las pérdidas de audición puras en graves son raras, y las pérdidas selectivas en agudos tampoco son frecuentes en lactantes.

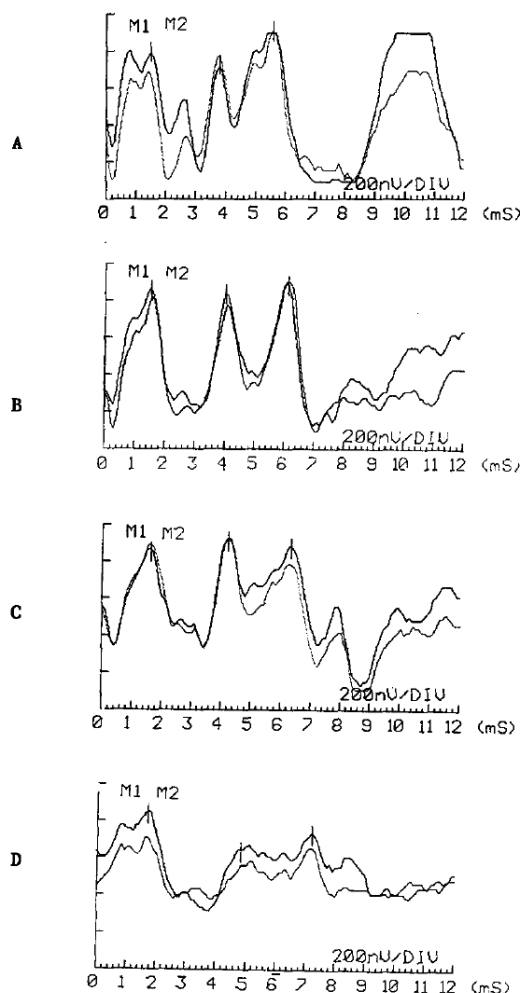
- b. La polaridad del estímulo empleado puede ser de condensación (C), rarefacción (R), o alternante. Se encuentran diferencias de latencia entre las respuestas obtenidas con estímulos C vs R. COX considerada adecuado al uso de una polaridad única o alternante en lactantes.
- c. Las modificaciones en el ritmo de presentación del estímulo alteran la latencia y la amplitud de prácticamente todos los componentes de la respuesta auditiva de tronco. A mayor frecuencia de estimulación, disminuye la amplitud de las ondas, principalmente de la Onda 1, y aumenta su latencia, sobre todo para la Onda V. El ritmo de presentación del click se elige en función de la cantidad de información que se desea obtener. Si sólo interesa la Onda V, como es frecuente en procedimientos exclusivos de screening auditivo, pueden emplearse ritmos rápidos de 30—40 c/s. Se reduce el tiempo de la prueba pero, al mismo tiempo, se pierde la definición de las ondas más tempranas. En lactantes, particularmente en recién nacidos y prematuros, suelen ser precisos ritmos más lentos para una definición adecuada de los picos en las aplicaciones neurológicas del estudio de la respuesta de tronco. En el paciente de corta edad, el ritmo de 21 c/s ha demostrado aportar un compromiso satisfactorio entre la definición de picos y el tiempo requerido para la prueba.
- d. La respuesta en niños posee una amplitud menor a la registrada en el adulto, y el “ruido eléctrico” de fondo y los potenciales miogénicos de cabeza y cuello pueden artefactar los registros. Durante el sueño, se reduce notablemente la actividad electroencefalográfica y muscular, mientras el potencial de tronco no se afecta. Por eso, siempre que sea posible, los pacientes de corta edad deben ser explorados durante el sueño. Los recién nacidos y los lactantes de pocos meses suelen quedarse profundamente dormidos después de las tomas. Entre los 6 meses y los tres años de edad, generalmente es necesario recurrir a sedación medicamentosa (v.g. hidrato de cloral, 25—75 mg/Kg/dosis). No obstante, no se recomienda el empleo rutinario de agentes hipnóticos y, en caso de utilizarse, es preciso contar con la disponibilidad inmediata de equipos e instalaciones para resucitación.
- e. La respuesta troncoencefálica se registra a partir de electrodos de superficie adheridos a vértex y mastoides o lóbulo ipsilateral al estímulo. Deben evitarse los electrodos de aguja pues son dolorosos y ofrecen una impedancia más elevada. Se aconseja que la impedancia de los electrodos no supere los 5000 Ohmios. A menudo, ello no es posible,



