



**UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE MEDICINA
CARRERA DE FONOAUDIOLOGÍA**

COMPARACIÓN DE LOS UMBRALES AUDITIVOS DE CONDUCCIÓN ÓSEA OBTENIDOS A TRAVÉS DE LA FRENTE Y LA MASTOIDES

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE FONOAUDIÓLOGO Y AL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO EN FONOAUDIOLOGÍA**

Estudiantes

Sebastián Bello Lepe

René Espinoza Lara

Anthony Marcotti Fernández

Sebastián Rivera Retamal

Profesor Guía

Flgo. André Gómez Lombardi

Valparaíso, Noviembre 2011

ÍNDICE

RESUMEN	4
SUMMARY	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. El Cráneo	8
2.1.1. El Hueso Frontal	9
2.1.2. El Hueso Temporal	10
2.2. El Oído Humano	11
3.2.1. Anatomía	12
3.2.2. Fisiología	13
2.3. El Sonido	16
2.3.1. Psicoacústica	17
2.3.2. Unidades de Medición	17
2.4. Evaluación Auditiva	18
2.4.1. Otoscopía	18
2.4.2. Audiometría	19
2.4.3. Impedanciometría	20
2.5. La Conducción Ósea	21
2.5.1. Mastoides VS Frente	22
2.5.2. Diferencias por Género	23
2.5.3. El Vibrador Óseo	24
2.5.4. Mecanismos de Conducción Ósea	25
2.5.4.1. Mecanismo de Distorsión	26
2.5.4.2. Mecanismo de Inercia Osicular	27
2.5.4.3. Mecanismo Osteotimpánico	28
2.5.4.4. Mecanismo No Óseo de Conducción Ósea	29
2.5.5. Manifestaciones Clínicas de la Conducción Ósea	30
2.5.5.1. Otosclerosis	30
2.5.5.2. Discontinuidad Osicular	31
2.5.5.3. Síndrome del Acueducto Vestibular Dilatado	31
2.5.5.4. Dehiscencia del Canal Semicircular Superior	32

2.5.5.5. Efecto Oclusión	33
2.5.6. Otras Consideraciones	34
2.5.6.1. Atenuación Interaural	34
2.5.6.2. Gaps Osteo-Aéreos	35
3. MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. Pregunta de Investigación	37
3.2. Objetivos	37
3.2.1. Objetivo General	37
3.2.2. Objetivos Específicos	38
3.3. Variables	39
3.4. Muestra	39
3.4.1. Difusión y Captación de Voluntarios	40
3.4.2. Selección de Pacientes	40
3.5. Técnicas de Análisis y Extracción de Datos	41
3.5.1. Instrumentos Utilizados	41
3.5.2. Procedimientos Audiológicos	41
3.5.3. Procedimientos de Análisis de Resultados	43
3.6. Protocolos y Procedimientos Éticos	44
4. RESULTADOS	45
4.1. Diferencias de los umbrales auditivos óseos	45
4.2. Variabilidad test-retest de los umbrales auditivos óseos	48
4.3. Diferencias por género de los umbrales auditivos.	49
4.4. Variabilidad test-retest por género de los umbrales auditivos óseos	59
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	65
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
7. ANEXOS	75
ANEXO 1 Anamnesis	75
ANEXO 2 Consentimiento Informado	77
ANEXO 3 Audiograma Vía Ósea Adaptado	79
ANEXO 4 Tabla de Resultados	81

RESUMEN

La medición de los umbrales de conducción ósea es una parte esencial de la evaluación audiológica clínica. Sin embargo, aunque la evaluación de la conducción ósea pueda parecer algo sencilla, existen complejos mecanismos subyacentes y dificultades técnicas que influyen en la evaluación de los umbrales auditivos óseos. Una de las principales controversias tiene relación con el posicionamiento del vibrador óseo. Actualmente se recomiendan dos principales lugares para su ubicación: la mastoides y la frente.

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, durante el año 2011. El propósito de la investigación fue comparar los umbrales auditivos de conducción ósea obtenidos a través de la frente y de la mastoides y su variabilidad test-retest en las frecuencias 250, 500, 1000, 2000, 3000 y 4000 Hz. La muestra de este estudio estuvo constituida por 68 sujetos normoyentes, 39 mujeres y 29 hombres, de la Región de Valparaíso y cuyas edades fluctuaron entre los 18 y 25 años. Cada uno de los voluntarios fue sometido a distintas evaluaciones que permitieron descartar posibles patologías audiológicas, para luego evaluar los umbrales auditivos óseos en las ubicaciones nombradas anteriormente.

Los resultados permitieron determinar que los umbrales obtenidos a través de la frente son significativamente más elevados que los obtenidos a través de las mastoides, en todas las frecuencias. Además, se observó que el promedio de las diferencias de los umbrales auditivos óseos entre ambas ubicaciones fue de 9,01 dB HL, logrando leves variaciones por género. Por último, la variabilidad test-retest de los umbrales auditivos para la frente fue en promedio 3,62 dB HL, mientras que para la mastoides fue 3,35 dB HL, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas. A pesar de esto último, la frente se caracterizó por poseer una menor variabilidad en la mayoría de las frecuencias.

Palabras Claves: Conducción ósea, frente, mastoides.

SUMMARY

The measurement of bone conduction thresholds is an essential part of clinical audiological evaluation. However, although the evaluation of bone conduction may seem simple, there are complex underlying mechanisms and technical difficulties that influence the evaluation of bone hearing thresholds. A major controversy is related to the positioning of the bone vibrator. Currently recommends two major points for its location: the mastoid and forehead.

This study was conducted at the Laboratory of Audiology at the University of Valparaíso, in 2011. The purpose of this study was to compare bone conduction hearing thresholds obtained from the forehead and the mastoid, and test-retest variability at the frequencies 250, 500, 1000, 2000, 3000 y 4000 Hz. The study sample consisted of 68 subjects with normal hearing, 39 women and 29 men, of the Region of Valparaíso and whose ages ranged between 18 and 25 years old. Each volunteer was subjected to various assessments to rule out auditory pathology, and then assess bone hearing thresholds at the locations listed above.

The results allow to determine that the thresholds obtained through the forehead are significantly higher than those obtained through the mastoid, at all frequencies. It was also noted that the average differences in bone hearing thresholds between both locations was 9.01 dB HL, with slight variations by gender. Lastly, it test-retest variability of hearing thresholds for the forehead was on average 3.62 dB HL, whereas for the mastoid was 3.35 dB HL with no statistically significant differences between them. In spite of this, the forehead is characterized by less variability in most frequencies.

Keywords: Bone conduction, forehead, mastoid.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los diferentes métodos para la evaluación de la audición, se encuentra la audiometría tonal liminar, que es una prueba subjetiva y que consiste en buscar el umbral auditivo para cada frecuencia. Para este examen, se estimula tanto la vía de conducción aérea, como la ósea. Durante décadas, la medición de los umbrales de conducción ósea ha sido una parte bien establecida dentro de la batería tradicional básica usada en la audiología clínica. Sin embargo, aunque la evaluación de la conducción ósea pueda parecer algo sencilla, existen complejos mecanismos subyacentes y dificultades técnicas que influyen en la evaluación de los umbrales auditivos óseos.

Una de las principales controversias tiene relación con el posicionamiento del vibrador óseo, cuyo diseño permite su ubicación prácticamente en cualquier parte del cráneo. A pesar de que en la actualidad se recomiendan dos principales lugares para la colocación del vibrador, la mastoides y la frente, aún existen numerosas interrogantes sobre qué ubicación es la más adecuada para la práctica clínica. Mediante una investigación de enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y de diseño cuasi-experimental, se pretende dar respuesta a la pregunta ¿Qué ubicación del vibrador óseo, por frente o por mastoides, es la más adecuada para la evaluación de los umbrales de conducción ósea? Para esto se realizará una comparación de los umbrales auditivos óseos, obtenidos a través de ambas ubicaciones.

Para cumplir con lo propuesto anteriormente, se seleccionó una muestra de 68 individuos normoyentes entre 18 y 25 años de edad, de la región de la Valparaíso. Se procedió a realizar una audiometría tonal liminar de conducción ósea, con el vibrador óseo ubicado tanto en frente como en mastoides. Este procedimiento se llevó a cabo en las dependencias del Laboratorio de Fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso, en tres ocasiones con un intervalo de tiempo de 40 días en promedio entre cada una de ellas.

A continuación, se presenta un capítulo de marco teórico, en el cual se exponen los contenidos necesarios para contextualizar la investigación y revisar los antecedentes emanados del estado del arte. Luego de esto, en el marco metodológico, se abordarán los conceptos y lineamientos procedimentales en los cuales se sustentó el presente estudio. En el capítulo de presentación de resultados, se exponen los datos en gráficos, luego de haber realizado un análisis exploratorio de la información. Por último, se realizará una comparación de los resultados obtenidos con los antecedentes recabados de la literatura, estableciendo las conclusiones pertinentes.

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se abordarán los conceptos teóricos en los cuales se sustenta la investigación. Se describirán la anatomía del cráneo y del oído, así como la fisiología auditiva, los métodos de evaluación de la audición y los principios físicos fundamentales del sonido. Cabe destacar que se enfatizará en la conducción ósea y en los conceptos que se desprenden de ella, por ser el eje central de este estudio.

2.1. El Cráneo

El cráneo es la estructura del cuerpo humano que contiene el órgano de la audición. En él se ubica el vibrador óseo para la búsqueda de los umbrales auditivos de conducción ósea, específicamente, en la mastoides y en la frente. Tanto las características locales como globales de cada sujeto en particular, influyen en la conducción ósea, por lo que es importante referirse a ellas para efectos de este estudio.

El cráneo se divide en bóveda y en porción facial; tanto el hueso temporal como el hueso frontal se encuentran en la primera porción mencionada. La bóveda contiene el encéfalo, estructura rodeada por el líquido cefalorraquídeo, el cual podría tener una influencia significativa en los mecanismos de conducción ósea, abordados en los apartados siguientes. La bóveda craneana posee una lámina interna y una externa, entre las que se interpone una capa de tejido esponjoso denominado diploe (Rouviere, 2005).

2.1.1. El Hueso Frontal

El hueso frontal está situado en la parte anterior de la bóveda del cráneo. Su segmento superior corresponde a la escama del frontal, la cual es regularmente convexa, y su parte inferior corresponde a la porción orbitonasal, donde se encuentran los senos paranasales. Además, se divide en una cara interna y una externa (Rouviere, 2005).

La escama del frontal es una porción convexa, lisa y ancha (Velayos, 2001), con excepción de una pequeña superficie cóncava que se orienta lateralmente y que pertenece a la fosa temporal (Rouviere, 2005). En la línea media de esta porción, se encuentran los vestigios de la sutura frontal, que une las dos mitades originalmente separadas del hueso frontal. En el 8% de los cráneos adultos, persiste esta sutura y puede confundirse en las radiografías con una fractura.

La porción orbitonasal, o también denominada porción horizontal del hueso frontal, forma parte del techo de la órbita. En esta zona se observa el arco superciliar, reborde óseo que se corresponde en profundidad con el seno frontal y que es más pronunciado en los hombres que en las mujeres (Velayos, 2001). En la línea media, se encuentra la escotadura etmoidal, la cual está circunscrita por una superficie en forma de herradura denominada superficie etmoidal. Esta escotadura está bordeada lateralmente por dos superficies anfractuosas y excavadas por cavidades separadas entre sí por delgadas laminillas óseas, las que corresponden a los senos frontales (Rouviere, 2005).

2.1.2. El Hueso Temporal

Todas las estructuras que conforman el oído se sitúan en el hueso temporal. Este es un hueso par, que tiene forma irregular y se ubica en la parte lateral del cráneo (Latarjet & Ruiz, 2004). Se caracteriza por ser uno de los huesos neumáticos de la cabeza y está compuesto por la escama, la porción timpánica, la mastoides y el peñasco.

La porción escamosa se articula hacia arriba con el hueso parietal. Compone el techo y la parte adyacente de la pared posterior de la porción ósea del conducto auditivo externo. En este lugar existe una pequeña depresión denominada triángulo suprameatal, la cual se encuentra inmediatamente por arriba y atrás del conducto auditivo externo; y aproximadamente a un centímetro por dentro del mismo, se encuentra el antro mastoideo. El triángulo corresponde a la parte más superior de la concha del pabellón auricular (O'Rahilly, 2001).

El hueso timpánico es la porción más pequeña del hueso temporal. Se caracteriza por ser una superficie regular, la cual constituye la pared inferior del conducto auditivo externo (Latarjet & Ruiz, 2004). Se articula a la parte inferior de la porción escamosa por sus dos extremos y está unido lateralmente a la cara anterior de la apófisis mastoidea (Rouviere, 2005).

La porción mastoidea del temporal se sitúa en la parte posteroinferior del hueso, por detrás del conducto auditivo externo. Los dos tercios posteriores de esta región están constituidos por la base de la porción petrosa; y su tercio anterior, por la escama (Rouviere, 2005). En el adulto, por lo general, esta porción contiene cierto número de espacios aéreos, denominados celdillas mastoideas. Estas se encuentran en el tejido

óseo esponjoso de la mastoides y se comunican con el oído medio a través del antro mastoideo (O'Rahilly, 2001).

La porción petrosa, o también denominada peñasco, tiene forma de pirámide triangular. Su base, dirigida hacia afuera, se articula con las demás porciones del hueso temporal (O'Rahilly, 2001). En la cara anterior, se encuentra el techo del tímpano y una saliente redondeada formada por el canal semicircular anterior. En su cara posterior, se observa el orificio auditivo interno por donde se proyecta el nervio vestibulococlear (Latarjet & Ruiz, 2004).

En general, el hueso temporal está constituido por un tejido óseo resistente y compacto. La porción escamosa y la porción timpánica son delgadas; en cambio, la porción petrosa y la porción mastoidea contienen importantes conjuntos de tejido óseo esponjoso. Esta densidad ósea se observa, principalmente, alrededor de las cavidades del órgano vestibulococlear, así como en la proximidad del vértice de la porción petrosa (Latarjet & Ruiz, 2004).

2.2. El Oído Humano

Los sistemas de la audición y del equilibrio están formados por el oído, así como por las vías nerviosas y los centros que forman parte del sistema nervioso central. De acuerdo con este planteamiento, se pueden identificar dos partes fundamentales: una periférica y una central (Becker, Heinz Naumann, & Pfaltz, 1986). En la parte periférica, junto con el nervio vestibulococlear, se encuentra el oído, que es el órgano que garantiza la comunicación con el medioambiente mediante sus funciones de la audición y del equilibrio. A su vez, el oído se encuentra dividido en: oído externo, medio e interno; cada una de ellas desempeña un importante papel en las funciones antes citadas.

3.2.1. Anatomía

Entre las estructuras implicadas en la audición, algunas resultan más significativas para efectos del presente estudio que otras. Específicamente, las que participan en la conducción ósea son más relevantes que aquellas que sólo están involucradas en la conducción aérea. Por lo tanto, nos enfocaremos en describir las tres partes del oído, dando mayor énfasis a algunas estructuras.

El oído externo está formado por dos partes; el pabellón auricular y el conducto auditivo externo (CAE). El pabellón alcanza una resonancia cercana a los 5000 Hz, mientras que el CAE logra una resonancia cercana a los 3000 Hz (Keefe & Feeney, 2002). El oído externo produce, en total, una ganancia de 20 dB en las frecuencias cercanas a 4000 Hz como promedio, disminuyendo hacia las frecuencias más graves y más agudas (Rosowski & Merchant, 2006). Cabe destacar que la pared del CAE es fibrocartilaginosa en su tercio externo y ósea, en sus dos tercios internos (Rouviere, 2005). Esta característica del oído externo constituye la base de una de las teorías de conducción ósea, que se explicará en los apartados siguientes.

Separando el oído externo del oído medio, se encuentra una membrana semitransparente, delgada y ovalada, situada en el extremo medial del conducto auditivo externo, denominada membrana timpánica (Moore & Dalley, 2002). Esta estructura es atravesada de lateral a medial por una cadena de huesecillos articulados entre sí y que pueden ponerse en movimiento mediante un aparato muscular especial (Rouviere, 2005). En promedio, la frecuencia de resonancia de la cadena de huesecillos es de 2000 Hz (Karimi, Arvin, Motiee, & Khorsandi, 2009).

Existen otras dos cavidades que también forman parte del oído medio y que están relacionadas entre sí: el antro mastoideo y el sistema neumático del temporal. El antro está situado detrás de la caja del tímpano y a su alrededor se encuentran las celdillas mastoideas (sistema neumático). El grado de neumatización varía de individuo a individuo y generalmente abarca toda la mastoides (Rouviere, 2005).

El oído interno está ubicado en la región petrosa del hueso temporal (Rappaport & Provençal, 2002). Está constituido por un laberinto óseo que aloja al laberinto membranoso y comprende dos aparatos distintos desde el punto de vista anatómico y funcional: el coclear y el vestibular. El primero es el órgano de la función auditiva, y el segundo es el órgano del equilibrio.

3.2.2. Fisiología

Hasta que el sonido se convierte en una sensación consciente, ocurren una serie de fenómenos estudiados a cabalidad, pero no comprendidos del todo. Es necesario conocer cómo se lleva a cabo la captación, transmisión y transducción de las ondas sonoras para comprender la variedad de problemas que se pueden presentar en la audición. Estas dificultades pueden manifestarse también en los métodos más tradicionales de evaluación, como lo es la búsqueda de los umbrales de conducción ósea.

El oído externo, al igual que la cabeza y el resto del cuerpo, influye significativamente en la percepción del sonido. La onda sonora es captada e incrementada por el pabellón auricular, dirigiéndola al interior del conducto auditivo externo. En el CAE, las ondas son transmitidas hacia la membrana timpánica.

El tímpano vibra como consecuencia de la transmisión del sonido desde el oído externo, lo cual desencadena el movimiento de los huesecillos del oído medio. La cadena osicular recoge los sonidos proyectados en el tímpano y los conduce a la ventana oval. Aunque los tres huesecillos están suspendidos por ligamentos, se pueden mover en todos los planos, predominando el movimiento de adentro hacia afuera y siguiendo el eje del mango del martillo y la apófisis larga del yunque (Sebastián, 1987).

La superficie funcional del tímpano es aproximadamente 20 veces mayor que el área de la platina del estribo, sin embargo, la superficie vibrátil real solo abarcaría un 60-70% de la membrana timpánica, lo que transforma ese coeficiente/membrana en 14:1. El poder amplificador del brazo de palanca de la cadena es de 1,3; por tanto, si se multiplica la superficie vibrátil por el poder amplificador de la cadena ($14 \times 1,3 = 18,2$), se obtiene la resultante que la presión sonora ha de ejercer sobre cada milímetro cuadrado de la ventana oval, es decir, casi 20 veces mayor que la que ejerce sobre el tímpano (Diamante, 2004). Esta amplificación de la presión sonora compensa la pérdida que sufre el sonido al propagarse de un medio gaseoso (aire) a uno líquido (perilinfá del oído interno), de manera de que no existe pérdida alguna de la energía que incide en la membrana timpánica.

La acción de la cadena osicular sobre la ventana oval resulta en movimientos de compresión y descompresión sobre los líquidos perilinfático y endolinfático. No obstante, como los líquidos son incompresibles, para que el sonido pueda transmitirse a lo largo de la cóclea, es necesario que en algún punto de su estructura se encuentre una zona de menor resistencia que se desplace junto con la masa del líquido perilinfático en movimiento (Diamante, 2004). Este punto de menor resistencia se encuentra en la ventana redonda.

Wever y Lawrence (1952) se plantearon, en un modelo animal, la importancia del lugar que ocupa la base del estribo en la cóclea (Vento & Durrant, 2009). Esta interrogante los motivó para crear una ventana artificial en la pared ósea de la escala vestibular hacia el ápice, encontrando la misma microfonía coclear al vibrar el estribo naturalmente en la base; o artificialmente, en la región más apical. Los resultados confirmaron que la energía vibratoria viaja sólo desde la base hasta el ápice a lo largo de la membrana basilar.

La investigación antes mencionada de Wever y Lawrence (1952) demuestra que encontrar una vía particular en la cóclea para una estimulación acústica eficiente, no parece ser particularmente crítico. Lo esencial es la presión diferencial a través de la partición coclear para el inicio de las ondas viajeras, causando finalmente la vibración de las células ciliadas. Por lo tanto, es importante tener en cuenta los distintos mecanismos de conducción ósea para determinar el recorrido de la onda viajera.

El desplazamiento de líquidos, desde la base hasta el ápice de la cóclea, recibe el nombre de onda viajera, debido a su carácter migratorio. Esta onda es el equivalente hidráulico de la onda sonora en el aire (Diamante, 2004). En el oído interno, el órgano de Corti se encarga de transformar la energía hidráulica de la onda viajera en energía bioeléctrica que se propaga por el nervio auditivo. Es a través de este nervio que los códigos eléctricos llegan a la corteza cerebral para ser interpretados con los matices de frecuencia, amplitud y espectro, propios de cada sonido.

