UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

“ENFERMEDADES OCUPACIONALES AUDITIVAS”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE

SOFIA GIULIANA ARCA PEREZ

LIMA – PERÚ

2024

ASESOR

Mg. Urday Pareja Maria Alejandra

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. MAEG ARRIOLA ESCALANTE

PRESIDENTE

DR. PABLO GUTIÉRREZ FALCON

VOCAL

MG. JESÚS SANTIANI ACOSTA

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A mi esposo, por ser siempre mi gran apoyo.

A mi hijo, por ser mi motivación.

A mi padre, por enseñarme a la perseverancia.

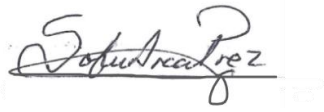
AGRADECIMIENTOS.

A mi familia y amigos por su apoyo

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación Autofinanciado

DECLARACIÓN DE AUTOR			
FECHA	08	SETIEMBRE	2024
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO	ARCA PÉREZ SOFIA GIULIANA		
PROGRAMA DE POSGRADO	MAESTRÍA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE		
AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS	2023		
TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO	“ENFERMEDADES OCUPACIONALES AUDITIVAS”		
MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO	Portafolio		
Declaración del Autor El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.			
Teléfono de contacto (fijo / móvil)	993636937		
E-mail	Sofiana2385@gmail.com		



_____

Firma del Egresado
DNI 43473436

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

I. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS 1

1.1. FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN 1

1.1.1. ANATOMÍA DEL OÍDO 1

1.1.2. FUNCIONAMIENTO DEL OIDO 6

1.1.3. VÍA AUDITIVA CENTRAL 15

1.1.4. CORTEZA AUDITIVA 18

1.1.5. ÓRGANO VESTIBULAR 20

1.2. DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES OCUPACIONALES AUDITIVAS 24

1.2.1. DEFINICIÓN DE ENFERMEDAD OCUPACIONAL 24

1.2.2. DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDAD OCUPACIONAL 26

1.2.3. LISTA DE ENFERMEDADES OCUPACIONALES 29

1.2.4. HIPOACUSIA AUDITIVA COMO ENFERMEDAD PROFESIONAL 31

1.2.5. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES OCUPACIONALES AUDITIVAS 34

1.2.6. PREVALENCIA E INCIDENCIA DE ENFERMEDADES AUDITIVAS OCUPACIONALES 49

1.2.7. VIGILANCIA MÉDICO OCUPACIONAL EN EL TRABAJADOR EXPUESTO A RUIDO 51

1.3. DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD AUDITIVA PARA EL TRABAJO 53

1.3.1. DEFINICION DE DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD 53

1.3.2. DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD AUDITVA 59
1.3.3. ESTADÍSTICAS SOBRE DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD AUDITIVA OCUPACIONAL 61
1.3.4. VALORACIÓN DE DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD AUDITIVA 68
1.3.5. IMPACTO DE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES 76
II. CONCLUSIONES 77
III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 80

RESUMEN

Las enfermedades auditivas ocupacionales son una de las patologías más importantes derivadas de la exposición a riesgos laborales, que pueden incluir a los ototóxicos como los disolventes industriales, así como la exposición al ruido. Sin embargo, la más frecuente y reconocida tanto por la Organización Internacional del Trabajo como por la regulación peruana, la RM 480-2008-MINSA, que comprende el Listado de Enfermedades Profesionales en Perú, es la hipoacusia inducida por ruido.

Según la Organización Panamericana de la Salud, aproximadamente el 17% de los trabajadores en el mundo cuentan con un diagnóstico de hipoacusia inducida por ruido mientras cumplen una jornada laboral de 40 horas, 8 horas diarias, 5 días a la semana, con un tiempo de evolución de 10 a 15 años. Para su diagnóstico contamos con diversos métodos que van desde la entrevista, las acumetrías, los potenciales evocados, la impedancia, etc. El método más utilizado, aunque considerado subjetivo, ya que es dependiente de la colaboración de la persona evaluada y de la destreza del evaluador, es la audiometría.

En Perú, no contamos con una estadística general de enfermedades auditivas ocupacionales, pero el Ministerio de Energía y Minas nos refiere según su data que la hipoacusia inducida por ruido es la enfermedad con origen laboral más frecuente en los últimos 10 años en el rubro minero

Los criterios para el diagnóstico de hipoacusia inducida por ruido incluyen que sea una hipoacusia neurosensorial, bilateral, con afectación inicial de las frecuencias altas (3000, 4000 o 6000Hz) y una posterior recuperación en 8000Hz, pero con el

tiempo, si continúa la exposición a ruido, se ven comprometidas las frecuencias aledañas volviéndose irreversible.

Por ello, es importante realizar una adecuada vigilancia médico ocupacional en los trabajadores expuestos: revisando sus antecedentes laborales, donde debemos plasmar en la historia clínica si es que se han visto previamente expuestos a ruido o solventes y si cuentan con alguna comorbilidad, también mediante exámenes complementarios como aplicar una audiometría inicial en su evaluación preocupacional y audiometrías de control periódicas según su exposición, estando atentos a posibles síntomas tempranos de hipoacusia, como el tinnitus, la hiperacusia, la algiacusia y el vértigo.