particularmente en neonatos a causa de la sensibilidad de su piel. Más importante es el equilibrio de impedancia entre los electrodos, siempre que ésta se mantenga por debajo de los 10.000 Ohmios. Los electrodos se fijan al cuero cabelludo mediante esparadrapo antialérgico y pasta de contacto. La piel debe limpiarse antes a conciencia para eliminar detritus y lograr la mínima impedancia. En recién nacidos debe evitarse la fijación de los electrodos con colodión, así como la limpieza con acetona pues, aunque más eficaces, pueden irritar la delicada piel del bebé.

Los auriculares almohadillados, de uso estandarizado en el adulto, pueden colapsar el canal auditivo del recién nacido”. Independientemente del tipo de auricular empleado el ruido ambiente típico de una unidad neonatal crea enmascaramiento ipsilateral, variando los efectos de enmascaramiento en la medida en que varía el ruido ambiente <aumento en la latencia de Onda V). Para mantener la fiabilidad de los patrones de un laboratorio, los tests deben realizarse en condiciones homogéneas de ruido ambiental o, preferiblemente, en los momentos y las áreas más tranquilos. En cuanto al enmascaramiento contralateral, no se considera justificado en la exploración con estímulos inferiores a 60—70 dB HL en lactantes, siendo cuando menos dudosa la contribución del oído contralateral con estímulos que superen los 60—70 dB HL.

- f. Los potenciales de tronco se ven afectados por la frecuencia del filtro de las respuestas. Cuando el paso de banda inferior supera los 100 Hz o el superior los 3000 Hz, la amplitud de las ondas disminuye, su latencia absoluta aumenta y puede elevarse el umbral. En los procedimientos desarrollados en una unidad de Neonatología, se admiten filtros inferiores de hasta 150 Hz para reducir las interferencias eléctricas (habitualmente en 60 Hz).
- g. Existen diferencias entre la respuesta auditiva troncoencefálica normal del recién nacido y la del adulto. La amplitud global de la respuesta suele ser menor; la onda 1 puede ser bífida; no existe onda II o es muy pequeña y, tras la onda 1, se recoge una profunda deflexión negativa; la deflexión negativa que sigue a la onda III es menos prominente, y el cociente de amplitud de la onda y respecto a la onda 1 es menor. (Ver la siguiente Figura). Se dispone de pocos datos respecto a la amplitud normal de las ondas. En general, la amplitud de los componentes de la respuesta neonatal corresponde aproximadamente a la mitad de la que se obtiene en adultos. La onda V es particularmente pequeña y el cociente de amplitud V/I en el recién nacido normal ronda la unidad, mientras que su valor en el adulto supera la unidad.



Registro de la respuesta auditiva troncoencefálica en pacientes normoyentes de distinta edad. A: Adulto joven. E: Niño de 1 año. C: Lactante de 3 meses. D: Recién nacido a término. Los cuatro registros han sido obtenidos del oído izquierdo, a 70 dBHL de estimulación

- h. En el recién nacido, no existen diferencias de la respuesta troncoencefálica con respecto al sexo. No está claramente establecido si en el recién nacido pueden existir diferencias notables entre uno y otro oído y cuál debe ser la máxima diferencia interaural admisible.
- i. El modo de presentación del estímulo preferido en lactantes es el monoaural, ya que la estimulación binaural permitiría enmascarar hipoacusias periféricas unilaterales y, posiblemente, trastornos auditivos centrales, al incrementar la amplitud de la respuesta global hasta en un 60%. En el registro de la respuesta entre vértex y mastoides contralateral, las ondas III y V son pequeñas y presentan una polaridad opuesta a la de las registradas en montaje ipsilateral. El reducido tamaño del registro contralateral en el neonato dificulta el reconocimiento de la respuesta a intensidades de estimulación bajas.
- j. La respuesta auditiva troncoencefálica se obtiene en el recién nacido normal hasta 30 dB HL de estimulación, siempre que el paciente esté dormido, se promedien suficientes

barridos, y la interferencia del ruido ambiental sea baja. Umbrales de respuesta superiores a 30 dB HL de estimulación indican la existencia de algún trastorno en el oído o en las vías nerviosas auditivas'. El número de señales recogidas y promediadas debe ser el suficiente para obtener ondas con una definición aceptable. En un lactante en reposo, suelen bastar entre 1000 y 2000 señales, pudiendo ser necesario aumentarlas a 4000 o incluso más si existe actividad muscular, una impedancia elevada, o interferencias eléctricas.