2.3. El Sonido

El sonido es una onda mecánica longitudinal que se propaga a través del aire, del agua y de otros medios materiales (Cromer, 1994). Las ondas sonoras más sencillas son las senoidales, con frecuencia, amplitud y longitud de ondas definidas. El oído humano es sensible a ondas en el intervalo de frecuencias de 20 a 20.000 Hz (Zemansky & Freedman, 1999). La forma en que se percibe una onda sonora depende de su frecuencia, amplitud y espectro. Según Martin (1986), estos conceptos se pueden entender como:

- **Frecuencia:** es el número completo de oscilaciones de un cuerpo vibrante por unidad de tiempo. En acústica, las unidades de medición son los ciclos por segundo o Hz.
- **Espectro:** corresponde a la suma de los componentes de una onda compleja.
- **Amplitud:** es la extensión del movimiento vibratorio de una masa desde la posición de reposo hasta el punto más alejado de este.

Las ondas sonoras suelen dispersarse en todas las direcciones a partir de la fuente de sonido, con una amplitud que depende de la dirección y distancia desde la fuente (Zemansky & Freedman, 1999). Según Cromer (1994), cuando una onda longitudinal se propaga a través del aire, los componentes de este se desplazan hacia adelante y hacia atrás alrededor de su posición de equilibrio. En los sólidos, como en el caso de los huesos, la onda sonora se propaga suponiendo una fuerza elástica de tracción, la cual se comporta siguiendo la dirección de un eje con sentido hacia afuera del elemento estimulado (López, 2010).

2.3.1. Psicoacústica

Cabe destacar que los conceptos anteriores están enfocados a la física acústica; estas características son independientes de la percepción humana. Es importante para este estudio, entonces, establecer la relación entre el estímulo físico y la respuesta psicológica de cada individuo; de su estudio se ocupa la psicoacústica. Según este punto de vista, se podrá entender por:

- ***Pitch***: sensación subjetiva de la altura tonal de un sonido. Está ligada a la frecuencia.
- ***Quality (Timbre)***: características propias de un sonido en particular. Es la contraparte subjetiva del espectro.
- ***Loudness (Sonoridad)***: impresión subjetiva de la amplitud de la onda sonora.

2.3.2. Unidades de Medición

Tanto la amplitud como la sonoridad están relacionadas con la intensidad, que es la cantidad de energía sonora por unidad de área o nivel de presión sonora. La unidad de medición de la fuerza y de la presión sonora son los Watts y las Din, que son inmanejables en la práctica clínica. A causa de esto, se ha creado una escala logarítmica, en base a la unidad de medida, creada por Alexander Graham Bell, denominada escala decibélica, cuya unidad de medición son los decibeles *Sound Pressure Level* (SPL).

Debido a que los dB SPL son distintos en cada frecuencia, se realizó una conversión matemática a decibeles *Hearing Level* (HL). Esta última unidad de medida normaliza los umbrales para cada frecuencia, llevándolos a 0 dB HL, que no significa ausencia de

sonido, sino más bien insuficiente cantidad de presión sonora para ser percibida por el oído humano. De lo anterior se desprende que resulta más útil en la clínica la utilización de estos dB para la evaluación de la audición.

2.4. Evaluación Auditiva

A continuación, y para efectos del presente estudio, se describirán los exámenes que se aplican para la evaluación auditiva. Estos exámenes serán de utilidad para seleccionar los sujetos de la muestra y realizar la investigación en sí. Estos corresponden a la otoscopia, impedanciometría y la audiometría.

2.4.1. Otoscopia

La otoscopia es una maniobra instrumental que permite visualizar el conducto auditivo externo, la pared externa del ático, la membrana del tímpano con el relieve del mango del martillo y, en algunos casos, por transparencia de la membrana, los elementos de la caja timpánica. Para realizar este procedimiento se utiliza un otoscopio, el cual consta de un mango porta pilas, un cabezal con luz, lupa y espéculos cambiables. Este examen debe aplicarse siempre en ambos oídos, aunque la patología del paciente sea unilateral (Diamante, 2004).

Al observar el conducto auditivo externo, es común encontrar bajas cantidades de cerumen, debido a su función protectora. Una vez que se identifica el tímpano, se debe distinguir su forma elíptica, su coloración perlada, grisácea o amarillenta y una superficie lisa sin granulación, que solo es modificada por los relieves que forma el

mango del martillo (Morales & Ventura, 1999). Por todo lo mencionado anteriormente, la otoscopía permitirá decidir si es necesario realizar otros exámenes auditivos.

2.4.2. Audiometría

La audiometría tonal es una técnica de medición estándar que evalúa el nivel auditivo del paciente. Es una prueba subjetiva, ya que se necesita de la colaboración del paciente para obtener los resultados, lo que limita su uso en niños pequeños, simuladores y pacientes con déficit intelectual (Correa, 1999). Consiste en buscar el umbral auditivo para cada frecuencia con el fin de determinar el grado y tipo de hipoacusia. Los resultados se expresan en dB HL y se utilizan dos tipos de estimulación: conducción aérea (a través de auriculares) y conducción ósea (a través del vibrador óseo).

La conducción aérea es la vía natural por la cual el ser humano percibe los sonidos. Por medio de esta vía, se estimula el oído interno a través del oído externo y medio, a diferencia de la conducción ósea, que lo hace solamente a través del cráneo. Como el sonido que penetra por conducción ósea estimula directamente el órgano de Corti, prescinde del estado del oído externo y medio. Por lo tanto, el umbral de conducción ósea informa sobre el estado de las estructuras nerviosas periféricas y centrales (estructuras de percepción del sonido), mientras que el umbral de conducción aérea lo hace sobre el estado funcional del oído externo y del oído medio (estructuras de transmisión del sonido) (Diamante, 2004; Martin, 1986; Wilber, 2002).

La audición puede ser clasificada según el grado de pérdida auditiva, desde la normalidad que es descrita para la mayoría de los sujetos, hasta la patología, según el tipo de pérdida que tenga. Se han establecido distintos valores que cuantifican las

pérdidas auditivas; de todos ellos, solo se considerarán los aportes de Goodman y Clark (Harrel 2002). A continuación, en la siguiente tabla, se presentan los grados de pérdidas auditivas según Goodman y Clark (Harrel, 2002).

Nivel de audición (dB)	Clasificación
-10 a 15	Audición normal
16 a 25	Pérdida muy leve de audición
26 a 40	Pérdida leve de audición
41 a 55	Pérdida moderada de audición
56 a 70	Pérdida moderadamente severa de audición
71 a 90	Pérdida severa de audición
> 90	Pérdida profunda de audición

Cuadro 1. Escala de Goodman de 1965, modificada por Clark en 1981 (Harrel, 2002).

2.4.3. Impedanciometría

La impedanciometría es un examen objetivo que estudia la resistencia del oído medio al paso del sonido. La finalidad de este estudio es evaluar la movilidad de la membrana timpánica, la función de la Trompa de Eustaquio, la funcionalidad de la cadena osicular, estudiar los reflejos acústicos, ayuda a realizar topodiagnóstico, entre otros. Este examen consta de cuatro subpruebas, las cuales corresponden a: timpanometría, compliance estática, reflejo acústico y estudio de la función tubárica.

Para efecto de este estudio, solo se describirá la timpanometría, la cual es una prueba objetiva que mide la movilidad de la membrana timpánica y del sistema del oído medio a través de un flujo energía (Abbott & Uhler, 2005). Se basa en el

entendimiento de que, con función tubárica normal, la presión en el oído medio se corresponde con la atmosférica y por ende, con la del conducto auditivo externo. De acuerdo a esto, la diferencia de presiones de la membrana timpánica es normalmente igual a cero (Lehnhardt, 1992). El resultado, se consigna en un gráfico llamado timpanograma, en el cual se pueden apreciar distintas curvas timpanométricas, las cuales se describen en la siguiente tabla:

Curva Tipo	Compliance Dinámica	Presión	Sugiere
A	>0.25 y <1.2 cc.	Entre + 50 y -100 daPa	Normalidad
As	<0.25 cc.	Entre + 50 y -100 daPa	Fijación Osicular
Ad	>1.2 o son ápice	Entre + 50 y -100 daPa	Interrupción Osicular
B	No existe máxima	Entre + 300 a -300 daPa	Líquido en OM
C	>0.25 y <1.2 cc.	Entre -100 y -400 daPa	Disfunción Tubaria
W	Doble ápice	Entre -100 y +100 daPa	Tímpano Cicatrizal

Cuadro 2. Tipos de curvas timpanométricas (AEDA, 2004; Fowler y Shanks, 2002).

2.5. La Conducción Ósea

Como se ha señalado anteriormente, la medición de los umbrales de conducción ósea es una parte bien establecida en la batería tradicional básica usada en audiología. Dada la cantidad necesaria de energía, cualquier masa puede ser puesta en vibración (Martin, 1986) y las vibraciones de un diapasón o de un vibrador óseo, cuando se presionan contra el cráneo, resultan en una percepción de sonido. Sin embargo, aunque la evaluación de la vía ósea pueda parecer algo sencilla, existen complejos mecanismos subyacentes y dificultades técnicas que influyen en la evaluación clínica de los umbrales de conducción ósea.

2.5.1. Mastoides VS Frente

A diferencia de los auriculares, la construcción del vibrador óseo permite ubicarlo prácticamente en cualquier parte del cráneo. Actualmente, en la práctica clínica se recomiendan dos sitios primarios para la colocación del vibrador óseo: la mastoides y la frente (Vento & Durrant, 2009). Las mediciones de los umbrales de conducción ósea son muy variables; esta variabilidad puede deberse al diseño del vibrador, a su colocación, a métodos de prueba y a los distintos factores anatomofisiológicos de la audición.

La ubicación en la mastoides es la más utilizada actualmente siendo preferida por el 90% de los audiólogos (Roeser & Clark, 2007). Esto puede ser explicado por distintos factores, entre ellos, que es el lugar más cercano a la cóclea y las actuales normativas de la ANSI, tanto para el transductor como para el audiómetro, están calibrados para esta ubicación, con lo que resulta más fácil el procedimiento clínico. Además, otra ventaja la constituye el mayor rango dinámico del vibrador, ya que se necesitan 10 dB menos de intensidad para obtener los mismos umbrales que en la frente (Harrel, 2002).

Cuando la fuerza es aplicada en la mastoides, los movimientos cíclicos que se producen en el cráneo están a lo largo del eje de la cadena osicular. Esto permite a los huesecillos moverse más fácilmente que si la fuerza es aplicada de forma perpendicular (Harrel, 2002). Este movimiento representa el componente de inercia osicular de la audición por conducción ósea, revisado en el apartado siguiente.

Por el contrario, la ubicación en la frente es utilizada por alrededor del 10% de los audiólogos. Sin embargo, se ha continuado con los estudios para recomendar esta

medición, principalmente, por la homogeneidad del hueso de la frente en comparación con la mastoides (Goetzinger & Weatherton, 1971). En el 1962, Studebaker se refirió a otras razones para apoyar la colocación en frente, las cuales corresponden a menor variabilidad en los umbrales (por lo menos en algunas frecuencias) y menos contribución del mecanismo del oído medio para la conducción ósea (Vento & Durrant, 2009; Gelfand, 2009). Además, se evidencia menor influencia de las variables individuales, como el grosor subcutáneo y vello, que pueden confundir los resultados al utilizar el posicionamiento en la mastoides (Vento & Durrant, 2009).

La mayor ventaja de la ubicación del vibrador óseo en la frente, la constituye la perpendicularidad del movimiento del cráneo al eje de movimiento de la cadena osicular; el componente de inercia osicular no cumple ningún rol. Esto anula el componente sensorio-neural "artificial" de la pérdida auditiva que acompaña una condición patológica que afecta la cadena osicular, como la otosclerosis (Harrel, 2002). Tanto este como los factores mencionados en el párrafo anterior disminuyen la variabilidad test-retest en comparación con la búsqueda de umbrales a través de la mastoides.

2.5.2. Diferencias por Género

Se han descrito, en diferentes investigaciones, variaciones de los umbrales auditivos óseos, según el género de los individuos. Según Hodges y McBride (2007), las mujeres presentan mejores umbrales auditivos óseos para las frecuencias 4000, 6000 y 8000 Hz obtenidos a través de la mastoides, mientras que los hombres presentan mejores umbrales en las frecuencias 4000 y 8000 Hz obtenidos a través de la frente. Para el resto de las frecuencias, los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos.

Las diferencias de género en la obtención de umbrales auditivos han sido atribuidas principalmente a factores anatómicos (Dreisbach, Kramer, Cobos & Cowart, 2007). En el año 2011, Hodges y McBride realizaron una comparación entre los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides y las medidas craneanas en un grupo de sujetos de ambos sexos, de entre 18 y 25 años de edad. En general, las mujeres obtuvieron mejores umbrales tanto en frente como en mastoides. Los autores concluyeron que estos resultados se relacionaron directamente con el menor perímetro craneano encontrado en las mujeres (Hodges & McBride, 2011).

2.5.3. El Vibrador Óseo

El vibrador óseo es fundamentalmente el mismo transductor que los auriculares convencionales supra aurales estandarizados para pruebas audiométricas. Sin embargo, en lugar de un diafragma que desplace las moléculas de aire, el transductor óseo se encuentra encerrado en una pequeña caja de plástico anclado a un cintillo a fin de proporcionar una superficie vibrátil contra el cráneo (Vento & Durrant, 2009). Estos se han utilizado durante varias décadas, pero sus características básicas se han modificado a través del tiempo. El transductor comercialmente disponible con la mayoría de los audiómetros, y el usado para las pruebas de vía ósea, es el *Radioear B-71* (Harrel, 2002).

En general, a mayor fuerza de aplicación del vibrador óseo sobre el cráneo, menor son los umbrales de conducción ósea. Los mejores umbrales han sido reportados con fuerzas entre 750 y 1000 g. Mientras la fuerza disminuye, no solo se reduce el rango dinámico del vibrador de conducción ósea, sino también la confiabilidad en la variabilidad test-retest es incrementada (Harrel, 2002). Sin embargo, esta cantidad de fuerza no es práctica y es difícil de mantener en la clínica, así como incómoda para el

paciente. Por lo tanto, la fuerza recomendada para la práctica clínica corresponde a un mínimo de 5.4 ± 0.5 N (Vento & Durrant, 2009).

En la actualidad, la norma ANSI S3-1996 establece que los vibradores óseos utilizados con audiómetros deben tener una punta de superficie plano circular con un área nominal de 175 ± 25 mm². Como se sugirió anteriormente, la superficie del vibrador óseo tiene un impacto significativo en la sensibilidad de los umbrales de conducción ósea. En los experimentos conducidos por Queller y Khanna en 1982, el área de contacto del vibrador óseo varió sistemáticamente (Vento & Durrant, 2009). Los resultados mostraron una mejora en la sensibilidad de los umbrales en el rango de las frecuencias medias de hasta 35 dB, incrementando el área de contacto. El uso de un área de contacto estándar y relativamente amplia, como se esperaba, redujo la variabilidad encontrada en las evaluaciones clínicas de conducción ósea.

2.5.4. Mecanismos de Conducción Ósea

En la audición por conducción aérea, la estimulación del órgano de Corti sucede cuando el desplazamiento de la platina del estribo produce un movimiento del volumen de la perilinfa. Esto es equilibrado por el abultamiento de la membrana flexible de la ventana redonda, sin embargo, no siempre una vibración simple del hueso temporal conduce a la estimulación efectiva del órgano de la audición (Vento & Durrant, 2009). Para dar explicación a este fenómeno, se han planteado diversos mecanismos, entre los cuales destacan cuatro.

2.5.4.1. Mecanismo de Distorsión

El mecanismo de distorsión fue descrito primero por Herzog y Krainz en 1926 (Vento & Durrant, 2009). Específicamente, ellos propusieron que las vibraciones de los huesos del cráneo resultan en la estimulación de la membrana basilar debido a la compresión de la cóclea. Esta teoría dependía de una ventana redonda flexible, porque los fluidos de la cóclea no pueden ser comprimidos. La ventana redonda es más elástica que la ventana oval, proporcionando al menos, un camino para desarrollar una diferencia de presión entre las escalas perilinfáticas.

En 1962, el mecanismo de distorsión fue modificado por Tonndorf y Tabor, basado en experimentos en animales y modelos de cóclea. Estos autores llevaron a cabo un experimento en gatos, en los cuales ocluyeron, tanto la ventana oval como la ventana redonda. Los resultados mostraron que, cuando estas ventanas estuvieron ocluidas, la conducción ósea fue levemente afectada. Esto apoya tempranamente la noción de "tercera ventana coclear", que podría permitir el desplazamiento de la membrana basilar. Una mayor presión diferencial y, por ende, una mayor deflexión en la partición coclear, son producidas por la participación adicional del volumen de fluidos de los canales semicirculares (Vento & Durrant, 2009).

En 1968 Tonndorf, concluyó que una compresión simple y simétrica de la cóclea es una descripción menos precisa de este mecanismo que alguna forma de distorsión de la cóclea, que no necesariamente implica compresión simétrica. De hecho, una distorsión no uniforme permitiría la formación de una presión diferencial a través de la partición coclear, causando excitación, incluso con las dos ventanas cocleares ocluidas. Cualquiera que sea la mezcla de los mecanismos de compresión, el aporte del modo de vibración por compresión a la audición por conducción ósea es clara y parece proporcionar un mecanismo

robusto por el cual se estimula el órgano de Corti, directamente vía vibración craneal (Harrel, 2002).

2.5.4.2. Mecanismo de Inercia Osicular

Este segundo mecanismo fue descrito inicialmente por Baranyen en 1938, el cual se basa en que el mecanismo de inercia osicular se encuentra en los huesecillos del oído medio, que están débilmente acoplados al cráneo. Debido a que la cadena osicular está suspendida en el aire, si el cráneo se pone en movimiento, esta se mueve fuera de fase debido a la elasticidad de los ligamentos. Aunque el movimiento osicular ocurre fuera de fase en relación al cráneo, ellos siguen el mismo ciclo de movimiento. Por lo tanto, el estribo se mueve en y fuera de la ventana oval del mismo modo como cuando la energía golpea la membrana timpánica (Vento & Durrant, 2009).

En general, la cadena osicular está hecha para vibrar independientemente del cráneo. La conducción inercial es más eficiente en las frecuencias bajas donde el cráneo vibra de lado a lado en su conjunto, estableciendo así un movimiento relativo entre la cadena osicular y el cráneo (Harrel, 2002). Esto resulta en la vibración de la platina del estribo sobre la ventana oval, que es el curso normal de los eventos en la estimulación de la cóclea por conducción aérea; como consecuencia, el modo de inercia conduce a la excitación de las ondas viajeras de una manera convencional.

Dado que la cadena osicular no constituye simplemente una masa colgante (como un péndulo simple), se deduce que la contribución exacta de conducción ósea inercial al total de la respuesta por conducción ósea está determinada,

además, por las características de impedancia del sistema tímpano osicular. Esto incluye los efectos del resto del oído medio y del conducto auditivo externo al cual está conectado a través de la membrana timpánica. En consecuencia, estos últimos factores son exactamente los mismos que influyen la eficiencia de la conducción aérea, por lo que la audiometría de la conducción ósea no es exclusiva para evaluar el oído interno (Harrel, 2002).

2.5.4.3. Mecanismo Osteotimpánico

Este mecanismo fue propuesto por Tonndorf en 1964, basado en observaciones en humanos y resultados de experimentos en animales sobre el efecto oclusión (Vento & Durrant, 2009). El efecto oclusión es una mejora en la sensibilidad auditiva o un incremento de la sonoridad lateralizada hacia donde se encuentra bloqueado el conducto auditivo, previa aplicación del vibrador óseo sobre el cráneo. El efecto de lateralización es independiente del sitio de aplicación del vibrador óseo (Vento & Durrant, 2009).

Cuando un vibrador óseo es colocado en un lugar del cráneo, la energía es transmitida hacia el hueso y el cartílago del conducto auditivo externo, aumentando la intensidad del sonido. Cuando el oído externo está ocluido, la energía derivada de este modo de estimulación de la conducción ósea es efectivamente filtrada en sus frecuencias agudas, mientras que las graves escapan del conducto auditivo externo. No obstante, algunos restos de energía de estas frecuencias bajas golpean la membrana timpánica a la cual se suma la energía de inercia osicular para estimular el oído interno (Harrel, 2002).

Hallazgos en experimentos más recientes por Stenfelt et al. (2003) sugieren que únicamente las vibraciones de la porción cartilaginosa del conducto auditivo externo son una fuente de energía significativa para este mecanismo. Una vez

que vibra la porción cartilaginosa, las ondas sonoras creadas en el canal excitan la audición a través de la ruta de conducción aérea. Clínicamente, se toma ventaja de este efecto en la adaptación de audífonos cuando se usan moldes auditivos con ventilación (Vento & Durrant, 2009).