Es esencial implementar controles administrativos, de ingeniería y el uso de equipos de protección personal adecuados para reducir el riesgo de exposición al ruido y ototóxicos, sensibilizando tanto a los trabajadores como a los empleadores sobre las posibles consecuencias asociadas.

Se considera una pérdida auditiva discapacitante cuando la disminución de la audición supera los 35dB en el oído con mejor capacidad auditiva. En Perú, no existe una distinción clara entre incapacidad y discapacidad laboral, lo que puede afectar a los trabajadores en cuanto a sus derechos a la reinserción laboral e indemnización.

Este trabajo realiza una revisión de los últimos 10 años, dividida en tres capítulos sobre anatomía y fisiología de la audición, diagnóstico de enfermedades auditivas ocupacionales con sus diferentes métodos, con un énfasis especial en la audiometría, y una visión sobre la discapacidad e incapacidad auditiva, utilizando

el método de valoración de incapacidad propuesto por la Organización Mundial de la Salud.

Algunas limitaciones encontradas para esta revisión incluyen la escasa estadística disponible en Perú sobre enfermedades auditivas ocupacionales y sobre discapacidad e incapacidad auditiva, así como la falta de distinción entre incapacidad y discapacidad, lo que perjudica a los trabajadores.

PALABRAS CLAVES:

ENFERMEDAD AUDITIVA OCUPACIONAL, HIPOACUSIA INDUCIDA POR RUIDO, AUDIOMETRÍA, DISCAPACIDAD AUDITIVA.

ABSTRACT

Occupational hearing disorders are among the most significant pathologies resulting from exposure to workplace hazards, which may include ototoxic substances such as industrial solvents, as well as noise exposure. However, the most common and recognized condition, according to both the International Labour Organization and RM 480-2008-MINSA, which lists occupational diseases in Peru, is noise-induced hearing loss.

According to the Pan American Health Organization, approximately 17% of workers worldwide have a diagnosis of noise-induced hearing loss while working a 40-hour week, 8 hours a day, 5 days a week, with a progression time of 10 to 15 years. Several diagnostic methods are available, including interviews, tuning fork tests, evoked potentials, and impedance tests. The most commonly used method, though considered subjective due to reliance on patient cooperation and evaluator skill, is audiometry.

In Peru, there is no general statistic on occupational hearing disorders, but data from the Ministry of Energy and Mines indicate that noise-induced hearing loss has been the most frequent work-related disease in the mining sector over the past 10 years.

Diagnostic criteria for noise-induced hearing loss include sensorineural hearing loss, bilateral involvement, initially affecting high frequencies (3000, 4000, or 6000 Hz) with subsequent recovery at 8000 Hz, but continued exposure to noise can cause neighboring frequencies to become affected, leading to irreversible damage.

Therefore, it is essential to conduct proper occupational medical monitoring for exposed workers by reviewing their work history, previous exposure to noise or solvents, and any comorbidities. Complementary exams such as initial audiometry during pre-employment evaluation and periodic audiometry based on exposure are crucial, while also monitoring for early symptoms of hearing loss, such as tinnitus, hyperacusis, pain, and vertigo.

It is essential to implement administrative and engineering controls and use appropriate personal protective equipment to reduce the risk of noise and ototoxic exposure, raising awareness among workers and employers about potential associated consequences.

Hearing loss is considered disabling when the hearing loss exceeds 35 dB in the ear with better auditory capacity. In Peru, there is no clear distinction between occupational incapacity and disability, which can affect workers' rights to job reintegration and compensation.

This study reviews the past 10 years, divided into three chapters on the anatomy and physiology of hearing, the diagnosis of occupational hearing disorders with various methods (with a special emphasis on audiometry), and a perspective on hearing disability and incapacity using the disability assessment method proposed by the World Health Organization.

Some limitations in this review include the lack of available statistics in Peru on occupational hearing disorders and hearing disability/incapacity, as well as the lack of distinction between incapacity and disability, which disadvantages workers.

KEYWORDS: OCCUPATIONAL HEARING DISORDER, NOISE-INDUCED HEARING LOSS, AUDIOMETRY, HEARING DISABILITY.

I. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

1.1. FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN

1.1.1. ANATOMÍA DEL OÍDO

El órgano de recepción de la audición es el oído, el cual se sitúa en el hueso temporal, a ambos lados del cráneo (1). El oído se divide en tres porciones: el oído externo, el oído medio y el oído interno. El oído externo y el oído medio son los que captan a las ondas del sonido y las dirigen al oído interno, en donde estimulan a los receptores del nervio coclear (2).