## 5. CARACTERÍSTICAS PARA LOS POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS

### 5.1 Polaridad del estímulo

#### 5.1.1 Clicks

El PEATC es una respuesta de inicio, es decir, que es generado al inicio del estímulo auditivo. Por lo tanto, el estímulo debe de ser rápido para sincronizar todas las neuronas que contribuyen a formar el PEATC. El tipo de estimulación más efectivo y más ampliamente utilizado es el click, el cual es un pulso breve rectangular de 50-200  $\mu$ s de duración, con un comienzo abrupto y de corta duración. El rápido inicio del click provoca una buena sincronía neural, obteniendo de ese modo un PEATC claro y definido. Pequeños incrementos en la fase inicial de la estimulación incrementan la latencia y disminuyen la amplitud de los PEATC, a la vez que producen cambios en la morfología de los componentes.

#### 5.1.2 Impulsos tonales

Cuando se evalúa la sensibilidad auditiva, se desea tomar medidas separadas dentro de diferentes regiones de frecuencia. Para realizarlo se debe estimular las frecuencias específicas o el estímulo debe de contener la energía necesaria dentro de una banda discreta de frecuencias. El estímulo de tono puro usado tradicionalmente en las audiometrías, con caídas o aumentos en el tiempo, es inapropiado para la realización de los PEATC debido a que son demasiado lentos para generar el inicio de la respuesta. Un estímulo usado para el PEATC que represente el compromiso entre la frecuencia específica deseada y la brevedad temporal requerida son los impulsos tonales. Estos estímulos son tonos cortos con aumentos o caídas de solo unos milisegundos (generalmente <5ms) y con una corta meseta de duración que incluso puede estar ausente. Los impulsos tonales son más selectivos en la frecuencia que los clicks, pero continúan teniendo bandas de energía por arriba o por debajo de la frecuencia deseada produciendo unidades de respuesta del nervio auditivo menos sincrónicas.

### 5.2 Polaridad del estímulo para los potenciales evocados auditivos

### 5.2.1 Clicks

La mayoría de los instrumentos de los potenciales evocados permiten escoger la rarefacción, condensación o la alternancia de ellos para el inicio del click. En el presente no se ha encontrado un consenso con respecto a cual polaridad es la mejor para usar. Sin embargo la mayoría de los investigadores recomiendan usar fases de rarefacción o fases alternadas. La rarefacción es la fase en que se estimulan las dendritas aferentes del nervio auditivo y se ha demostrado que producen latencias cortas y amplitudes grandes de la mayoría de los componentes de onda del PEATC. La fase alternada es útil en reducir el artefacto del estímulo, el cual interfiere con la identificación de la onda I. El artefacto del estímulo sigue a la fase del estímulo y por lo tanto es cancelado cuando polaridades opuestas son agregadas juntas. La fase alternante, sin embargo puede degradar la claridad de la onda, especialmente en los casos de pérdidas auditivas de alta frecuencia.

### 5.2.2 Impulsos tonales

La diferencia entre las fases de rarefacción y condensación es menos importante para los impulsos tonales que para los clicks por que el tiempo de incremento del estímulo puede incluir excursiones en ambas polaridades. La fase alternante puede ser usada para excluir el artefacto del estímulo y el potencial microfónico coclear; sin embargo, para los tonos de ruptura de baja frecuencia, la fase alternante pueden ampliarse en los picos del PEATC y degenerar la calidad.