2.5.4.4. Mecanismo No Óseo de Conducción Ósea - Efecto del Contenido Líquido Vibrante del Cráneo

En el año 2000, Freeman y sus colaboradores reportaron hallazgos sobre un experimento en animales y registraron respuestas auditivas de tronco cerebral (PEATC), en respuesta a un vibrador óseo ubicado en la superficie del cerebro, previa craneotomía. De hecho, los umbrales obtenidos para la detección de los PEATC, con el vibrador óseo directamente en el cerebro, fueron muy similares en apariencia, latencia y sensibilidad a las respuestas obtenidas con el vibrador óseo, ubicado en el cráneo (Vento & Durrant, 2009).

Sohmer y sus colaboradores, en el año 2000, completaron un experimento similar en humanos, comparando PEATC por conducción ósea en neonatos con otros infantes mayores sometidos a neurocirugía. En los infantes, el vibrador se posicionó en la fontanela; y en los pacientes pediátricos neuroquirúrgicos se ubicó en la superficie del cerebro. Se concluyó que la ubicación del vibrador óseo en el cráneo no solo resulta en la activación de las vías clásicas de conducción ósea descritas anteriormente, sino que también se estimula una vía de fluidos. Específicamente, el vibrador óseo inicia ondas de presión de audio-frecuencia en el líquido cefalorraquídeo (LCR), lo que estimula los fluidos cocleares resultando en una activación de la membrana basilar (Vento & Durrant, 2009). Por lo tanto, el cráneo y todo su contenido deben vibrar lo suficiente para estimular efectivamente el órgano de la audición.

La respuesta osteotimpánica es dominante en las frecuencias más bajas, la respuesta inercial es dominante desde las frecuencias bajas hasta las frecuencias medias, y el modo de compresión es evidentemente dominante en las frecuencias altas. Una visión simplificada de la conducción ósea arriesga errores que pueden confundir las interpretaciones de los audiólogos, por ejemplo, aquellas veces en que pareciera encontrarse diferencias entre los umbrales aéreos y óseos (gaps osteo-aéreos) anómalos en las pruebas diagnósticas.

2.5.5. Manifestaciones Clínicas de la Conducción Ósea

Según Harrel (2002), la condición del oído externo y medio, frecuentemente afectan la obtención de los umbrales de conducción ósea. Desde este punto de vista, la conducción ósea no constituiría una medición efectiva de la sensibilidad del oído interno. Dado que el componente osteotimpánico y de inercia osicular son necesarios para la obtención del umbral auditivo, una condición patológica de los mecanismos conductivos también afectaría la conducción ósea, como en los casos que se presentan a continuación.

2.5.5.1. Otosclerosis

Un ejemplo clásico del grado de participación del componente de inercia osicular, es la otosclerosis. La otosclerosis es una patología de la cápsula ótica, en particular, de la platina del estribo, que en etapas avanzadas se fija a la ventana oval; esta fijación produce una rigidez de la cadena osicular. Cuando se evalúa la conducción ósea en este caso, se encuentra una muesca (un umbral descendido) en los umbrales obtenidos, conocida como la muesca de Carhart

(Harrel, 2002). Esto sucede principalmente, en la frecuencia 2000 Hz, que como ya se señaló, es la frecuencia de resonancia de la cadena osicular. Después de una intervención quirúrgica, esta muesca muestra mejoras, dependiendo de qué técnicas se ocupen (Karimi, Arvin, Motiee, & Khorsandi, 2009).

2.5.5.2. Discontinuidad Osicular

Otro ejemplo de los cambios que ocurren en la conducción ósea en la clínica, es la discontinuidad osicular. Una discontinuidad en la cadena de huesecillos puede ocasionar algún grado de pérdida en el componente osteotimpánico y de inercia osicular (Harrel, 2002). Como en el caso de la otosclerosis, los mayores efectos se ven en 2000 Hz. Sin embargo, después de una cirugía de reconexión osicular, los umbrales de conducción ósea generalmente vuelven a su estado pre mórbido.

2.5.5.3. Síndrome del Acueducto Vestibular Dilatado

El Síndrome del Acueducto Vestibular Dilatado (LVAS) es un desorden congénito en donde el acueducto vestibular es más grande de lo normal. Aunque las pérdidas auditivas comúnmente asociadas a ese desorden son fundamentalmente sensorineurales (por el sitio de la lesión), existen reportes consistentes de casos que presentaban pérdidas auditivas mixtas, sugiriendo un componente conductivo en hasta el 38% de los casos (Vento & Durrant, 2009). Una de las explicaciones que se han planteado es que existe una presión endolinfática anormal, que afecta adversamente a la mecánica coclear (Saamil et al, 2007).

Lo anterior es avalado por una investigación en donde se evaluaron pacientes con hipoacusias conductivas y resultados timpanométricos normales (Al Muhaimed, El Sayed, Rabah, & Al-Essa, 2002). En estos casos, descubrieron movimientos no restringidos de la cadena osicular y ausencia del efecto de la ventana redonda. Se concluyó que la pérdida conductiva en los pacientes con LVAS es debida, mayormente, a problemas endococleares mecánicos relacionados al desequilibrio de presiones en el oído interno, afectando posiblemente el mecanismo de compresión-distorsión.

2.5.5.4. Dehiscencia del Canal Semicircular Superior

Los gaps osteo-aéreos en bajas frecuencias con estructuras del oído medio normales han sido hallados en casos de síndrome de dehiscencia del canal semicircular superior (SSDC). La SSDC crea un efecto de "tercera ventana móvil" dentro del oído interno, lo que interferiría con el normal funcionamiento del laberinto y sus dos ventanas: oval y redonda (Esquivel & Zúñiga, 2005). En un oído normal, los movimientos del estribo producen un cambio de presión sobre el vestíbulo. Debido a que la presión es similar en ambos extremos del canal semicircular, no se produce flujo de endolinfa dentro de éste. Cuando hay una SSDC, los cambios de presión en el vestíbulo generan un flujo de fluido desde el vestíbulo hacia la dehiscencia, por lo que el movimiento de la endolinfa ocurre como resultado de esta tercera ventana móvil.

Para la conducción aérea, el adelgazamiento del canal semicircular superior le permite a la energía ser desviada de la cóclea. Clínicamente, esto se presenta como una pérdida en las frecuencias bajas por conducción aérea. Los umbrales de conducción ósea no son afectados por la SSCD debido a la exageración del mecanismo de distorsión-compresión. Este punto es destacado por la

observación de umbrales de conducción ósea negativos en las frecuencias bajas. Esta teoría fue planteada como una posible explicación para los gaps osteo-aéreos encontrados en los casos de LVAS (Merchant & Rosowski, 2008).

2.5.5.5. Efecto Oclusión

El efecto oclusión es aparentemente, la manifestación clínica más evidente del mecanismo osteotimpánico de conducción ósea. Cuando el conducto auditivo externo está ocluido y el cráneo está en vibración, la vía habitual para la liberación de energía de las frecuencias bajas mediante la vibración del canal auditivo cartilaginoso, es eliminada. Clínicamente, esto se traduce en mejores umbrales de conducción ósea de lo esperado, en particular, en frecuencias bajas hasta los 1.000 Hz (Roeser & Clark, 2007).

En la evaluación clínica, cuando se enmascara para conducción ósea, se crea el efecto oclusión, especialmente, cuando un auricular es colocado sobre el oído no evaluado. El efecto oclusión varía con el tipo de auricular y puede ser levemente reducido con auriculares de inserción profunda; es decir, la cantidad en que disminuye el efecto oclusión está relacionada con la profundidad de la inserción del auricular (Dean & Martin, 2000). Cabe destacar que para eliminar el efecto oclusión, casi por completo, los auriculares de inserción deben estar, en lo posible, hasta donde termina la porción cartilaginosa del CAE.

Los individuos con pérdida sensorineural o audición normal experimentan con mayor frecuencia el efecto oclusión. En cambio, los individuos con pérdidas conductivas no perciben este fenómeno, debido a las condiciones que producen la mayoría de las patologías del oído medio (Roeser & Clark, 2007). Se ha

señalado que al evaluar la vía ósea en la mastoides, el efecto oclusión es menor y sufre menos variaciones que si se utiliza la frente (Edgerton & Klodd, 1977).

2.5.6. Otras Consideraciones

Las siguientes consideraciones influyen de manera indirecta en el presente estudio, por lo tanto, es necesario considerarlas. Tanto la atenuación interaural como la existencia de gaps osteo-aéreos, son resultado de procesos ampliamente estudiados, pero de difícil comprensión. Se puede asegurar que la conducción ósea es un factor que influye de forma considerable en los procesos antes mencionados.

2.5.6.1. Atenuación Interaural

Koning en 1963, consideró la atenuación interaural como la amortiguación que sufre un sonido (medida en dB) al pasar de un oído a otro a través del cráneo (Correa, 2003). Independientemente de la ubicación del vibrador óseo, tanto en la frente como en mastoides, se supone que ambos oídos son estimulados de igual manera y al mismo tiempo, por lo que la atenuación interaural por conducción ósea sería 0 dB (Goldstein & Newman, 1999). De esta forma la respuesta de la cóclea que se encuentra en mejor estado, llevará a encontrar umbrales óseos poco confiables.

Diversos autores, han señalado que al evaluar la conducción ósea por la mastoides, existiría algún grado de atenuación interaural para las frecuencias altas, mientras que en la frente resultaría 0 dB (Stach, 1998). Otros estudios más recientes indican que efectivamente existe algún grado de atenuación

interaural para la mastoides, variando entre 0 y 25 dB, siendo aún más variable en las frecuencias agudas (Paulinelli, 2007). Esto sugiere que en la mastoides, el grado de atenuación interaural variará según cada sujeto, dependiendo de sus características individuales.

2.5.6.2. Gaps Ósteo Aéreos

La timpanometría es frecuentemente realizada antes de la evaluación audiométrica, por lo tanto, antes de conocer los umbrales de conducción ósea. Es por esto que los audiólogos tienden a asumir que, si la timpanometría es normal, no se encontrarán gaps osteo-aéreos en evaluaciones audiométricas posteriores (Harrel, 2002). Esta tendencia puede ocasionar errores en el diagnóstico de patologías del oído medio, errores en el enmascaramiento y predicciones equivocadas después de cirugías.

En 1967, Studebaker precisó que solo en el 38% de los pacientes, que no presentaban pérdidas auditivas conductivas, el gap osteo-aéreo fue de 0 dB HL (Margolis, 2010). A esto se agrega el hecho de que el 48% de los pacientes con pérdida auditiva de tipo sensorio neural y con timpanometría normal presentan gaps osteo-aéreos mayores a 10 dB. La existencia de estas diferencias entre los umbrales aéreos y umbrales óseos no difieren según el lugar en donde se posicione el vibrador óseo (Creeke, Glasberg, Margolis, & Moore, 2010). Aunque los gaps osteo-aéreos son frecuentes en la práctica clínica, a menudo son ignorados por los audiólogos, debido a la subjetividad del examinador, a resultados de exámenes previos y a sus ideas preconcebidas con respecto a los pacientes (Margolis, 2010).

En síntesis, el marco referencial abordado en este capítulo constituirá la base para establecer una comparación de los umbrales auditivos óseos por la frente y la mastoides, para posteriormente intentar identificar cual es el posicionamiento del vibrador óseo más adecuado para la evaluación de los umbrales óseos según los distintos mecanismos de conducción.

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo, se abordarán los conceptos y lineamientos metodológicos en los cuales se basó esta investigación. Por lo tanto, se describirán a continuación la pregunta de

investigación, los objetivos generales y específicos, las variables, el contexto de observación, las técnicas de análisis y extracción de los datos, entre otros. Cabe destacar que el enfoque de la investigación es cuantitativo, el alcance es descriptivo y el diseño cuasi-experimental.

3.1. Pregunta de Investigación

La pregunta que orienta esta investigación es ¿qué ubicación del vibrador óseo, por frente o por mastoides, es la más adecuada para la evaluación de los umbrales óseos?

3.2 Objetivos

3.2.1. Objetivo General

El objetivo general de esta investigación es comparar los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides. En el Cuadro 1 se presenta la relación entre el objetivo general y la pregunta de la investigación.

Objetivo General	Actividad	Pregunta de Investigación
El objetivo general de esta investigación es comparar los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.	Comparar	¿Qué ubicación del vibrador óseo, por frente o por mastoides, es la más adecuada para la evaluación de los umbrales óseos?

Cuadro 1. Relación entre objetivo general y la pregunta de investigación.

3.2.2. Objetivos Específicos

Para cumplir con el objetivo general de este trabajo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las diferencias de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.
- Determinar la variabilidad test-retest de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.
- Determinar las diferencias por género de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.
- Determinar la variabilidad test-retest por género de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.

Objetivo General	Actividad	Objetivos Específicos
Comparar los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.	Determinar	Determinar las diferencias de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.
		Determinar la variabilidad test-retest de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.
		Determinar las diferencias por género de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.
		Determinar la variabilidad test-retest por género de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.

Cuadro 2. Relación entre el objetivo general y objetivos específicos.

En el Cuadro 2, se presenta el objetivo general de la investigación, el cual se relaciona con los objetivos específicos a través de la acción de determinar. Para lograr el objetivo general es necesario desarrollar cada objetivo específico, determinando y tomando en cuenta las variables.

3.3. Variables

En esta investigación se encuentran presentes las siguientes variables: umbrales auditivos de conducción ósea obtenidos a través de la frente y umbrales auditivos de conducción ósea obtenidos a través de la mastoides.

3.4. Muestra

El universo está constituido por personas normoyentes de entre 18 y 25 años de la Región de Valparaíso, en el año 2011. Teniendo en cuenta un universo de 126.565 personas, y con un margen de error del 10%, la muestra necesaria para realizar un estudio estadísticamente significativo es de 68 personas. Estos sujetos provienen de diferentes comunas de la Región de Valparaíso y se dividen, según género, en 39 mujeres y 29 hombres. Hay dos etapas fundamentales en la constitución de la muestra: Difusión y captación de voluntarios y selección de pacientes. Estas se describen a continuación.

3.4.1. Difusión y Captación de Voluntarios

En esta etapa se realizó la promoción y difusión del estudio dentro del universo anteriormente mencionado a través de las redes sociales, correos electrónicos y afiches. En dichos medios se informó, de forma general, el objetivo del estudio y los

procedimientos necesarios para llevarlo a cabo, además de los posibles beneficios que podrían obtener, como por ejemplo, una evaluación auditiva gratuita. A este llamado acudieron 90 personas.

3.4.2. Selección de Pacientes

Con el objetivo de obtener una muestra con características acorde a las necesidades del estudio, se realizaron dos etapas de selección. En la primera etapa se realizó una anamnesis (Anexo 1) y una otoscopia, pasando a la segunda etapa solo aquellos sujetos que presentaron una anamnesis sin antecedentes otológicos y psiquiátricos relevantes y una otoscopia sin alteraciones aparentes. En esta primera instancia de selección, 75 individuos cumplieron con estos requisitos. Se descartaron 6 personas por presentar tapón de cerumen completo, 4 con antecedentes de otitis media recurrente y 1 con perforación timpánica. Además, 2 personas no cumplieron con los requisitos de residencia y otros 2 no aceptaron participar en el estudio.

La segunda etapa consistió en la realización de una impedanciometría y una audiometría por conducción aérea. Solo aquellos sujetos que obtuvieron una curva timpanométrica tipo “A” y umbrales auditivos aéreos iguales o inferiores a 15 dB HL, pasaron a formar parte de la muestra de este estudio. En esta instancia, se descartaron 3 personas por presentar curvas timpanométricas con valores que no corresponden a la curva tipo “A”, y 2 por presentar umbrales auditivos aéreos sobre los 15 dB HL, en al menos una de las frecuencias evaluadas. Esta etapa, así como el resto del estudio se realizó en el Laboratorio de Fonoaudiología de la Universidad de Valparaíso.

3.5. Técnicas de Análisis y Extracción de Datos

3.5.1. Instrumentos Utilizados

Los equipos e instrumentos audiológicos empleados para realizar el presente estudio, se detallan a continuación:

- Otoscopio Riester pen-scope con iluminación directa 2,5 V vacío.
- Impedanciómetro Madsen Zodiac 901, con tono de prueba de 226 Hz, rango de compliance desde 0,1 hasta 8,0 ml y rango de presión de +400 a -600 daPa.
- Audiómetro clínico Danplex DA65 de dos canales, con auriculares TDH 39 supraurales y vibrador óseo B-71.
- Cámara silente Eckel CL14.

3.5.2. Procedimientos Audiológicos

A los sujetos que cumplieron los requisitos anteriormente mencionados, se les aplicó una audiometría de tonos puros por conducción ósea, en las frecuencias 250, 500, 1000, 2000, 3000 y 4000 Hz. Este procedimiento fue realizado en tres ocasiones, con un tiempo promedio de 40 días entre cada prueba. En cada evaluación, se obtuvieron los umbrales auditivos con el vibrador óseo ubicado en la frente y en la mastoides para ambos oídos.

Para la realización de la audiometría, tanto por conducción aérea como ósea, se tuvieron en cuenta las directrices que establece la *American Speech Language Hearing Association* (ASHA) para la obtención de umbrales en la audiometría tonal manual. Esta guía establece las normas de calibración de los equipos, los procedimientos, frecuencias a estudiar, enmascaramiento, consideraciones especiales, entre otros (ASHA, 2005). Sin embargo, en cuanto a la metodología de presentación de los estímulos, se optó por utilizar el método descendente, que es el que recomienda la Asociación Española de Audiología, ya que con este método, existe un aprendizaje

previo por parte del paciente al reconocer la señal que se presenta a intensidades por sobre su umbral de audición (AEDA, 2002). Además, tanto el método ascendente como descendente, no presentan diferencias audiológicas ni estadísticas significativas (Alegría, Navarrete, Papic, & Salazar, 2005).

Para establecer los umbrales auditivos con mayor exactitud, se realizaron disminuciones de intensidad de 10 dB e incrementos de 5 dB HL (AEDA, 2002), para fijar un umbral temporal. Luego de eso, se volvió a aplicar el método descendente a partir del umbral encontrado previamente, pero con disminuciones de 2,5 dB HL de intensidad, para encontrar el umbral definitivo. Esta metodología se utilizó tanto para encontrar los umbrales de conducción ósea tanto en frente como en mastoides, los cuales fueron consignados en un audiograma diseñado especialmente para esta técnica (Anexo 2). El procedimiento fue realizado siempre por los mismos dos evaluadores, para reducir la subjetividad de la prueba.

Para evitar la variabilidad en la ubicación del vibrador óseo, y por ende, una posible alteración en los umbrales audiométricos, se establecieron puntos de referencia de colocación, tanto para frente como para mastoides. En la frente, se determinó tres centímetros por sobre las cejas en la línea media y en la mastoides, sobre la apófisis mastoidea, evitando el contacto con el cabello y el pabellón auricular. Además, el procedimiento de colocación del vibrador óseo siempre estuvo a cargo de los mismos dos investigadores.

No se utilizó enmascaramiento para la obtención de umbrales para ninguna de las dos posiciones del vibrador óseo. Como los pacientes son normoyentes el riesgo de sobreenmascarar siempre está presente, debido a la simetría y a los bajos umbrales de ambos oídos. Otro factor que se consideró para no enmascarar, fue el efecto oclusión, ya que produce mejoras artificiales en los umbrales reales. Por otro lado, no se

encontró en la bibliografía revisada algún método específico de enmascaramiento para la obtención de umbrales auditivos óseos a través de la frente.

Variable	Técnica de Extracción	Técnica de Análisis
Umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente.	Audiometría	Estadística Descriptiva e Inferencia Estadística
Umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la mastoides.	Audiometría	Estadística Descriptiva e Inferencia Estadística

Cuadro 3. Relación entre las variables, las técnicas de extracción y las técnicas de análisis.

3.5.3. Procedimientos de Análisis de Resultados

A través de la frente se obtuvo un umbral único por frecuencia en cada evaluación, que corresponde a la respuesta entregada por el oído con mayor sensibilidad auditiva (Goldstein & Newman, 1999). Teniendo en cuenta lo anterior, para poder realizar una comparación equitativa, se utilizó solo el mejor umbral por frecuencia obtenido en cada evaluación a través de la mastoides, sin considerar el oído en el cual estuviese ubicado el vibrador.

La técnica de análisis de resultados en este estudio fue la estadística descriptiva y la inferencia estadística. Se procedió a realizar un análisis exploratorio de los datos, previamente tabulados (Anexo 4), para luego presentarlos en forma de gráficos. Además, se utilizó la prueba no paramétrica de *Wilcoxon* del *software SPSS Statistics 17.0* para obtener la significancia estadística de los resultados con un 5% de error.

3.6. Protocolos y Procedimientos Éticos

Como toda investigación en la cual se trabaja con personas, se deben seguir protocolos éticos, por lo cual se solicitó a cada participante del estudio que firmara un consentimiento informado (Anexo 3). En dicho documento queda constancia de forma explícita que la participación del paciente fue voluntaria, que debía seguir de forma rigurosa las indicaciones de los investigadores y que todas las dudas fueron aclaradas antes de iniciar el estudio.

4. RESULTADOS

En el presente capítulo, se presentarán los resultados de acuerdo a cada objetivo específico planteado. Como se explicó en el capítulo anterior, se utilizó en primera instancia la estadística descriptiva para realizar un análisis exploratorio de los datos y luego proceder a

graficarlos. Luego de eso, se utilizó la inferencia estadística, específicamente la prueba no paramétrica de *Wilcoxon*, para conocer la significancia estadística de los resultados obtenidos.

4.1. Diferencias de los umbrales auditivos por conducción ósea a través de la frente y la mastoides.

Según los resultados obtenidos, existe una diferencia estadísticamente significativa entre umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides para todas las frecuencias. Los umbrales obtenidos a través de la frente, son más elevados que los obtenidos a través de las mastoides, en todas las frecuencias. Tanto para la frente como para la mastoides, la frecuencia que presentó los umbrales auditivos más elevados fue la 250 Hz, mientras que, la que presentó menores umbrales, fue la 4000 Hz. Las curvas obtenidas a partir de los umbrales presentaron una morfología similar, exceptuando la frecuencia 3000 Hz. Los resultados se muestran en detalle en la Tabla 1 y se representan en el Gráfico 1.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Mastoides	3,70	-1,89	3,21	0,24	-0,74	-7,48	-0,49
Frente	16,5	6,66	10,22	8,43	10,03	-0,69	8,52
p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---

Tabla 1. Promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides, para cada frecuencia.

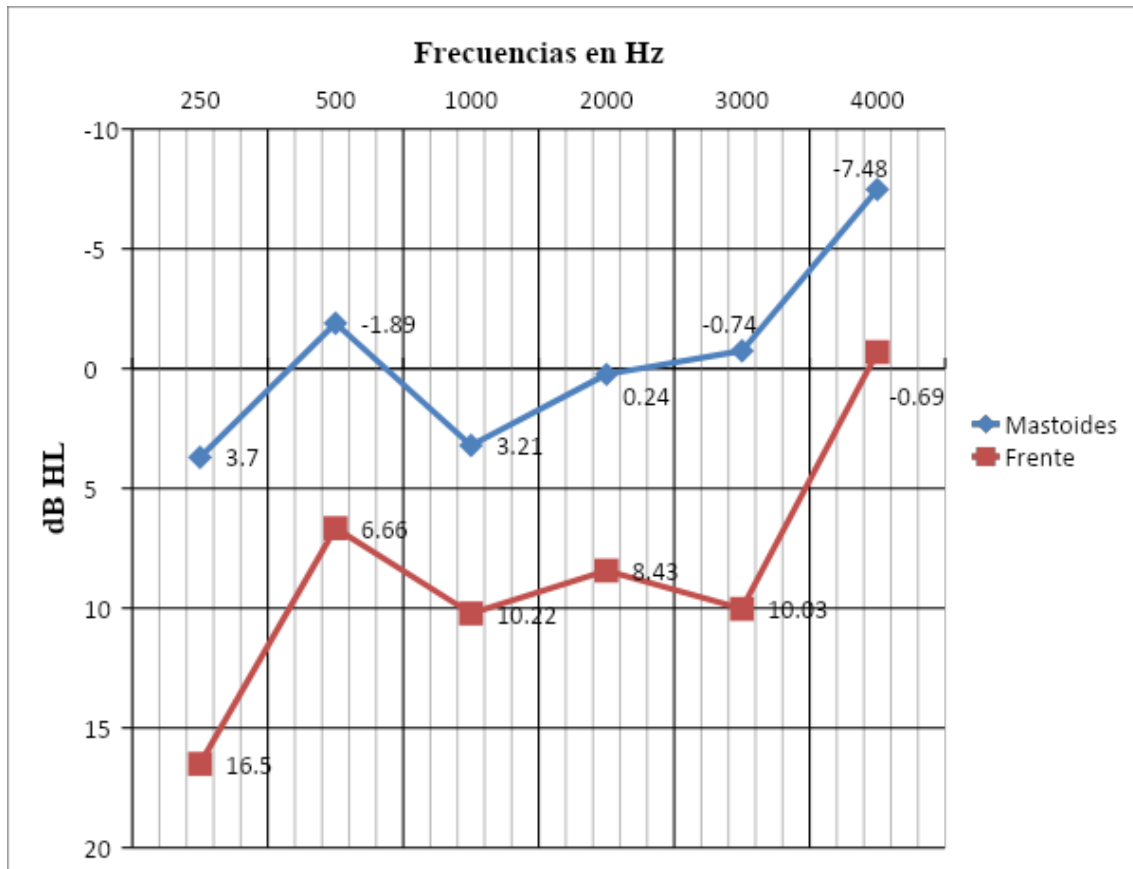


Gráfico 1. Promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides, para cada frecuencia.

Además, se puede observar en la Tabla 2, que el promedio de las diferencias de los umbrales auditivos óseos entre la frente y la mastoides fue de 9,01 dB HL. La frecuencia que presentó mayores diferencias entre los umbrales auditivos fue la 250 Hz, mientras que, la que menos variaciones presentó fue la 4000 Hz, seguida de la 1000 Hz. Sin embargo, no existe un descenso lineal desde la frecuencia más grave hacia la más aguda, comportándose de manera irregular entre las frecuencias medias. Esto se puede observar en el Gráfico 2.

250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
12,8	8,55	7,01	8,19	10,77	6,79	9,01

Tabla 2. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides, para cada frecuencia.

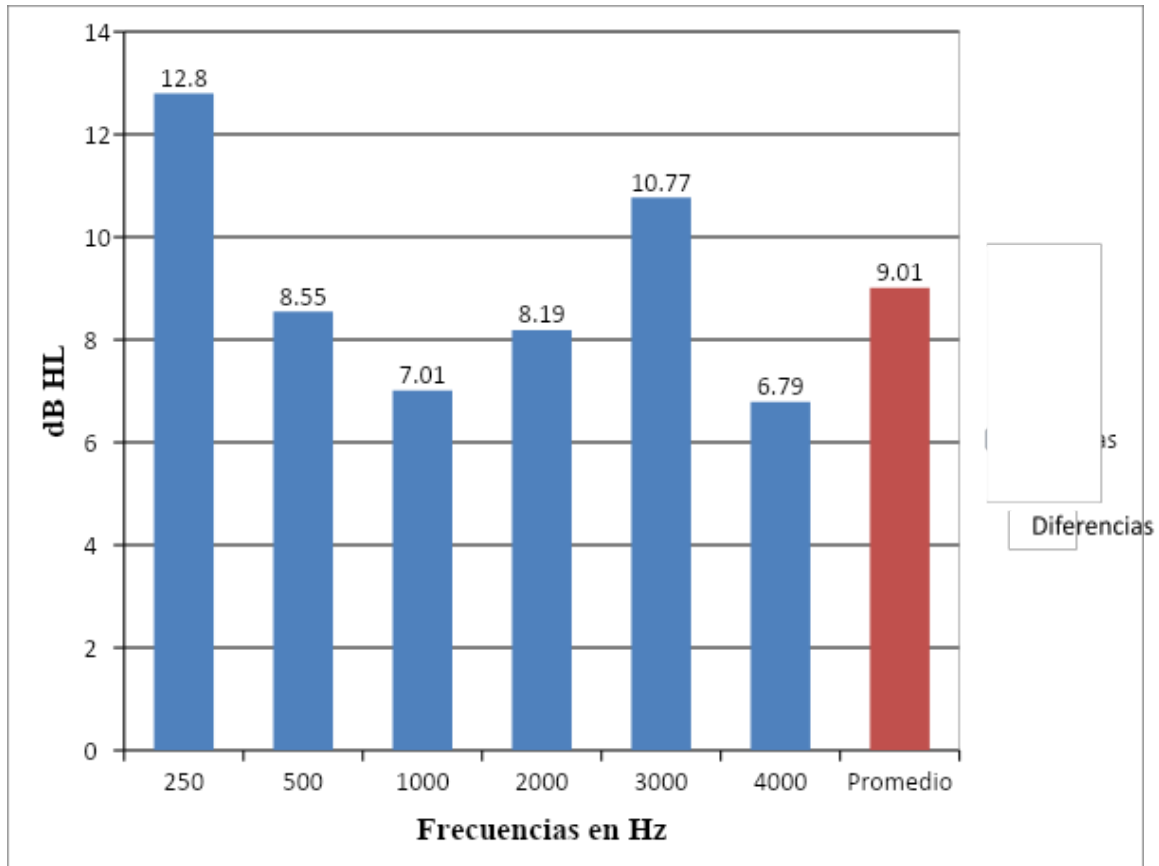


Gráfico 2. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides, para cada frecuencia.

4.2. Variabilidad test-retest de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.

La variabilidad test-retest de los umbrales auditivos óseos fueron diferentes para cada frecuencia, tanto en la mastoides como en la frente y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambas ubicaciones, excepto en las frecuencias 3000 y 4000 Hz. Las frecuencias 250, 500, 1000 y 2000 Hz, se comportaron de manera más estable en el tiempo en la frente, mientras que en las frecuencias 3000 y 4000 Hz, la variabilidad fue menor en la mastoides. Sin embargo, en promedio, la mastoides se comporta más estable que la frente. Estos resultados se muestran en detalle en la Tabla 3 y se ven representados en el Gráfico 3.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Mastoides	3,57	4,01	3,65	3,82	3,06	2	3,35
Frente	3,52	3,38	3,57	3,79	4,09	3,4	3,62
p	0,67	0,09	0,72	0,76	0,01	0,00	---

Tabla 3. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides, para cada frecuencia.

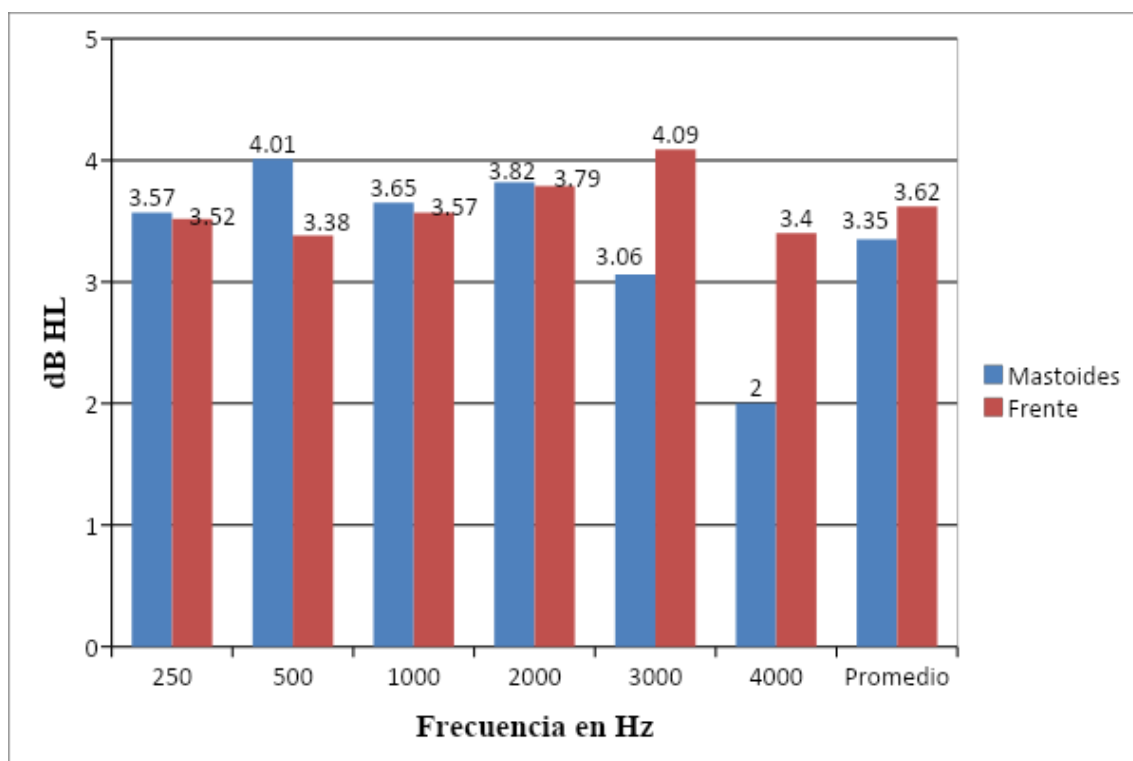


Gráfico 3. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides, para cada frecuencia.

4.3. Diferencias por género de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.

Como se puede apreciar en la Tabla 4, en los individuos de sexo masculino, los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente, son significativamente más elevados que los obtenidos a través de las mastoides, en todas las frecuencias. En la frente, la frecuencia que presentó los umbrales auditivos más elevados fue la 250 Hz, mientras que en la mastoides fue la 1000 Hz. Tanto para la frente como para la mastoides, la frecuencia en que se observaron los menores umbrales fue la 4000 Hz. Además, se puede observar que ambas curvas presentaron una morfología similar, excepto en la frecuencia 3000 Hz, que en la frente presentó un descenso en comparación con la mastoides. Estos resultados se representan en el Gráfico 4.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Mastoides	2,67	-2,24	4,51	0,34	0,08	-6,75	-0,23
Frente	15,63	5,4	10,43	6,32	9,97	-0,34	7,90
p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---

Tabla 4. Promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en hombres, para cada frecuencia.

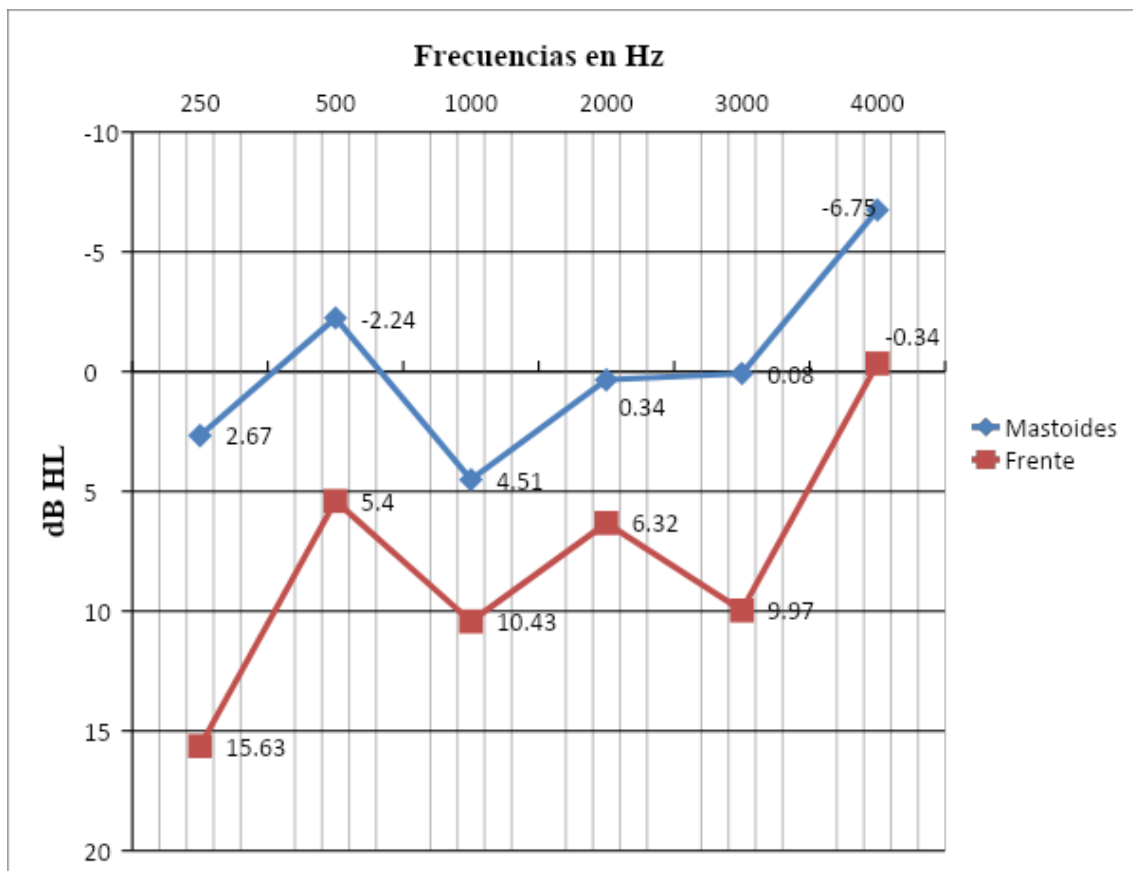


Gráfico 4. Promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en hombres, para cada frecuencia.

Además, se puede observar en la Tabla 5, que el promedio de las diferencias entre los umbrales auditivos óseos de la frente y la mastoides en hombres, fue de 8,13 dB HL. La frecuencia que presentó mayores diferencias entre los umbrales auditivos fue la 250 Hz, seguidas por la frecuencia 3000 y 500 Hz respectivamente. La frecuencia que menos variaciones presentó fue la 1000 Hz, comportándose de manera similar a las frecuencias 2000 y 4000 Hz. Estos resultados se representan en el Gráfico 5.

250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
12,96	7,64	5,92	5,98	9,89	6,41	8,13

Tabla 5. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en hombres, para cada frecuencia.

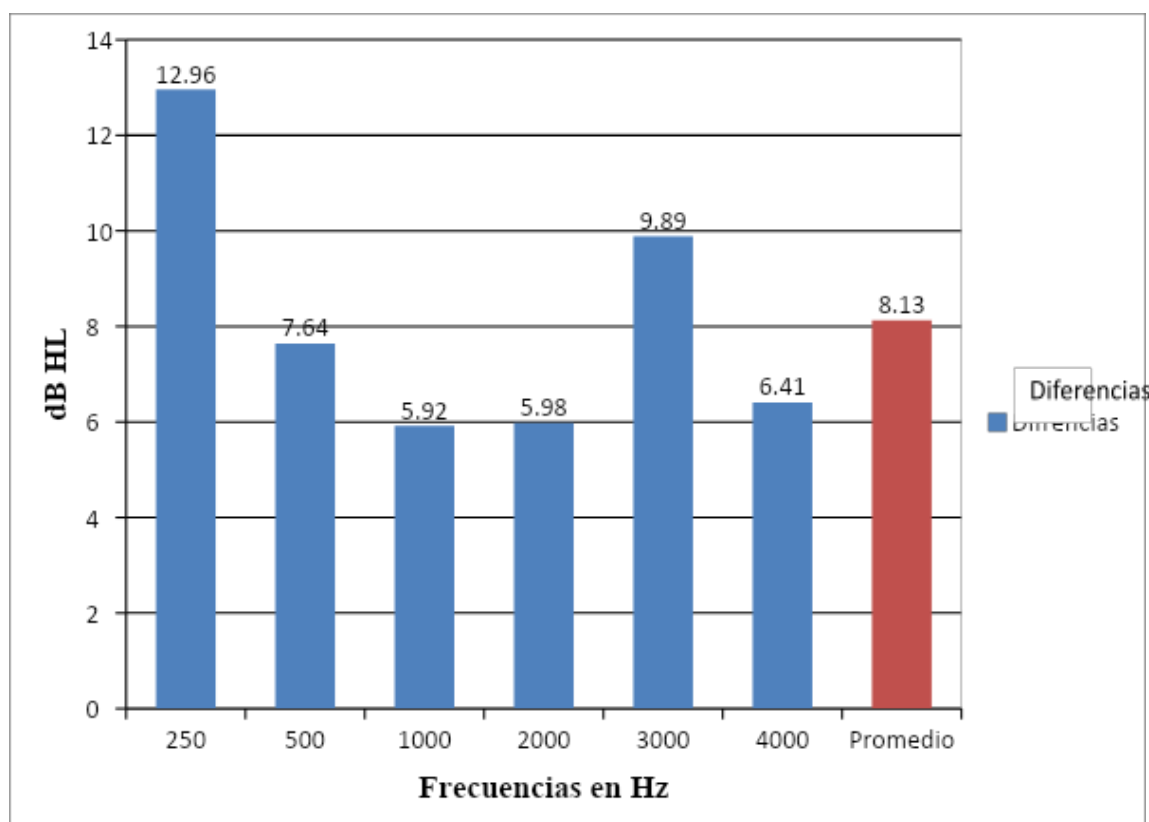


Gráfico 5. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en hombres, para cada frecuencia.

Como se puede apreciar en la Tabla 6, en los individuos de sexo femenino, los umbrales auditivos de conducción ósea obtenidos a través de la frente, son significativamente más elevados que los obtenidos a través de las mastoides, en todas las frecuencias. Tanto en la frente como en la mastoides, la frecuencia que presentó los umbrales auditivos más elevados fue la 250 Hz, mientras que, la que presentó los menores umbrales, fue la 4000 Hz. Además, se puede observar en el Gráfico 6 que ambas curvas presentaron una morfología similar, exceptuando las frecuencias 2000 y 3000 Hz, que en la frente se mantuvieron prácticamente iguales a la frecuencia 1000 Hz, mientras que en la mastoides, estas frecuencias tendieron a mejorar linealmente.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Mastoides	4,46	-1,64	2,24	0,17	-1,36	-8,03	-0,69
Frente	17,15	7,6	10,06	10	10,08	-0,96	8,98
p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---

Tabla 6. Promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en mujeres, para cada frecuencia.