## 5.3 Tipo de estímulo

Idealmente, el estímulo para PEATC debe tener:

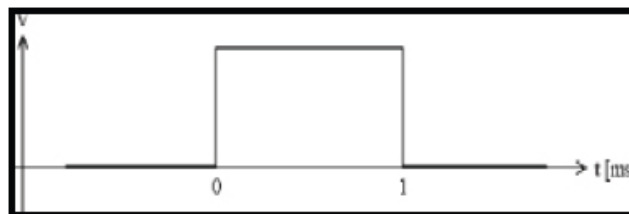
- Corta duración: para evitar interferencias por artefactos del propio estímulo, y el fenómeno de adaptación que producen los estímulos prolongados.
- Especificidad tonal: para la detección objetiva del umbral auditivo con especificidad frecuencial. Para lo cual la energía debe concentrarse en una región muy angosta del espectro.

En la práctica estos valores se contraponen, ya que las señales de espectro angosto requieren una duración considerable, y las de muy corta duración tienen un espectro muy extendido.

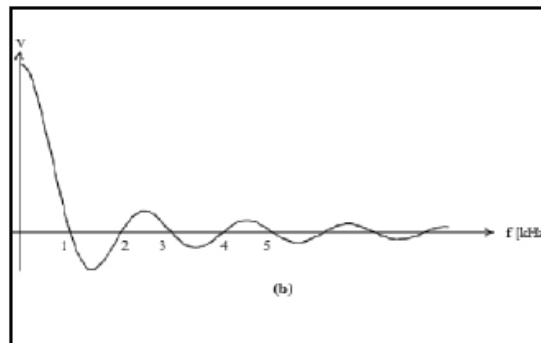
Los estímulos más usados son click, burst y pip.

### 5.3.1 Tonos click

Un estímulo click es un impulso eléctrico rectangular, de 50 a 200 microsegundos de duración. Cuanto más corto sea el pulso más extenso será el espectro, por lo que un click muy corto permite estimular toda la cóclea. Un potencial generado con un click puede ser adecuado para un screening auditivo, pero no puede dar información frecuencial específica a través de toda la región del habla, la cual es necesaria para un adecuado ajuste de audífonos, especialmente para las frecuencias bajas. Sin embargo, sigue siendo la mejor elección para evaluación de la integridad de la vía auditiva, ya que por su rapidez, genera una buena sincronía neural que produce una morfología claramente definida.



Un click de 1 ms de duración



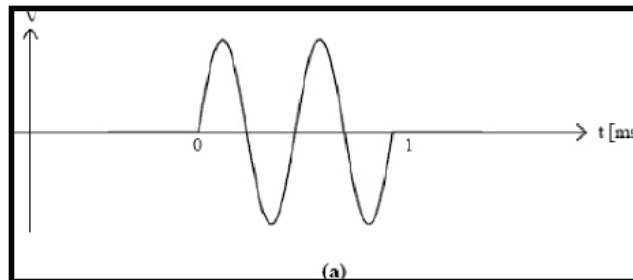
Espectro de frecuencias del click. Se puede observar que aparece una gran cantidad de energía en las bajas frecuencias

### 5.3.2 Tono burst

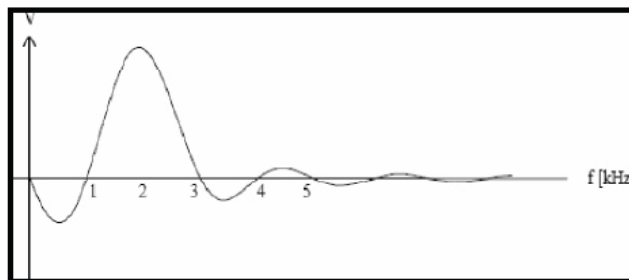
Es el estímulo que mejor promedia la necesidad de especificidad de frecuencia y corta duración. Es un tono puro limitado a un número reducido de ciclos. Aun siendo un estímulo muy breve, el tono burst da respuestas para una estimación más precisa de la sensibilidad auditiva que pueden correlacionarse mejor con el audiograma, ya que concentra energía en una frecuencia de tono puro. Las limitaciones del tono burst es que siendo un estímulo con un comienzo muy corto, puede generar respuestas en frecuencias aledañas a la nominal del estímulo, perdiendo especificidad.

Para reducir la dispersión espectral y maximizar la sincronía, se usan varios tipos de enmascaramiento y principalmente funciones no lineares que permiten la manipulación del número de ciclos al inicio, en la meseta y al final del estímulo. La más usual es la ventana Blackman con rampas 2-0-2 ó 2.5-0-2.5 las cuales tienen un tiempo de elevación y descenso de 2 msec cada una sin una meseta presente.

Un tono burst de 500 Hz produce una respuesta de morfología muy diferente comparada con una respuesta a click. El tono burst produce una amplia onda V, más fiable en cuanto a especificidad frecuencial, pero con componentes redondeados, sin picos bien definidos, haciendo más difícil su diferenciación



Un tono burst formado de 1 ms de duración formado por dos ciclos de una onda senoidal de 2 KHz



Espectro de frecuencias del tone burst. Obsérvese que si bien la mayor parte de la energía se concentra cerca de los 2 KHz hay también energía en otras frecuencias, tanto menores como mayores.

Durante la promediación de la señal, el estímulo debe ser muy específico, lo suficientemente corto para prevenir el solapamiento de las respuestas que pudieran ocurrir si un nuevo estímulo fuera presentado antes que la respuesta a un estímulo previo haya sido completado. Por ejemplo, para la ventana de tiempo de 10ms, un estímulo de 100/s es el tipo de estímulo más rápido recomendado. La selección que se hace del tipo de estímulo es un compromiso entre la claridad de la respuesta y la eficiencia del estudio. Un estímulo lento produce una onda más clara y definida pero incrementa la cantidad de tiempo requerida para obtener el promedio de onda. Por el contrario, un estímulo alto reduce el tiempo del estudio pero disminuye la amplitud de los PEATC, particularmente de los componentes tempranos de la onda. Los estímulos más frecuentemente utilizados clínicamente se encuentran entre los 17 a 20/s.

Otra estrategia clínica es el de utilizar estímulos lentos (<20/s) cuando se requiera la completa definición de todos los componentes de la onda de los PEATC, como por ejemplo para la evaluación neurotológica, y el de utilizar estímulos del tipo alto (>60/s) cuando la medida de la latencia-intensidad de la onda V solo se requiera para la estimación de umbrales auditivos, debido a la mayor resistencia que ofrece la onda V a los efectos de los estímulos altos que disminuyen su amplitud en aproximadamente un 10%, mientras que la amplitud de las ondas I y III, disminuyen su amplitud en aproximadamente un 50%.

La intensidad del estímulo afecta también a la amplitud de los componentes de los PEATC. La onda I reduce dramáticamente su amplitud al disminuir la intensidad del click de 90 a 60 dB nHL. La amplitud de la onda I se incrementa de 90nv a 250nv cuando pasmos de presentar el estímulo de 65 nHL a 90 dB nHL, la onda III pasa de 140nv a 60 dB a 310nv a 90 dB y la amplitud de la onda V se incrementa de 140nv a 60 dB a 230nv a 90 dB nHL.

Por lo tanto, el aumento de la tasa de presentación del estímulo y la intensidad del estímulo afecta de forma diferente a cada uno de los componentes de los PEATC, sugiriendo que son consecuencia de fenómenos neurofisiológicos generados por mecanismos en cierto modo independientes dentro del tronco cerebral, y que la onda V aparece como un componente más resistente al fenómeno de habituación.

#### 5.4 Calibración de la intensidad del estímulo

A diferencia de la audiometría de tonos puros, no existen niveles de intensidad de calibración para el estímulo en los PEATC debido a su corta duración. Un método típico de especificar la intensidad de los clicks y de los impulsos tonales es el encontrar un promedio de umbrales del estímulo en un grupo de adultos normales. El promedio del umbral es llamado "0 dB" o nivel normalizado de audición (normalizad hearing level) o 0 dB nHL.

Todas las intensidades son expresadas en decibles del nivel normalizado de audición relacionadas a este punto cero determinado previamente. Una medida física que es usada para expresar la intensidad de los clicks es el pico equivalente SPL (peSPL). Para medir esto, el click es llevado hacia un osciloscopio y la amplitud del pico o las amplitudes entre los picos son medidas. Así, la onda es dirigida desde el audífono del PEATC al osciloscopio y esta amplitud es ajustada a la misma intensidad que el click. Se acepta en general que un umbral de 0 dB nHL es cercano a 30 DB SPL.