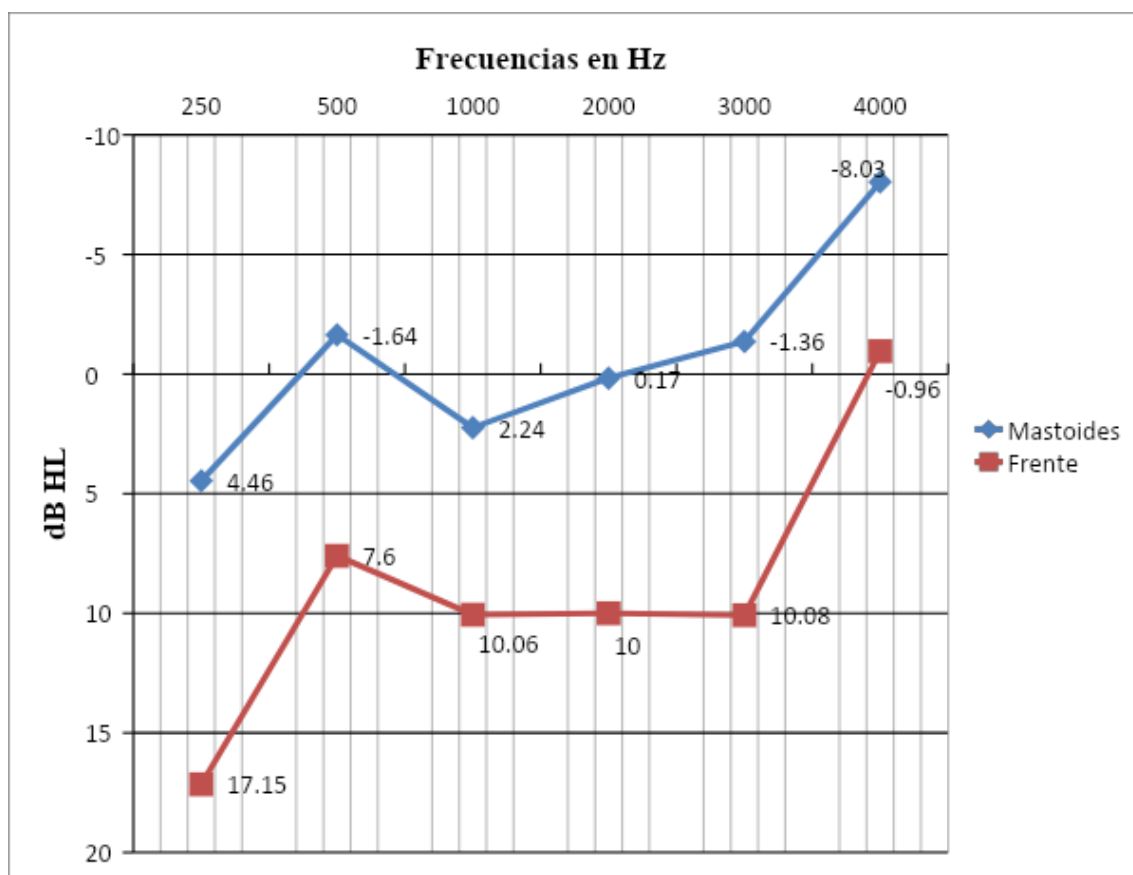


Gráfico 6. Promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en mujeres, para cada frecuencia.

Además, en la Tabla 7, se puede observar que el promedio de las diferencias de los umbrales auditivos óseos entre la frente y la mastoides para las mujeres fue de 9,68 dB HL. La frecuencia que presentó mayores diferencias entre los umbrales auditivos fue la 250 Hz, seguidas por la frecuencia 3000, 2000 y 500 Hz, respectivamente. La frecuencia que menos varió fue la 4000 Hz, comportándose de manera similar a la frecuencia 1000 Hz. Estos resultados se representan en el Gráfico 7.

250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
12,69	9,24	7,82	9,83	11,44	7,07	9,68

Tabla 7. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en mujeres, para cada frecuencia.

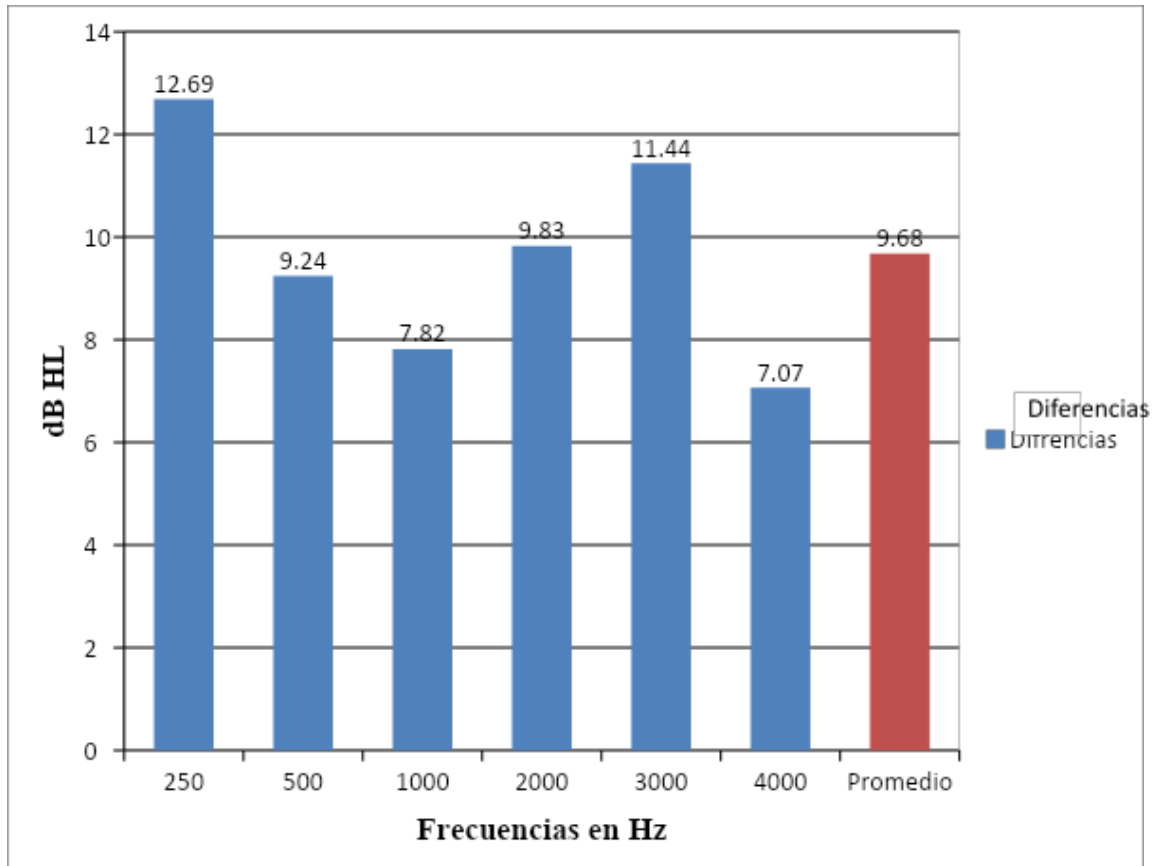


Gráfico 7. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en mujeres, para cada frecuencia.

Al realizar una comparación por género de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la mastoides, se puede apreciar que el subgrupo de las mujeres presentó mejores umbrales para todas las frecuencias, exceptuando la frecuencia 250 Hz. Sin embargo, las diferencias entre los umbrales auditivos de hombres y mujeres no presentaron diferencias

estadísticamente significativas. Los resultados se pueden apreciar en detalle en la Tabla 8 y se representan en el Gráfico 8.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Mastoides Hombres	2,67	-2,24	4,51	0,34	0,08	-6,75	-0,23
Mastoides Mujeres	4,46	-1,64	2,24	0,17	-1,36	-8,03	-0,69
p	0,43	0,33	0,06	0,88	0,32	0,23	---

Tabla 8. Promedios de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la mastoides, para cada frecuencia.

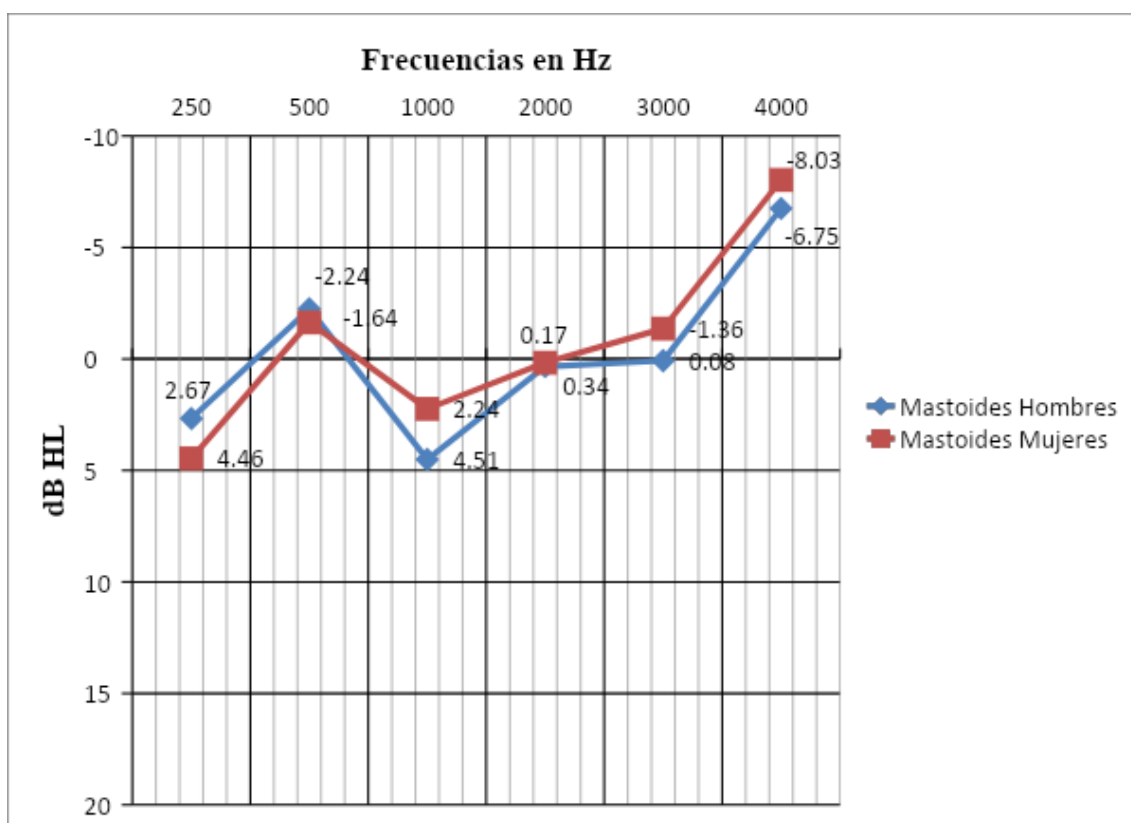


Gráfico 8. Promedios de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la mastoides, para cada frecuencia.

Además, en la Tabla 9, se puede observar que el promedio de las diferencias entre los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la mastoides, fue de 1,23 dB HL. La frecuencia que presentó mayores diferencias entre los umbrales auditivos fue la 1000 Hz, seguidas por la frecuencia 250, 3000 y 4000 Hz, respectivamente. La frecuencia que menos varió fue la 2000 Hz, seguida de la frecuencia 500 Hz. Estos resultados se representan en el Gráfico 9.

250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
1,79	0,60	2,27	0,17	1,28	1,28	1,23

Tabla 9. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la mastoides, para cada frecuencia.

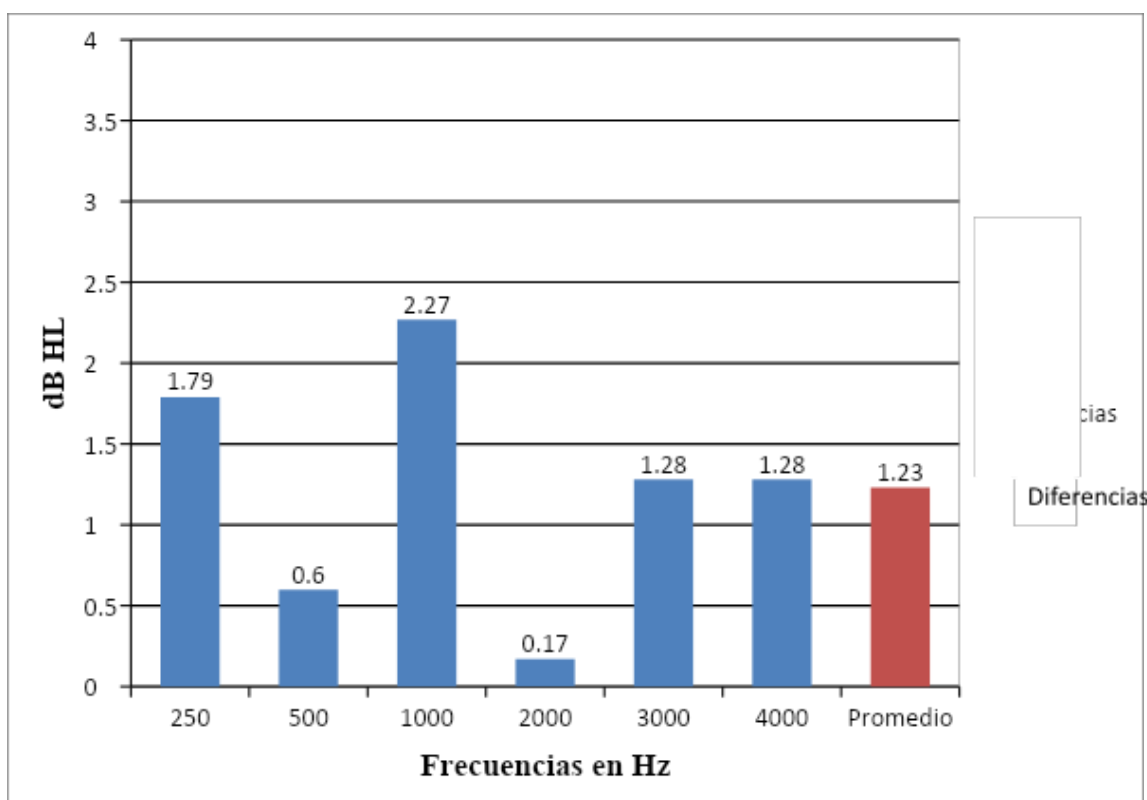


Tabla 9. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la mastoides, para cada frecuencia.

Al realizar una comparación por género de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente, se puede apreciar que el subgrupo de los hombres presentó mejores umbrales para todas las frecuencias, exceptuando las frecuencias 1000 y 4000 Hz. Las diferencias en los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la frente, no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los resultados se pueden apreciar en detalle en la Tabla 10 y se representan en el Gráfico 10.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Frente Hombres	15,63	5,40	10,43	6,32	9,97	-0,34	7,90
Frente Mujeres	17,15	7,60	10,06	10,00	10,08	-0.96	8,98
p	0,93	0,19	0,67	0,08	0,76	0,89	---

Tabla 10. Promedios de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la frente, para cada frecuencia.

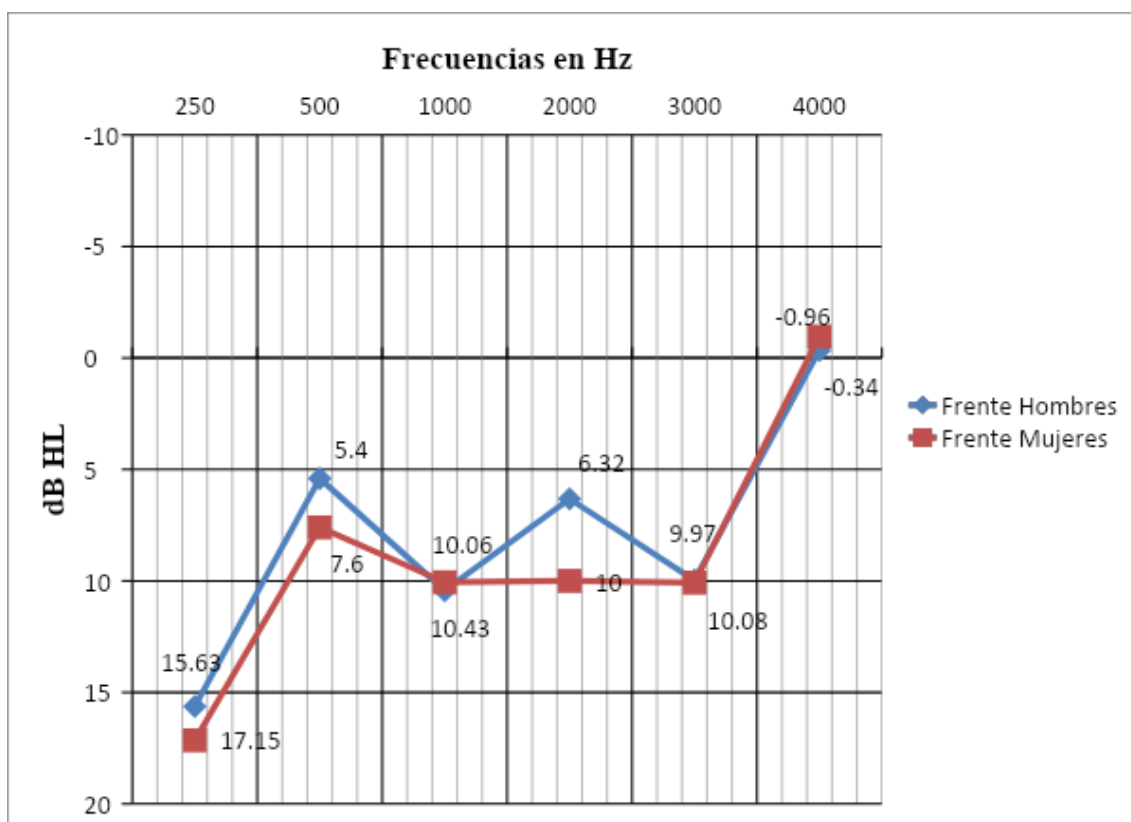


Gráfico 10. Promedios de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la frente, para cada frecuencia.

Además, en la Tabla 11, se puede observar que el promedio de las diferencias entre los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la frente, fue de 1,41 dB HL. La frecuencia que presentó mayores diferencias entre los umbrales auditivos fue la 2000 Hz, seguida por las frecuencias 500 y 250 Hz, respectivamente. La frecuencia que menos varió fue la 3000 Hz, seguida por la frecuencia 1000 y 4000 Hz. Estos resultados se representan en el Gráfico 11.

250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
1,52	2,20	0,37	3,68	0,11	0,62	1,41

Tabla 11. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la frente, para cada frecuencia.

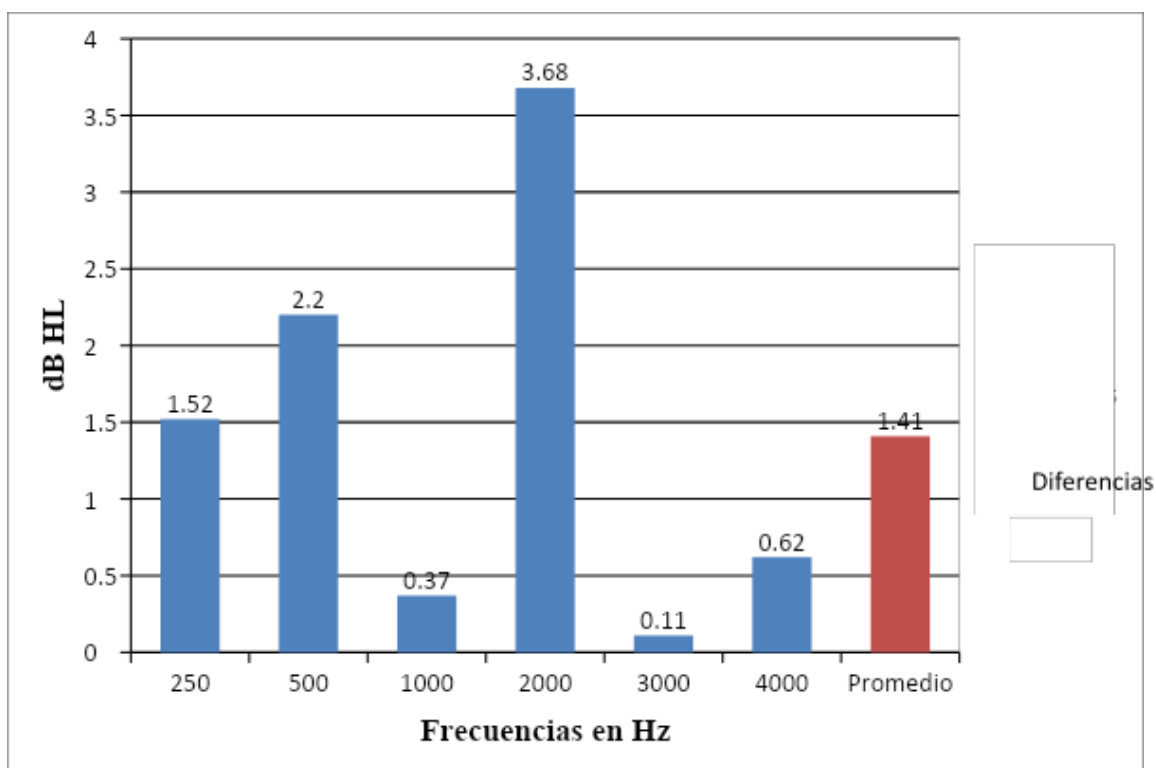


Gráfico 11. Diferencias entre los promedios de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la frente, para cada frecuencia.