### 5.5 Intensidad del estímulo

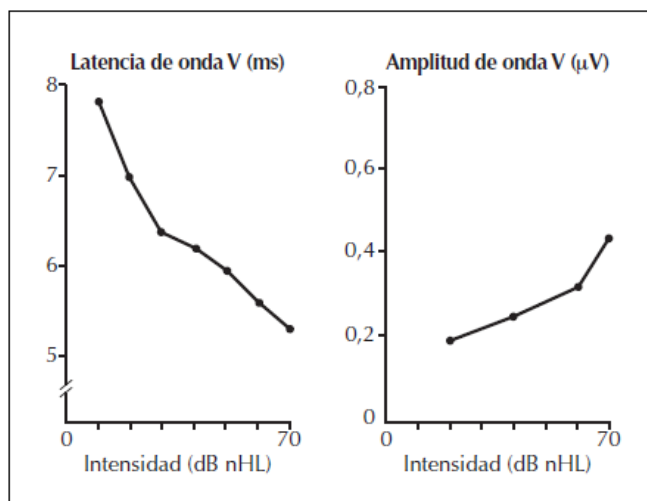
Los cambios de intensidad del estímulo acústico, alteran la latencia, la amplitud, y la morfología de la respuesta de los P.E.A.T.C. Así pues, la latencia de todos los componentes aumenta al disminuir la intensidad. Según GALAMBOS Y HECOX (1978), y COATS (1978), el componente más fácil de identificar de los potenciales del tronco, es la onda V, que disminuye desde un valor aproximado de 5,6 ms. a 80 dB.nHL, a un valor de 8,2 ms. a 10 dB.nHL. La onda V es la más resistente a bajar la intensidad, siendo más difícil reconocer los otros componentes al llevar a cabo esta maniobra. Los cambios de amplitud de los diversos P.E.A.T.C., en función de la intensidad, no han sido estudiados tan profundamente como los de la latencia, principalmente por dos razones, una de ellas por la gran variabilidad de los filtros de paso alto usados y la otra razón, por la mayor variabilidad de la amplitud respecto a la latencia, como parámetro de medida.

La latencia de todos los componentes varía sistemáticamente con la intensidad del estímulo. En la siguiente tabla se puede observar las variaciones en la latencia de los componentes en función de la intensidad de presentación del estímulo, registradas en varios laboratorios.

| Tabla 2. Latencias en ms de las ondas I, III y V de los PEATC según diferentes estudios* |                |     |     |     |                  |     |     |     |                |     |     |     |
|--|----------------|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|
| Estímulos en nHL   | Estudio onda I |     |     |     | Estudio onda III |     |     |     | Estudio onda V |     |     |     |
|  | A              | B   | C   | D   | A                | B   | C   | D   | A              | B   | C   | D   |
| 85 a 90  | 1,4            | 1,3 |     |     |                  | 3,6 | 3,6 |     |                | 5,5 | 5,6 |     |
| 75 a 80  | 1,4            | 1,6 | 1,4 | 1,9 | 3,7              | 3,7 | 3,6 | 4,1 | 5,4            | 5,6 | 5,5 | 5,9 |
| 65 a 70  | 1,6            | 1,8 | 1,5 |     | 3,8              | 3,9 | 3,7 |     | 5,5            | 5,8 | 5,6 |     |
| 55 a 60  | 1,8            | 1,9 | 1,7 | 2,3 | 3,9              | 4,1 | 3,9 | 4,6 | 5,8            | 6   | 5,9 | 6,4 |
| 45 a 50  | 2,2            |     |     |     | 4,3              | 4,2 |     |     | 6              | 6,4 | 6,2 |     |
| 35 a 40  | 2,7            |     |     |     | 4,7              | 4,6 |     |     | 6,6            | 6,9 | 6,5 |     |
| 25 a 30  | 2,9            |     |     |     | 5,1              | 5,0 |     |     | 7,1            | 7,4 | 7   |     |
| 15 a 20  |                |     |     |     | 5,9              |     |     |     | 7,7            | 7,8 | 7,8 |     |
| 5 a 10   |                |     |     |     | 5,6              |     |     |     | 8,1            | 5,9 |     |     |

\* (A) Starr y Achor<sup>103</sup> 10 clics/s. (B) Barajas<sup>110</sup> 11,3 clics/s. (C) Rosenhamer y cols.<sup>46</sup> 16,6 clics/s. (D) Beagley y Sheldrake<sup>77</sup> 20 clics/s.