4.4. Variabilidad test-retest por género de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides.

En la Tabla 12, se puede observar que la variabilidad test-retest de los umbrales auditivos óseos en los individuos de sexo masculino, fueron diferentes para cada frecuencia, tanto en la mastoides como en la frente y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambas ubicaciones. Las frecuencias 500 y 1000 Hz, se comportaron de manera más estable en el tiempo en la frente, mientras que en las frecuencias 250, 3000 y 4000 Hz, la variabilidad fue menor en la mastoides. Se puede apreciar que la frecuencia 2000 Hz, arrojó valores prácticamente idénticos en ambas ubicaciones. Sin embargo, en promedio,

la frente se comportó más estable que la mastoides. Estos resultados se representan en el Gráfico 12.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Mastoides	3,73	4,65	4,19	3,5	3,33	2,87	3,71
Frente	3,85	3,21	3,5	3,56	4,02	3,33	3,57
p	0,80	0,01	0,09	0,76	0,44	0,37	---

Tabla 12. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en hombres, para cada frecuencia.

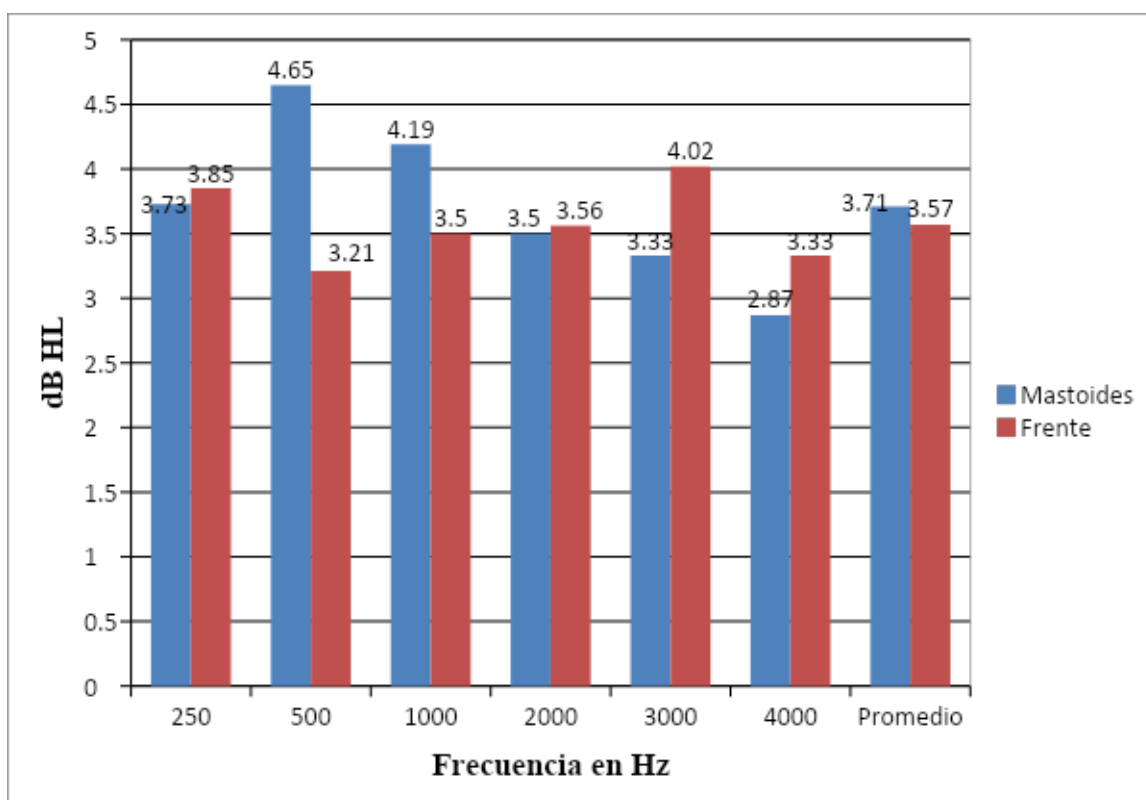


Gráfico 12. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en hombres, para cada frecuencia.

En la Tabla 13, se puede observar que la variabilidad test-retest de los umbrales auditivos óseos en los individuos de sexo femenino, fueron diferentes para cada frecuencia, tanto en la mastoides como en la frente y no presentaron diferencias significativas, excepto en las frecuencias 3000 y 4000 Hz. Las frecuencias 250 y 2000 Hz, se comportaron de manera más estable en el tiempo en la frente, mientras que en las frecuencias 1000, 3000 y 4000 Hz, la variabilidad fue menor en la mastoides. Se puede apreciar que la frecuencia 500 Hz, arrojó valores prácticamente idénticos. En promedio, la mastoides se comportó más estable que la frente. Estos resultados se representan en el Gráfico 13.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Mastoides	3,46	3,54	3,24	4,05	2,86	1,36	3,08
Frente	3,29	3,50	3,63	3,97	4,14	3,46	3,66
p	0,47	0,71	0,35	0,97	0,01	0,00	---

Tabla 13. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en mujeres, para cada frecuencia.

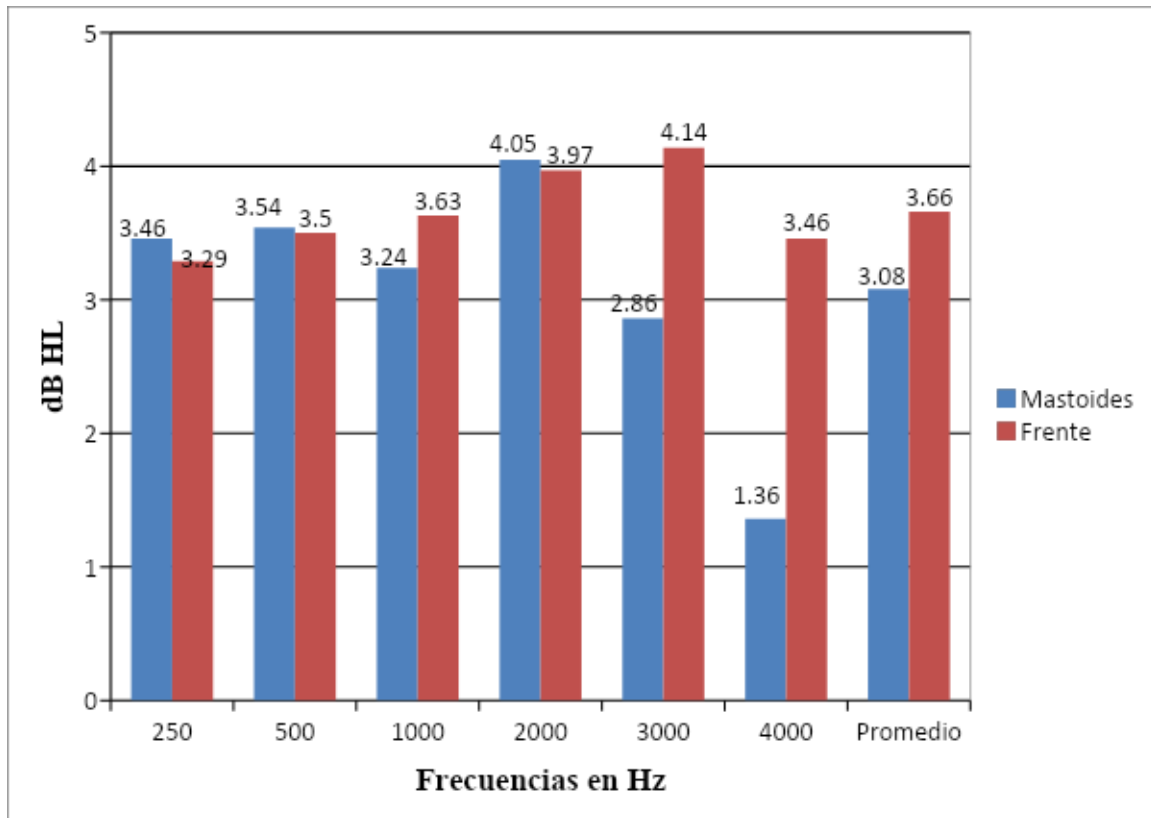


Gráfico 13. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente y la mastoides en mujeres, para cada frecuencia.

Cuando se realiza una comparación por género de la variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la mastoides, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas, excepto en la frecuencia 4000 Hz. Las mujeres, presentaron un promedio de variabilidad test-retest de 3,08 dB HL, mientras que los hombres 3,71 dB HL. Las mayores diferencias entre hombres y mujeres se encontraron en las frecuencias 4000 Hz y 500 Hz. Los resultados se pueden apreciar en detalle en la Tabla 14 y se representan en el Gráfico 14.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Mastoides Hombres	3,73	4,65	4,19	3,50	3,33	2,87	3,71
Mastoides Mujeres	3,46	3,54	3,24	4,05	2,86	1,36	3,08
p	0,98	0,46	0,07	0,32	0,22	0,04	---

Tabla 14. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la mastoides, para cada frecuencia.

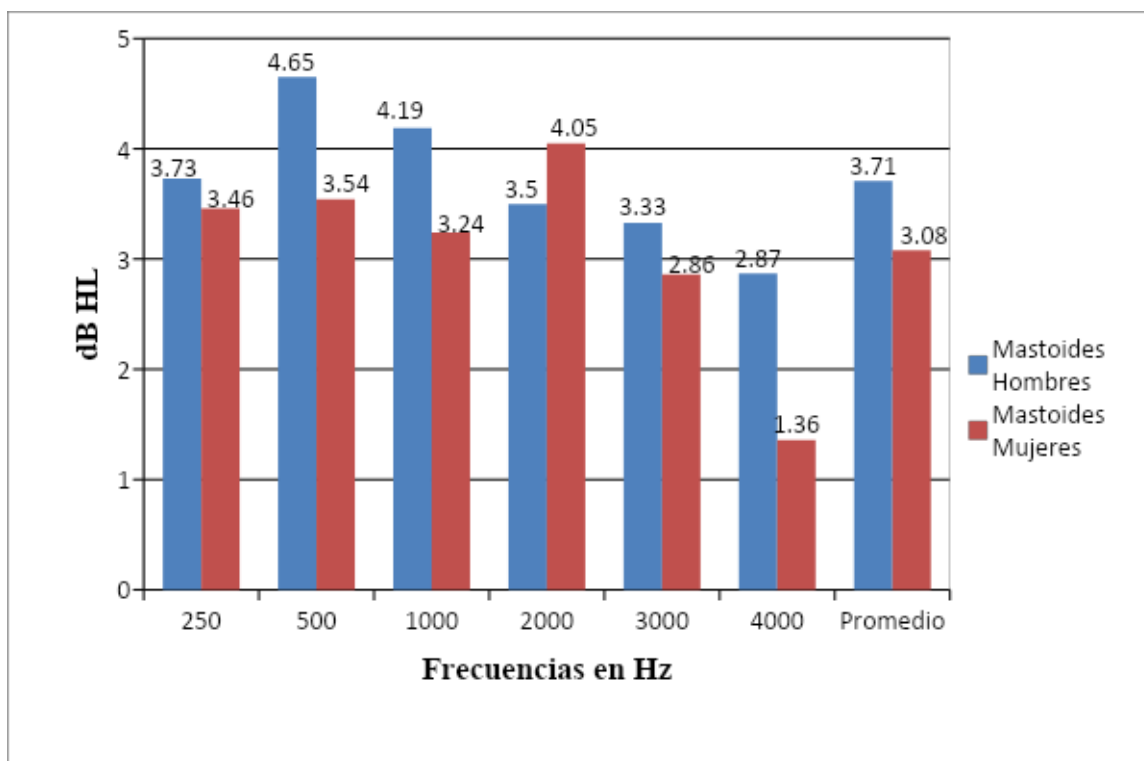


Gráfico 14. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la mastoides, para cada frecuencia.

Quando se realiza una comparación por género de la variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos obtenidos a través de la frente, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Las mujeres, presentaron un promedio de variabilidad

test-retest de 3,66 dB HL, mientras que los hombres 3,57 dB HL. No se observan mayores diferencias entre hombres y mujeres en ninguna de las frecuencias estudiadas. Los resultados se pueden apreciar en detalle en la Tabla 15 y se representan en el Gráfico 15.

	250	500	1000	2000	3000	4000	Promedio
Frente Hombres	3,85	3,21	3,50	3,56	4,02	3,33	3,57
Frente Mujeres	3,29	3,50	3,63	3,97	4,14	3,46	3,66
p	0,13	0,58	0,90	0,54	0,59	0,31	---

Tabla 15. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la frente, para cada frecuencia.

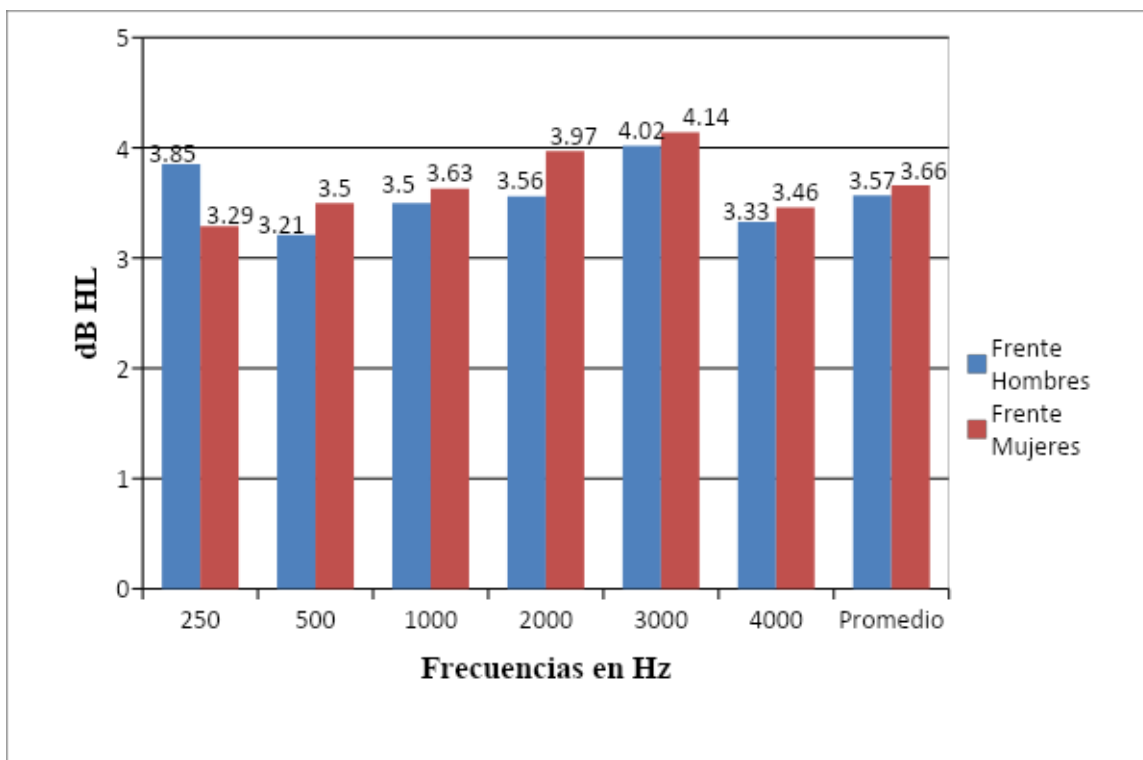


Tabla 15. Variabilidad test-retest promedio de los umbrales auditivos óseos de hombres y mujeres obtenidos a través de la frente, para cada frecuencia.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente capítulo, se discutirán los resultados obtenidos en la investigación, presentados en el capítulo anterior, tomando como referencia la información recabada y presentada en el marco teórico. Cabe destacar que no se encontraron referencias sobre estudios de esta naturaleza en la realidad nacional, por lo tanto, este estudio es un aporte para la investigación audiológica en nuestro país. Además, es necesario mencionar que la conducción ósea, en sí, es un tema poco estudiado por los audiólogos en general.

En primer lugar, se observó que la diferencia entre los umbrales auditivos de conducción ósea, obtenidos a través de la frente y la mastoides, es estadísticamente significativa para todas las frecuencias. Los umbrales obtenidos a través de la frente son más elevados que los obtenidos a través de las mastoides, en todas las frecuencias. Esto coincide con los resultados de los estudios realizados por Goetzinger y Weatherton (1971), Harrel (2002), Hodges y McBride (2007) y Hodges y McBride (2011), McBride, Letowski y Tran (2005).

Tanto para la frente como para la mastoides, la frecuencia que presentó los umbrales auditivos más elevados fue 250 Hz, lo que coincide con lo obtenido por Goetzinger y Weatherton (1971) y McBride, Letowski y Tran (2005). En cambio, la que presentó menores umbrales fue 4000 Hz, concordando también con lo encontrado por Goetzinger y Weatherton (1971). Esta tendencia se repite solo en el subgrupo de las mujeres, ya que en el de los hombres la frecuencia con los umbrales más elevados fue 1000 Hz para la mastoides. Las diferencias entre frente y mastoides para ambos subgrupos fueron estadísticamente significativas para todas las frecuencias.

Según la literatura, en general, las mujeres presentan mejores umbrales en comparación a los hombres, tanto para la frente como para la mastoides (Hodges & McBride, 2011). Sin embargo, los resultados de este estudio indican que los hombres presentan mejores umbrales auditivos para la mayoría de las frecuencias cuando se obtienen a través de la frente, con un promedio de 7.90 dB HL, mientras que el promedio de las mujeres fue de 8,98 dB HL. Con respecto a la mastoides, los hombres presentan mejores umbrales en las frecuencias 250 y 500 Hz, obteniendo un promedio de todas las frecuencias estudiadas de -0,23 dB HL, mientras que el promedio de las mujeres fue de -0,69 dB HL.

El oído externo produce, en total, una ganancia de 20 dB en las frecuencias cercanas a 4000 Hz como promedio, disminuyendo hacia las frecuencias más graves y más agudas (Rosowski & Merchant, 2006). Esto se relaciona con los mejores umbrales que se encontraron específicamente en la frecuencia 4000 Hz, tanto para la mastoides como para la frente. En tanto, la cadena de huesecillos, tiene una frecuencia de resonancia cercana a los 2000 Hz (Karimi, Arvin, Motiee, & Khorsandi, 2009), lo que podría beneficiar de alguna manera a las frecuencias medias. En cambio, no se encontraron referencias acerca de estructuras anatómicas que amplifiquen particularmente las frecuencias graves, lo que explicaría los hallazgos encontrados en la frecuencia 250 Hz.

Cabe destacar que la cámara silente, utilizada en este estudio, posee una sonoamortiguación considerablemente menor para las frecuencias graves en comparación a las frecuencias más agudas, aumentando linealmente hasta llegar a una diferencia de 30 dB HL entre la frecuencia 250 y 4000 Hz (Eckel Noise Reduction Technologies, 2004). Esto provocaría que el ruido ambiental dificulte en mayor medida la búsqueda de los umbrales en las frecuencias más graves. Además, se debe tener presente que, según la experiencia clínica, las frecuencias agudas son más fáciles de percibir en comparación a las frecuencias graves, que presentan una mayor dificultad al establecer los umbrales auditivos.

La respuesta del mecanismo de conducción ósea osteotimpánico es dominante en las frecuencias más bajas; la respuesta inercial es dominante desde las frecuencias bajas hasta las frecuencias medias; y el modo de compresión es evidentemente dominante en las frecuencias altas. Se pudo observar que la morfología de las curvas obtenidas a través de la frente y la mastoides es similar, exceptuando la frecuencia 3000 Hz, que no sigue el mismo patrón. Por lo tanto, se puede deducir que los tres mecanismos de conducción ósea influirían en el resultado de los umbrales auditivos, tanto en la frente como en la mastoides.

En segundo lugar, se observó que el promedio de las diferencias de los umbrales auditivos óseos entre la frente y la mastoides, fue de 9,01 dB HL. Esto concuerda con lo planteado por Harrel (2002), quien determinó que en la mastoides se necesitan 10 dB menos de intensidad para obtener los mismos umbrales que en la frente. Sin embargo, en el subgrupo de los hombres, este promedio se aleja de lo descrito en la literatura, con un valor de 8,13 dB HL. En cambio, el promedio obtenido en el subgrupo de las mujeres se acerca con un valor de 9,68 dB HL. Cabe destacar que no todas las frecuencias se comportaron por igual.

La frecuencia que presentó mayores diferencias entre los umbrales auditivos de la frente y la mastoides fue 250 Hz, mientras que, la que menos diferencia presentó, fue 4000 Hz. Esto coincide con las frecuencias con peor y mejor umbral respectivamente. Sin embargo, no existe un descenso lineal de los umbrales desde la frecuencia más grave hacia la más aguda, comportándose de manera irregular en las frecuencias medias. En comparación con el estudio realizado por Goetzinger y Weatherton (1971), se obtuvieron diferencias menores para las frecuencias 500, 1000 y 2000 Hz, mientras que en la frecuencia 4000 Hz, los resultados fueron prácticamente iguales.

Con respecto al análisis por género, en las mujeres se observa un comportamiento similar a la muestra total, en cuanto a las frecuencias con mayor y menor diferencias. Por el contrario, en el subgrupo de hombres, la frecuencia que menos variaciones presentó fue 1000

Hz, seguidas por la frecuencia 2000 Hz, con una diferencia de 0,06 dB HL. No fue posible realizar una comparación de estos resultados, ya que no se encontraron referencias bibliográficas sobre estudios que abordaran esta variable.

En tercer lugar, se observó que la variabilidad test-retest de los umbrales auditivos de la frente fue en promedio 3,62 dB HL, mientras que para la mastoides fue de 3,35 dB HL. Esto indica que esta última ubicación fue la más estable para la muestra total. Este patrón se repite para el subgrupo de las mujeres, obteniendo un promedio de 3,66 dB HL en la frente y 3,08 dB HL en la mastoides. Por el contrario, el subgrupo de los hombres mostró una menor variabilidad test-retest en la frente con un promedio de 3,57 dB HL y 3,71 dB HL en la mastoides.

Para la muestra total, la variabilidad test-retest para la frente fue menor en la frecuencia 500 Hz y la que mayor variabilidad presentó fue 3000 Hz. Este comportamiento se repitió para el subgrupo de los hombres mientras que en el subgrupo de las mujeres, la frecuencia que presentó la menor variabilidad fue la 250 Hz, manteniéndose la frecuencia 3000 Hz como la más variable. En la mastoides, la variabilidad test-retest en la muestra total fue menor en la frecuencia 4000 Hz; y mayor, en la frecuencia 500 Hz. Este comportamiento se repitió para el subgrupo de los hombres, mientras que en el subgrupo de las mujeres, la frecuencia que mayores variaciones presentó fue 2000 Hz, manteniéndose la frecuencia 4000 Hz como la menos variable.

Es importante señalar que para la muestra general, las frecuencias 3000 y 4000 Hz presentaron las mayores diferencias entre el promedio test-retest de la frente y la mastoides. Este patrón se mantuvo en el subgrupo de las mujeres, sin embargo, en el subgrupo de los hombres no ocurrió lo mismo. Esto se relaciona con el hecho de que las mujeres obtuvieron los mejores umbrales a través de la mastoides, y se podría explicar debido a que,

específicamente, en las frecuencias 3000 y 4000 Hz, la mayoría del subgrupo de las mujeres alcanzó la salida mínima del equipo, que es de -10 dB HL.

En promedio, para la muestra total, la variabilidad test-retest fue menor para la mastoides, lo que discrepa con lo señalado por Studebaker en el año 1962 (Gelfand, 2009; Vento & Durrant, 2009). En el subgrupo de las mujeres, esta tendencia se mantuvo, mientras que en el subgrupo de los hombres, la mayor estabilidad se encontró en la frente. En un estudio realizado por Goetzinger y Weatherton (1971), los hallazgos fueron iguales a los de la presente investigación, es decir, la variabilidad test-retest fue menor para la mastoides. No obstante, estos autores no contemplaron la variabilidad test-retest por género, ni se encontraron otras investigaciones que apuntaran a esta variable.

Cuando se realiza una comparación por género de la variabilidad test-retest en ambas ubicaciones, se puede observar que en la frente, se obtienen menores diferencias entre géneros que por la mastoides. El promedio de variabilidad test-retest para la frente fue, en hombres 3,57 dB HL y en mujeres 3,66 dB HL. En cambio, el promedio de la variabilidad test retest para la mastoides fue, en hombres 3,71 dB HL y en mujeres 3,08 dB HL. A pesar de que las diferencias no fueron estadísticamente significativas, esto sugiere que la ubicación en frente, presentaría una menor variabilidad entre géneros.

Aunque los resultados obtenidos en la variabilidad test-retest no son estadísticamente significativos, y además indican que la ubicación con menor variabilidad en promedio es la mastoides, creemos que la frente sigue siendo la ubicación con menor variabilidad. Esto, debido a que los umbrales obtenidos por la frente son más estables en la mayoría de las frecuencias, exceptuando la frecuencia 3000 y 4000 Hz. Como se explicó anteriormente, estas frecuencias tuvieron una menor variabilidad test-retest en la mastoides debido a las limitaciones del audiómetro, lo que disminuyó artificialmente el promedio de la variabilidad test-retest de esta última ubicación.

En cuarto lugar, y en relación a la pregunta de investigación, es necesario mencionar que es difícil establecer cuál es la mejor ubicación para el vibrador óseo, ya que ambos posicionamientos tienen aspectos positivos. Por un lado, en la mastoides se obtuvieron los mejores umbrales, lo que indicaría una mayor sensibilidad auditiva para esta zona. Además, las metodologías audiológicas, en general, están mejor descritas y establecidas, como, por ejemplo, el enmascaramiento clínico y la toma de umbrales para cada oído de forma individual. Por otro lado, en la frente existe una menor variabilidad test-retest en las mayorías de las frecuencias, lo que permitiría una obtención de umbrales más confiables. Además, la frente, por sus características anatómicas, resulta ser una zona más homogénea entre los pacientes para la colocación y mantención del vibrador óseo en su lugar.

En cuanto a las proyecciones de esta investigación, se sugiere equiparar la muestra en con respecto al género, para que ambos subgrupos sean igualmente representativos en la muestra total. Adicionalmente, se podría replicar este estudio en sujetos con estenosis oclusiva y agenesia del conducto auditivo externo, patologías del oído medio en general y algunas patologías del oído interno, como la dehiscencia del canal semicircular superior y el síndrome del acueducto vestibular dilatado, estos últimos mencionados en el marco teórico. Esto permitiría una comprensión más acabada de la contribución de los mecanismos de conducción ósea para cada ubicación del vibrador y sus implicancias clínicas. También se sugiere considerar mediciones anatómicas del cráneo y abarcar una mayor gama de frecuencias.

Finalmente, creemos que este estudio es un aporte a la investigación nacional de la conducción ósea y la audiológica en general, además de exponer nuevos hallazgos que pueden ser útiles para los profesionales que se desempeñan en esta área. Hasta el día de hoy, el debate sigue en boga, lo que indica que aún es un tema complejo, poco abordado y que requiere de otras investigaciones que continúen esta línea. Al ser pioneros en abordar este tópico de investigación en nuestro país, pretendemos incentivar la realización de estudios futuros y, así, seguir generando conocimientos audiológicos específicos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abbott, S., & Uhler, K. (2005). Evaluación de la Audición. In B. W. Jafek, & B. W. Murrow, *Otorrino-Laringología, Secretos* (pp. 27-35). Elsevier.
2. Alegría, F., Navarrete, M., Papic, Y., & Salazar, A. (2005). *Comparación de Metodologías Ascendente y Descendente para la búsqueda de umbral en Audiometría Tonal*. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Fonoaudiología.
3. Al Muhaimeed, H., El Sayed, Y., Rabah, A., & Al-Essa, A. (2002). Conductive hearing loss: investigation of possible inner ear origin in three cases studies. *The Journal of Laryngology & Otology*, 116(11), 942-945.
4. American Speech-Language-Hearing Association. (2005). *Guidelines for Manual Pure-Tone Threshold Audiometry*. Recuperado el 7 de Abril de 2011, de American Speech-Language-Hearing Association: <http://www.asha.org/docs/html/GL2005-00014.html>
5. Asociación Española de Audiología. (2002). Normalización de las Pruebas Audiológicas (I): La Audiometría Tonal Liminar *Auditio: Revista Electrónica de Audiología*, 1(2) 16-19.
6. Asociación Española de Audiología. (2004). Normalización de las Pruebas Audiológicas (III): La Impedanciometría. *Auditio: Revista Electrónica de Audiología*, 2(3) 51-55.
7. Becker, W., Heinz Naumann, H., & Pfaltz, C. (1986). *Otorrinolaringología: Manual Ilustrado*. Antibioticos S.A.
8. Correa, A. (1999). *Manual de Otorrinolaringología*. Mediterraneo.
9. Correa, C. (2003). Descenso del umbral óseo durante la audiometría. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*(63), 117-121.
10. Creeke, S., Glasberg, B., Margolis, R., & Moore, B. (2010). AMTAS®: Automated method for testing auditory sensitivity: Validation studies. *International Journal of Audiology*, 49(3), 185-194.
11. Cromer, A. (1994). *Física para las Ciencias de la Vida*. New York: Mc Graw Hill.
12. Dean, M., & Martin, F. (2000). Insert Earphone Depth and the Occlusion Effect. *American Journal of Audiology*, 9(2), 131-134.
13. Diamante, V. (2004). *Otorrinolaringología y Afecciones Conexas*. Buenos Aires: Ateneo 3ª Edición.

14. Dreisbach, L., Kramer, S., Cobos, S., & Cowart, K. (2007). Racial and gender effects on pure-tone thresholds and distortion-product otoacoustic emissions (DPOAEs) in normal-hearing young adults. *International Journal of Audiology*, 46(8), 419-426.
15. Eckel Noise Reduction Technologies. (2004, Septiembre 21). *CL Series Panel System*. Retrieved Octubre 31, 2011, from Eckel Audiometric Rooms Offer Outstanding Noise Reduction: <http://www.eckel.ca/products/audiometric-rooms/cl-series.html>
16. Edgerton, B., & Klodd, D. (1977). Occlusion Effect: Bone Conduction Speech Audiometry Using Forehead and Mastoid Placement. *Audiology*, 16(6), 522-529.
17. Esquivel, P., & Zúñiga, J. (2005). Síndrome de dehiscencia del canal semicircular superior. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello*, 65(2), 233-240.
18. Fowler, C., & Shanks, J. (2002). Tympanometry. In J. Katz, *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 175-204). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
19. Gelfand, S. (2009). *Essentials of Audiology*. New York: Thieme.
20. Goetzinger, C., & Weatherston, M. (1971). A Report on Bone Conduction Thresholds at the Mastoid and Forehead in Normals. *Audiology*, 1(10), 23-29.
21. Goldstein, B., & Newman, C. (1999). Clinical Masking: Making Decisions. In J. Katz, *Handbook of Clinical Audiology*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
22. Harrel, R. (2002). Puretone Evaluation. In J. Katz, *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 71-87). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins 5ª Edición.
23. Hodges, M., & McBride, M. (2007). Gender Differences in the Relationship Between Empathy and Forgiveness. *Institute of Industrial Engineers Annual Conference*.
24. Hodges, M., & McBride, M. (2011). Gender differences in bone conduction auditory signal processing: Communication equipment design implications. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1-7.
25. Karimi, A., Arvin, A., Motiee, M., & Khorsandi, M. (2009). Improvement of bone conduction after stapes surgery in otosclerosis patients with mixed hearing loss depending from surgical technique. *Eur Arch Otorhinolaryngol*(266), 1225–1228.
26. Keefe, D., & Feeney, P. (2002). Principles of Acoustic Immitance and Acoustic Transfer Functions. In J. Katz, L. Medwetsky, R. Burkard, & L. Hood, *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 125-156). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
27. Latarjet, M., & Ruiz, A. (2004). *Anatomía Humana, Volumen I*. Buenos Aires: Médica Panamericana 4ª Edición.

28. Lehnhardt, E. (1992). *Práctica de la Audiometría*. Buenos Aires: Médica Panamericana 6ª Edición.
29. López, L. (2010). *Temas de Física*. Alicante: Club Universitario .
30. Margolis, R. (2010). A Few Secrets About Bone Conduction Testing. *The Hearing Journal*, 63(2), 10-17.
31. Martin, F. (1986). *Introduction to Audiology*. New Jersey: Prentice Hall 3ª Edición.
32. McBride, M., Letowski, T., & Tran, P. (2005). Bone Conduction Head Sensitivity Mapping; Bone Vibrator. *U.S. Army Research Laboratory*
33. Merchant, S., & Rosowski, J. (2008). Conductive Hearing Loss Caused by Third-Window Lesions of the Inner Ear. *Otol Neurotol*, 29(3), 282-289.
34. Moore, K., & Dalley, A. (2002). *Anatomía con Orientación Clínica*. Buenos Aires: Médica Panamericana 4ª Edición.
35. Morales, M., & Ventura, J. (1999). Interpretación de una otoscopia normal. *Semergen*, 25(11), 975-976.
36. O'Rahilly, R. (2001). *Anatomía*. México DF: Mc Graw Hill 5º Edición.
37. Paulinelli, B. (2007). *Estudo da Atenuação Interaural da Via Óssea em Pacientes com Perda Auditiva Neurosensorial Unilateral*. Belo Horizonte.
38. Rappaport, J., & Provençal, C. (2002). Neuro-Otology for Audiologists. In J. Katz, *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 9-32). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
39. Roeser, R., & Clark, J. (2007). Pure-Tone Tests. In R. Roeser, M. Valente, & H. Hosford-Dunn, *Audiology Diagnosis* (pp. 238-260). New York: Thieme 2ª Edición.
40. Rosowski, J., & Merchant, S. (2006). Acoustics and Middle Ear Mechanics for Otolaryngology. In T. Van de Water, & H. Steacker, *Otolaryngology: Basic Science and Clinical Review* (pp. 259-274). New York: Thieme.
41. Rouviere, H. (2005). *Anatomía Humana: Descriptiva, Topográfica y Funcional*. Barcelona: Masson 11ª Edición.
42. Saumil, M., Nakajima, H., Halpin, C., Nadol, J., Lee, D., Innis, W., et al. (2007). Clinical Investigation and Mechanism of Air-Bone Gaps in Large Vestibular Aqueduct Syndrome. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 116(7), 532-541.
43. Sebastián, G. (1987). *Audiología Práctica*. Buenos Aires: Médica Panamericana 4ª Edición.

44. Stach, B. (1998). *Clinical Audiology: An Introduction*. San Diego: Singular.
45. Velayos, J. (2001). *Anatomía de la Cabeza con Enfoque Odontoestomatológico*. Madrid: Panamericana 3ª Edición.
46. Vento, B., & Durrant, J. (2009). Assessing Bone Conduction Thresholds in Clinical Practice. In J. Katz, *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 50-63). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins 6ª Edición.
47. Villar, M. (2004). *Otorrinolaringología*. La Habana: Ciencias Médicas 2ª Edición.
48. Wilber, L. (2002). Transducers for Audiologic Testing. In J. Katz, *Handbook of Clinical Audiology* (pp. 88-95). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins 5ª Edición.
49. Zemansky, S., & Freedman, Y. (1999). *Física Universitaria Vol. I*. Juárez: Pearson 9ª Edición.

7. ANEXOS

ANEXO 1

ANAMNESIS

Anamnesis Audiológica

1) Antecedentes Personales

Nombre	:	
Edad	:	
Ocupación	:	
Teléfono	:	
Móvil	:	
Dirección	:	
Correo Electrónico	:	

2) Antecedentes Mórbidos y Otológicos

Otitis	:	
Otalgia	:	
Tinnitus	:	
Hipersensibilidad	:	
Antecedentes ORL	:	
Antecedentes Psiquiátricos	:	
Medicamentos	:	
Alergias	:	
Exposición a Ruido	:	
Tiempo de Exposición	:	
Tipo de Ruido	:	

3) Exploración Otoscópica

Tímpano		CAE	
Normal	:	Tapón Completo	:
Enrojecido	:	Tapón Incompleto	:
Opaco	:	Estenosis	:
Abombado	:	Otomicosis	:
Retraído	:	Otros	:
Perforación	:		
Otros	:		

Fecha: _____

Examinador

ANEXO 2

CONSENTIMIENTO INFORMADO

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,, con RUT:....., he sido debidamente informado(a) acerca de la investigación titulada **“Comparación de los umbrales auditivos de conducción ósea obtenidos a través de la frente y la mastoides”**, en la cual me suscribo libremente, habiéndome notificado previamente de los siguientes aspectos:

1. Que esta investigación corresponde a un proyecto de tesis para optar al título de Fonoaudiólogo en la Universidad de Valparaíso.
2. Que debo seguir de forma rigurosa las indicaciones de los investigadores a cargo para el correcto desarrollo de la investigación.
3. Que todas mis dudas han sido aclaradas por parte de los investigadores a cargo, y que conozco a cabalidad los procedimientos que se llevarán a cabo.

Para constancia, firmo el presente consentimiento informado en la ciudad de Valparaíso de Chile, con fecha.....

FIRMA DEL PACIENTE

FIRMA DEL INVESTIGADOR

ANEXO 3

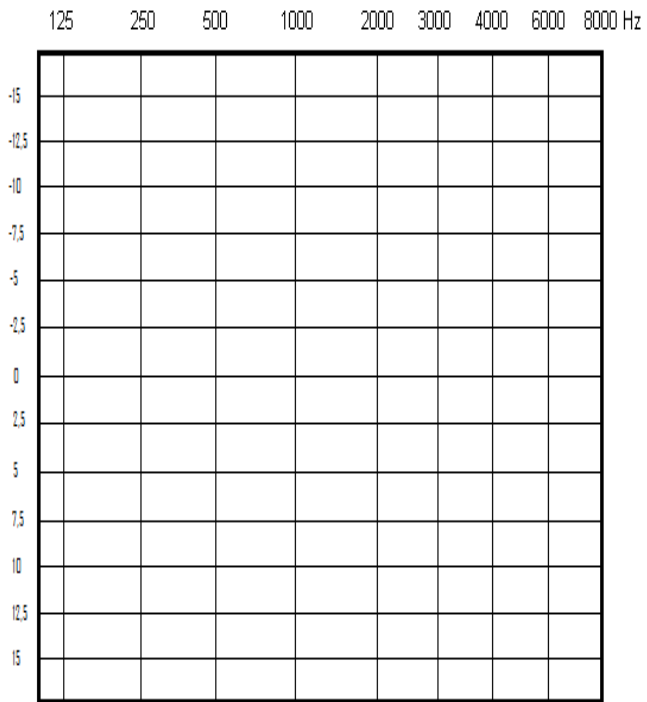
AUDIOGRAMA VÍA ÓSEA ADAPTADO

EXAMEN AUDIOMÉTRICO

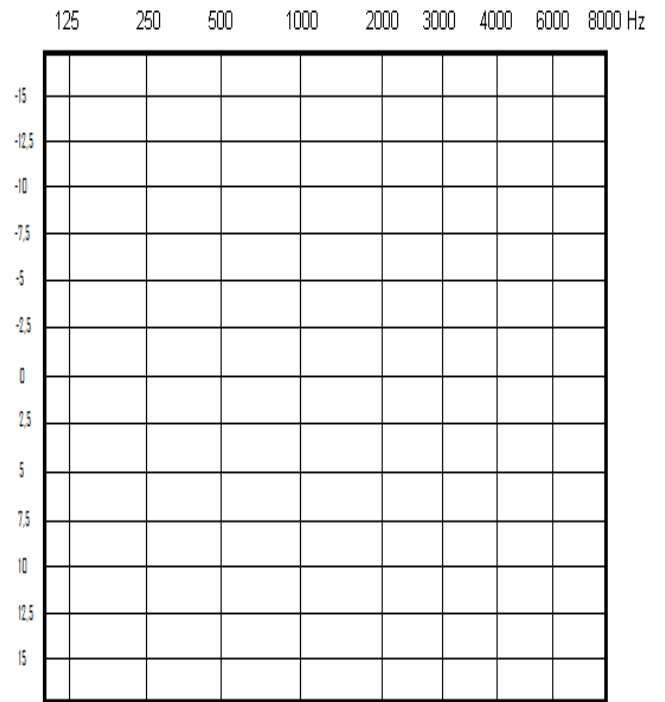
NOMBRE: _____

EDAD : _____

FECHA: _____



Mastoides



Frente

OBSERVACIONES:

Examinador

ANEXO 4

TABLA DE RESULTADOS

Paciente	Mastoides 250 1ra.	Mastoides 250 2da	Mastoides 250 3ra	Frente 250 1ra	Frente 250 2da	Frente 250 3ra
1	7,5	5	2,5	15	12,5	12,5
2	7,5	5	0	20	22,5	20
3	2,5	0	2,5	17,5	12,5	25
4	5	0	2,5	12,5	10	12,5
5	0	0	0	20	12,5	12,5
6	0	0	-2,5	7,5	12,5	15
7	10	7,5	12,5	25	25	22,5
8	2,5	-2,5	0	15	15	25
9	-7,5	-10	-5	15	10	17,5
10	2,5	2,5	5	5	7,5	10
11	2,5	0	5	17,5	15	17,5
12	5	2,5	10	15	17,5	17,5
13	5	7,5	5	17,5	20	22,5
14	-5	5	2,5	10	10	5
15	12,5	12,5	12,5	22,5	20	27,5
16	5	5	5	12,5	17,5	12,5
17	0	0	5	10	10	15
18	0	5	0	22,5	22,5	15
19	7,5	5	12,5	22,5	20	10
20	5	12,5	2,5	17,5	15	17,5
21	7,5	-2,5	-2,5	12,5	7,5	7,5
22	-2,5	-2,5	-5	22,5	15	15
23	-2,5	-7,5	0	20	17,5	20
24	0	5	2,5	20	25	22,5
25	0	0	2,5	12,5	12,5	10
26	7,5	10	10	17,5	15	27,5
27	0	0	7,5	10	17,5	12,5
28	7,5	0	7,5	20	17,5	15
29	0	-2,5	-2,5	0	2,5	5
30	-2,5	-10	-5	15	10	10
31	10	5	12,5	22,5	20	20
32	-10	-5	-7,5	15	20	17,5
33	12,5	7,5	12,5	25	25	25
34	-5	-5	5	20	17,5	20
35	5	2,5	10	20	22,5	22,5
36	2,5	-2,5	-2,5	12,5	10	7,5
37	2,5	7,5	7,5	15	17,5	17,5

38	2,5	2,5	7,5	15	12,5	17,5
39	2,5	-2,5	7,5	17,5	20	17,5
40	2,5	-2,5	2,5	15	10	10
41	5	0	-2,5	10	5	5
42	2,5	0	5	7,5	2,5	5
43	7,5	7,5	0	15	20	17,5
44	5	-2,5	0	17,5	5	7,5
45	5	2,5	7,5	15	15	7,5
46	2,5	2,5	5	12,5	12,5	15
47	7,5	7,5	10	17,5	20	15
48	0	2,5	2,5	15	15	15
49	5	-5	2,5	20	20	25
50	5	2,5	0	10	12,5	7,5
51	7,5	12,5	17,5	27,5	30	30
52	0	5	0	17,5	22,5	20
53	2,5	0	5	22,5	17,5	17,5
54	2,5	5	2,5	5	20	17,5
55	12,5	10	12,5	25	20	27,5
56	7,5	5	5	12,5	10	10
57	5	0	12,5	17,5	17,5	17,5
58	0	0	2,5	20	20	15
59	12,5	5	5	17,5	22,5	25
60	12,5	15	15	32,5	27,5	30
61	15	15	15	37,5	30	30
62	7,5	12,5	7,5	22,5	22,5	20
63	-2,5	2,5	7,5	10	15	15
64	10	5	10	10	12,5	15
65	7,5	0	7,5	17,5	17,5	10
66	5	5	-2,5	20	12,5	15
67	7,5	5	0	20	12,5	12,5
68	5	2,5	2,5	25	20	20

Paciente	Mastoides 500 1ra.	Mastoides 500 2da	Mastoides 500 3ra	Frente 500 1ra	Frente 500 2da	Frente 500 3ra
1	2,5	5	12,5	17,5	15	15
2	2,5	2,5	-5	10	7,5	7,5
3	0	-5	0	7,5	5	5
4	5	2,5	0	7,5	5	7,5
5	0	-7,5	-2,5	7,5	0	0
6	-7,5	-5	-5	-2,5	-2,5	0

7	-5	-5	-5	12,5	10	12,5
8	-10	-10	-7,5	7,5	7,5	7,5
9	-10	-5	-2,5	-2,5	0	0
10	0	5	0	7,5	7,5	17,5
11	-2,5	0	-5	5	5	5
12	-2,5	2,5	5	0	0	5
13	2,5	2,5	-10	12,5	7,5	15
14	-7,5	-10	-5	-10	-10	0
15	-10	-2,5	2,5	12,5	12,5	10
16	2,5	5	-2,5	5	12,5	10
17	-5	-5	-7,5	5	2,5	7,5
18	-2,5	5	-7,5	0	2,5	5
19	-2,5	2,5	0	17,5	12,5	17,5
20	5	0	-10	7,5	10	5
21	2,5	5	-2,5	7,5	2,5	0
22	0	-5	0	7,5	5	5
23	0	-2,5	0	10	10	10
24	5	5	10	15	12,5	12,5
25	2,5	2,5	-2,5	0	5	7,5
26	-7,5	-5	-5	2,5	2,5	7,5
27	7,5	-7,5	0	5	10	2,5
28	-2,5	-5	-7,5	12,5	7,5	7,5
29	-10	-10	-10	0	0	10
30	-2,5	-5	-2,5	2,5	2,5	7,5
31	2,5	-2,5	-2,5	7,5	5	5
32	0	-7,5	-2,5	2,5	10	7,5
33	5	-7,5	-5	2,5	2,5	7,5
34	-7,5	-10	5	10	10	5
35	-7,5	-7,5	-2,5	10	7,5	7,5
36	7,5	7,5	0	12,5	17,5	17,5
37	-10	-7,5	0	-2,5	-2,5	5
38	10	7,5	2,5	12,5	15	15
39	0	-2,5	-2,5	10	12,5	5
40	-5	-10	-5	-2,5	-5	0
41	0	-5	-7,5	7,5	0	0
42	-7,5	-2,5	-2,5	5	7,5	10
43	2,5	-2,5	2,5	7,5	5	2,5
44	-2,5	-10	-10	0	-5	-2,5
45	-5	-7,5	-10	0	2,5	-7,5
46	-2,5	0	2,5	2,5	0	7,5
47	0	0	-2,5	12,5	15	10
48	-2,5	-5	-2,5	0	-2,5	-5
49	0	-5	0	2,5	2,5	10

50	-2,5	-5	2,5	2,5	2,5	7,5
51	5	7,5	5	10	10	12,5
52	-7,5	-5	-7,5	2,5	5	0
53	-10	-10	-7,5	5	7,5	7,5
54	-2,5	2,5	0	2,5	5	10
55	7,5	7,5	5	15	20	17,5
56	-10	-7,5	-10	7,5	5	7,5
57	2,5	-7,5	15	12,5	15	7,5
58	2,5	0	2,5	12,5	20	10
59	-7,5	2,5	-5	5	12,5	12,5
60	0	0	2,5	10	10	10
61	5	-2,5	2,5	15	12,5	15
62	5	7,5	7,5	12,5	7,5	10
63	-5	-7,5	-5	-5	0	2,5
64	-7,5	-10	-2,5	5	5	2,5
65	0	-7,5	-7,5	10	7,5	2,5
66	-5	-7,5	-7,5	5	15	5
67	0	2,5	-2,5	2,5	2,5	0
68	2,5	5	5	20	15	15

Paciente	Mastoides 1000 1ra.	Mastoides 1000 2da	Mastoides 1000 3ra	Frente 1000 1ra	Frente 1000 2da	Frente 1000 3ra
1	7,5	7,5	7,5	17,5	20	15
2	15	12,5	5	15	12,5	17,5
3	10	7,5	2,5	10	10	5
4	10	10	7,5	17,5	15	17,5
5	5	5	2,5	5	10	7,5
6	5	15	5	12,5	15	22,5
7	0	-2,5	2,5	5	5	5
8	-2,5	-5	0	0	2,5	7,5
9	5	0	5	10	10	17,5
10	0	0	5	7,5	5	12,5
11	2,5	7,5	10	7,5	7,5	12,5
12	2,5	0	2,5	5	5	7,5
13	15	15	22,5	25	12,5	20
14	-5	0	-5	15	15	10
15	0	5	2,5	17,5	12,5	35
16	-5	2,5	0	15	17,5	15
17	0	-2,5	0	5	5	2,5
18	7,5	2,5	2,5	15	15	12,5

19	17,5	5	17,5	17,5	12,5	15
20	5	5	2,5	20	20	17,5
21	2,5	2,5	-2,5	0	0	2,5
22	12,5	2,5	15	17,5	7,5	15
23	-2,5	-5	0	10	12,5	17,5
24	5	2,5	2,5	10	10	7,5
25	2,5	0	0	12,5	15	15
26	-2,5	2,5	0	2,5	5	15
27	0	-7,5	-2,5	2,5	7,5	2,5
28	-7,5	-7,5	-10	5	2,5	2,5
29	-10	-7,5	-5	0	0	10
30	10	2,5	15	7,5	5	12,5
31	-2,5	-7,5	-2,5	5	5	7,5
32	10	2,5	0	10	12,5	7,5
33	5	2,5	7,5	7,5	10	10
34	5	2,5	7,5	10	10	10
35	12,5	15	12,5	22,5	25	27,5
36	10	12,5	2,5	15	15	12,5
37	0	0	2,5	0	5	2,5
38	5	5	7,5	17,5	12,5	20
39	12,5	7,5	2,5	15	15	15
40	15	7,5	15	15	10	10
41	2,5	-5	5	5	2,5	5
42	0	5	0	10	7,5	5
43	-10	-7,5	-5	-2,5	5	2,5
44	2,5	-2,5	-10	5	0	-5
45	-2,5	-7,5	-2,5	10	5	10
46	-5	-5	5	2,5	2,5	5
47	2,5	5	7,5	12,5	12,5	12,5
48	-2,5	-7,5	-5	-7,5	-2,5	-5
49	-2,5	2,5	-2,5	-2,5	0	2,5
50	2,5	2,5	0	2,5	-2,5	2,5
51	5	0	5	7,5	2,5	10
52	2,5	-5	0	5	0	2,5
53	0	-5	-2,5	15	17,5	17,5
54	5	7,5	5	7,5	12,5	12,5
55	5	5	7,5	20	25	20
56	-2,5	-2,5	-7,5	7,5	10	2,5
57	-7,5	-7,5	-2,5	10	15	12,5
58	10	10	15	10	12,5	17,5
59	2,5	0	2,5	10	15	15
60	15	7,5	7,5	15	7,5	10
61	7,5	5	10	12,5	15	12,5

62	2,5	5	7,5	10	15	12,5
63	7,5	10	10	5	10	10
64	0	0	2,5	12,5	15	20
65	5	0	5	22,5	20	15
66	7,5	7,5	5	10	12,5	5
67	15	15	10	12,5	12,5	7,5
68	7,5	5	5	15	10	10

Paciente	Mastoides 2000 1ra.	Mastoides 2000 2da	Mastoides 2000 3ra	Frente 2000 1ra	Frente 2000 2da	Frente 2000 3ra
1	5	5	10	20	15	12,5
2	7,5	15	7,5	7,5	12,5	12,5
3	-5	-7,5	-5	0	0	7,5
4	0	-2,5	-7,5	-2,5	2,5	0
5	10	7,5	7,5	5	5	7,5
6	0	0	0	5	2,5	7,5
7	2,5	0	5	12,5	20	20
8	-7,5	-10	2,5	17,5	15	15
9	-5	-10	-5	-5	0	5
10	15	15	7,5	22,5	20	20
11	2,5	0	0	5	2,5	5
12	-2,5	-2,5	2,5	-2,5	-2,5	2,5
13	7,5	15	5	12,5	17,5	27,5
14	-10	-5	-5	17,5	12,5	17,5
15	-7,5	-10	-7,5	12,5	15	17,5
16	-2,5	5	0	25	10	10
17	0	5	-2,5	2,5	10	7,5
18	0	0	2,5	0	7,5	5
19	10	5	7,5	15	17,5	17,5
20	2,5	5	-5	20	15	12,5
21	2,5	10	5	10	12,5	7,5
22	5	2,5	5	-2,5	0	2,5
23	-7,5	-7,5	-7,5	2,5	5	2,5
24	7,5	7,5	10	15	20	17,5
25	0	2,5	-2,5	12,5	12,5	12,5
26	0	-2,5	2,5	5	7,5	12,5
27	2,5	-10	0	2,5	2,5	5
28	-5	-10	-10	2,5	-10	0
29	-7,5	7,5	2,5	17,5	20	20
30	5	-7,5	2,5	7,5	7,5	10

31	5	-2,5	0	2,5	2,5	2,5
32	-5	-5	0	2,5	12,5	12,5
33	-2,5	-5	-7,5	2,5	5	5
34	7,5	2,5	10	10	20	15
35	2,5	2,5	7,5	10	7,5	17,5
36	7,5	7,5	5	20	15	17,5
37	0	0	2,5	7,5	12,5	2,5
38	10	10	10	10	15	12,5
39	5	0	2,5	12,5	17,5	15
40	7,5	0	5	5	10	10
41	-2,5	-5	-5	5	0	5
42	2,5	12,5	5	15	12,5	10
43	-2,5	-5	-2,5	-2,5	-5	0
44	-10	-2,5	-2,5	0	-2,5	7,5
45	5	5	2,5	10	7,5	7,5
46	-2,5	-5	0	5	2,5	0
47	2,5	0	2,5	7,5	10	10
48	0	-5	-7,5	-2,5	-2,5	-5
49	-10	-2,5	-7,5	-5	-2,5	5
50	0	-10	-7,5	-5	-2,5	2,5
51	5	5	7,5	12,5	10	17,5
52	-2,5	-10	-7,5	0	10	5
53	2,5	-5	0	15	22,5	20
54	-10	-7,5	-2,5	2,5	2,5	7,5
55	-2,5	2,5	5	5	2,5	5
56	-10	-10	-10	-7,5	-7,5	-7,5
57	-2,5	-7,5	10	15	17,5	12,5
58	0	0	5	7,5	7,5	12,5
59	2,5	-2,5	5	7,5	7,5	15
60	2,5	-5	5	17,5	10	20
61	5	-2,5	5	7,5	0	5
62	-2,5	-2,5	-2,5	10	10	2,5
63	2,5	0	2,5	0	10	5
64	0	2,5	-5	5	2,5	10
65	0	-2,5	2,5	17,5	15	15
66	0	0	-5	12,5	10	10
67	5	2,5	2,5	7,5	7,5	7,5
68	-5	-7,5	-7,5	10	10	10

Paciente	Mastoides 3000 1ra.	Mastoides 3000 2da	Mastoides 3000 3ra	Frente 3000 1ra	Frente 3000 2da	Frente 3000 3ra
1	0	0	5	15	12,5	10
2	7,5	5	7,5	22,5	15	20
3	0	0	5	22,5	15	25
4	2,5	0	2,5	2,5	5	7,5
5	-2,5	0	-5	5	7,5	10
6	5	2,5	-2,5	10	7,5	7,5
7	-5	-5	-5	17,5	20	15
8	-2,5	-2,5	2,5	10	5	10
9	-7,5	0	-5	15	10	12,5
10	15	15	22,5	25	35	35
11	-2,5	-5	-2,5	0	-2,5	2,5
12	-5	-5	-5	0	0	5
13	2,5	2,5	0	25	12,5	12,5
14	-10	-5	0	7,5	7,5	12,5
15	-2,5	-2,5	-5	5	10	15
16	0	0	0	20	10	15
17	-10	-5	-5	5	7,5	10
18	-2,5	-2,5	2,5	5	12,5	12,5
19	5	2,5	5	12,5	12,5	15
20	0	0	-2,5	7,5	10	5
21	0	0	-2,5	5	7,5	2,5
22	0	2,5	-2,5	12,5	17,5	15
23	-7,5	-5	-7,5	2,5	10	5
24	-2,5	-2,5	-5	12,5	12,5	17,5
25	2,5	2,5	5	15	15	17,5
26	5	2,5	2,5	20	17,5	20
27	-2,5	-5	2,5	0	2,5	0
28	-10	-10	-10	2,5	-10	-7,5
29	-7,5	-5	-5	0	-2,5	10
30	-2,5	-5	-7,5	2,5	0	7,5
31	2,5	0	5	25	15	22,5
32	-5	-10	-2,5	10	5	5
33	5	2,5	5	10	15	17,5
34	2,5	0	5	2,5	2,5	5
35	-5	-7,5	-2,5	2,5	10	7,5
36	-2,5	-2,5	2,5	7,5	5	5
37	7,5	5	-7,5	30	30	22,5
38	2,5	15	10	5	12,5	10
39	2,5	0	0	12,5	12,5	10
40	0	-2,5	0	17,5	7,5	5

41	-2,5	-2,5	-2,5	15	2,5	17,5
42	2,5	5	7,5	20	12,5	20
43	-7,5	-10	-5	0	0	0
44	0	-5	-2,5	2,5	0	-2,5
45	2,5	-2,5	-2,5	15	10	12,5
46	0	-2,5	0	10	7,5	0
47	-5	2,5	-5	12,5	10	10
48	0	-2,5	-5	5	10	10
49	0	-5	0	10	5	12,5
50	-2,5	-5	-5	7,5	7,5	5
51	-7,5	-7,5	-2,5	5	0	5
52	-2,5	-5	-5	10	5	7,5
53	-2,5	0	0	15	10	10
54	-5	0	0	5	5	2,5
55	15	12,5	12,5	10	12,5	15
56	-7,5	-10	-7,5	-2,5	-2,5	-2,5
57	-5	-10	0	12,5	15	10
58	-2,5	0	2,5	7,5	5	10
59	-5	-7,5	-5	5	0	5
60	-5	-7,5	0	10	5	15
61	7,5	-5	0	15	5	10
62	-5	-2,5	-5	5	5	0
63	5	2,5	7,5	20	22,5	12,5
64	-7,5	-7,5	-5	-2,5	5	5
65	2,5	-5	-7,5	10	17,5	5
66	10	5	10	20	22,5	20
67	15	15	10	15	15	10
68	2,5	-5	-5	25	22,5	25

Paciente	Mastoides 4000 1ra.	Mastoides 4000 2da	Mastoides 4000 3ra	Frente 4000 1ra	Frente 4000 2da	Frente 4000 3ra
1	-2,5	0	-2,5	-2,5	2,5	2,5
2	2,5	10	2,5	12,5	12,5	20
3	0	-5	-5	10	5	7,5
4	-5	-7,5	-10	-2,5	-5	-2,5
5	-10	-10	-10	-5	-10	-5
6	-5	-7,5	-2,5	0	0	0
7	-7,5	-10	-10	-5	0	0
8	-10	-10	-7,5	7,5	2,5	7,5
9	-10	-10	-7,5	7,5	10	12,5

10	0	5	2,5	0	0	10
11	-10	-10	-10	-10	-10	-10
12	-5	-10	-5	-5	0	-2,5
13	0	2,5	-5	7,5	5	7,5
14	-10	-10	-10	-5	0	0
15	-10	-10	-10	-5	-5	0
16	-10	-10	-10	0	-2,5	2,5
17	-10	-7,5	-10	0	5	0
18	-10	-7,5	-10	-5	2,5	5
19	-5	-10	-7,5	-5	-5	-5
20	-2,5	-7,5	-10	2,5	0	-7,5
21	-10	-10	-10	5	2,5	7,5
22	-10	-7,5	-10	-2,5	0	-2,5
23	-10	-10	-10	-2,5	5	0
24	-5	-5	-10	10	0	2,5
25	-5	-7,5	-5	5	5	7,5
26	2,5	2,5	0	5	5	7,5
27	-7,5	-10	-5	-2,5	5	0
28	-10	-7,5	-10	-10	-10	-10
29	-10	-10	-10	-10	0	2,5
30	-10	-10	-10	-7,5	-5	-5
31	-10	-10	-10	5	2,5	5
32	-10	-10	-10	5	-5	-5
33	-2,5	-7,5	-10	0	0	2,5
34	-10	-10	-2,5	-2,5	0	0
35	-10	-10	-10	-7,5	-2,5	-5
36	-10	-10	-10	-7,5	-5	-5
37	-7,5	-2,5	-7,5	-2,5	5	2,5
38	-7,5	2,5	-5	-5	5	0
39	-7,5	-10	-10	0	-2,5	0
40	-10	-7,5	-10	-2,5	-5	-5
41	-7,5	-10	-10	2,5	-5	5
42	-2,5	-7,5	-7,5	0	-2,5	-7,5
43	-10	-10	-10	-10	-10	-7,5
44	-10	-10	-10	-2,5	-5	0
45	-10	-10	-10	-2,5	-7,5	-2,5
46	-10	-10	-7,5	2,5	5	-2,5
47	-10	-2,5	-2,5	7,5	2,5	7,5
48	-10	-10	-10	-7,5	-5	2,5
49	-10	-10	-10	-10	0	-5
50	-10	-7,5	-10	0	-5	5
51	-10	-10	-10	-10	-7,5	-7,5
52	-10	-10	-10	-7,5	-5	-2,5

53	-10	-10	-10	0	-7,5	-2,5
54	2,5	-2,5	7,5	7,5	5	7,5
55	-10	-7,5	-2,5	-5	-7,5	-7,5
56	-5	-10	-2,5	0	-7,5	-2,5
57	-7,5	-10	-10	-5	-2,5	-7,5
58	-7,5	-10	-7,5	-7,5	-7,5	-2,5
59	-10	-7,5	-5	-5	-2,5	-2,5
60	-10	-10	-7,5	-5	-2,5	2,5
61	-10	-10	-10	0	-2,5	-2,5
62	-7,5	-7,5	-10	2,5	0	-2,5
63	-2,5	2,5	-7,5	5	12,5	7,5
64	-10	-10	-10	-10	-10	-10
65	-2,5	-7,5	0	7,5	0	-2,5
66	-10	-10	-10	5	5	7,5
67	-5	-10	-5	-2,5	0	0
68	-10	-10	-10	-2,5	-2,5	-2,5