Para la onda V este cambio es de aproximadamente 400 a 600  $\mu$ s por cada 10 dB, entre 10 y 50 dB nHL, y algo menor (de 100 a 300  $\mu$ s) por encima de 60 dB nHL (como se muestra en la siguiente figura).



Efecto de la intensidad sobre los PEATC. Representación del efecto de la intensidad sobre la onda V de los PEATC

El promedio de los intervalos de la latencia entre las ondas I, III y V se presenta en la tabla 3 para tres intensidades. Estos intervalos se conocen como tiempo de transmisión central. Generalmente el intervalo es aproximadamente de 2 ms para los intervalos I-III y III-V, y de aproximadamente 4 ms para el intervalo de latencia I-V. La intensidad del estímulo afecta también a la amplitud de los componentes de los PEATC. La amplitud de la onda I se incrementa de 90 a 250 nv cuando pasamos de presentar el estímulo de 65 a 90 dB nHL. La onda III pasa de 140 nv a 60 dB a 310 nv a 90 dB. La amplitud de la onda V se incrementa de 140 nv a 60 dB nHL a 230 nv a 90 dB nHL.

### 5.5.1 Ritmo de presentación del estímulo

El ritmo del estímulo (stimulus rate) es el número de estímulos por segundo (s/s) y afecta directamente la latencia y amplitud de las ondas. El intervalo intraestímulo (tiempo transcurrido entre un estímulo y el siguiente), debe ser suficiente para dar tiempo a registrar la respuesta antes de que se presente el estímulo siguiente. Cuando el intervalo intraestímulo es muy breve, se superponen las respuestas, ya que se presenta otro estímulo antes que se haya registrado la respuesta del anterior. (ej.: mayores a 50 s/s).

Un ritmo de estímulo adecuado será el que permita obtener gráficas claras, en el menor tiempo posible. Un ritmo del estímulo lento produce ondas más definidas, de mayor amplitud, pero aumenta el tiempo del estudio. Un ritmo de estímulo más rápido reduce el tiempo del estudio, pero también disminuye la amplitud de las ondas, particularmente de sus primeros componentes, la onda V es mucho más resistente al fenómeno de adaptación.

CHIAPPA (1979), demuestra que el ritmo del estímulo a 50 ms. La amplitud de la onda V es aproximadamente un 90% más de la que se obtiene a 10 ms. Típicamente, se utilizan para aplicación clínica ritmos entre 17 y 27 s/s. Para valoración neurológica, generalmente se aplica ritmo de estímulo menor a 20 s/s, para lograr una gráfica clara de todos los componentes del PEATC. Cuando se busca una estimación del umbral auditivo, mediante la función latencia-intensidad de la Onda V, se utiliza un ritmo de estímulo más rápido, por ejemplo de 37 o 39 s/s para acortar el tiempo total del estudio, ya que la onda V seguirá graficándose con claridad, por ser más resistente.

### 5.6 Polaridad o fase

No existe consenso acerca del efecto de la polaridad o fase del estímulo sobre la latencia o amplitudes de los PEATC. Diversos estudios no encuentran diferencias significativas en las latencias y amplitudes de los componentes I, III y V a los cambios de polaridad del estímulo. En contraste con estos resultados, otras contribuciones encuentran pequeñas pero significativas diferencias en la latencia de la onda I, que es generalmente más corta para los clics de rarefacción.

| Tabla 3. Media de intervalos entre ondas I, III y V de los PEATC |              |              |            |
|--|--------------|--------------|------------|
| <i>Estímulo en nHL</i>   | <i>I-III</i> | <i>III-V</i> | <i>I-V</i> |
| 85 a 90  | 2,14         | 1,85         | 4          |
| 75 a 80  | 2,11         | 1,85         | 4          |
| 65 a 70  | 2,12         | 1,88         | 4,01       |
| 55 a 60  |              | 1,87         |            |