1.1.1.1. OIDO EXTERNO

Subdividido en pabellón auricular y conducto auditivo externo:

Pabellón auricular

También llamado oreja, situado detrás de la región parotídea y de la articulación temporomandibular, delante de la región mastoidea y, debajo del hueso temporal (2); está compuesto por cartílago, encontrándose unido al hueso mastoideo por ligamentos y músculos; tiene además una forma de pantalla que le permite guiar las ondas sonoras al conducto auditivo externo. La parte inferior del pabellón auricular está constituida por el lóbulo auricular, el cual no contiene cartílago (1) La irrigación la otorgan ramas de las arterias auricular posterior y, temporal superficial. Con respecto a la inervación motora, tiene origen en el nervio facial y, la inervación sensitiva la otorgan el nervio auriculotemporal (también llamado temporal superficial) que se encarga de la zona anterior del hélix y el trago y, el resto del pabellón auricular lo inerva el plexo cervical superficial, con su rama mayor (2).

Conducto auditivo externo

Es el conducto que conecta el pabellón auricular con el oído medio y abarca desde la concha auricular hasta la membrana del tímpano, siendo recubierto por una extensión del revestimiento de la piel de la oreja. Su largo es de 25 mm con un diámetro de 8mm en su zona más amplia y 6mm en su diámetro menor. Su eje se encuentra dispuesto de detrás a adelante y de abajo hacia arriba constituyendo sobre el eje transversal un ángulo de 30°, sin tratarse de un conducto recto, sino que sigue una línea en forma de S. Está compuesto por dos porciones: una porción fibrocartilaginosa, que es una continuación del cartílago del pabellón auricular y constituye la tercera parte del conducto, siendo la más externa, se encuentra conformada por mayor cantidad de folículos pilosos, glándulas sebáceas y productoras de cerumen, para proteger el oído de cualquier posible agente externo que pueda dañarlo (1), se encuentra irrigada de igual forma que la oreja por la arteria auricular posterior y, ramas de la arteria temporal superficial y de la arteria auricular posterior, se inerva mediante la rama auricular mayor del plexo cervical; también se encuentra la porción ósea, que abarca los dos tercios internos del conducto y está conformada en su zona superior por la región escamosa del hueso temporal y, tanto en su parte posterior, inferior y anterior por el conducto timpánico en el hueso temporal, esta porción la irriga la arteria timpánica anterior y está inervada por el nervio auriculotemporal y la rama sensitiva perteneciente al nervio facial (2).

1.1.1.2. OIDO MEDIO

Se consideran tres partes: La cavidad timpánica, la trompa de Eustaquio y las celdas mastoideas. Está inervado por ramas del nervio facial e irrigado por las siguientes

arterias: Arteria timpánica anterior, Arteria timpánica superior y arteria petrosa superficial, Arteria de la trompa de Eustaquio, Arteria mastoidea, Arteria carotidotimpánica, Arteria de la fosa subarcuata (1).

Cavidad timpánica

Tiene forma de hexágono y alberga al tímpano y a la cadena de huesecillos.

Membrana timpánica

es un tejido fibroso, elástico, flexible, fino, de configuración circular, con un aproximado de 9 mm de diámetro anteroposterior y 10 mm vertical, es de color gris perlado semitransparente con una zona denominada cono luminoso y se distingue cóncava a la otoscopía (2). A su vez cuenta con una porción inferior denominada pars tensa que alberga fibras elásticas y con colágeno que le da la resistencia necesaria para soportar las variaciones de presión que ocurren en el oído medio y, una porción superior más débil llamada pars flácida que contribuye a que desista a las presiones negativas que resultan en la cavidad timpánica. Se distingue también la inserción en el mango del martillo, en cuyo final se ubica el ombligo en donde confluyen las fibras elásticas (1).

Cadena de huesecillos

También denominada cadena osicular, se conforma por el martillo, yunque y estribo, con sus respectivas articulaciones, ligamentos y músculos. El martillo se inserta a la membrana del tímpano mediante el mango y, se articula con el yunque a través de la apófisis externa de su cabeza. El músculo del martillo se inserta a nivel de la cara superior del mango. El yunque, conformado por el cuerpo, el cual se articula con el martillo, una apófisis corta y, una apófisis larga que se une con el estribo. El estribo contiene una cabeza que se articula con el yunque y contiene la

inserción de su propio músculo, denominado músculo del estribo, y también cuenta con la llamada platina, la cual se conecta con la ventana oval (1).

Celdas mastoideas

Son pequeñas cámaras correspondientes a extensiones de la cavidad timpánica que se insertan en la zona mastoidea del hueso temporal. Visto de adelante hacia atrás desde la cavidad timpánica, nos encontramos en primer lugar con un corredor óseo que nos lleva al antro mastoideo que constituye la celda de mayor tamaño, culminando en celdas más pequeñas que se insertan más profundamente y conforman las celdas mastoideas (2).

Trompa de Eustaquio

Es un canal que conecta a la cavidad timpánica con la nasofaringe, que usualmente permanece cerrada hasta que se produce la deglución, bostezos o masticación, mediante lo cual se apertura permitiendo que el aire ingrese a la cavidad timpánica para que exista una igualdad de presión atmosférica en ambas caras de la membrana timpánica, haciendo posible que tenga un funcionamiento óptimo (2,3).

1.1.1.3. OIDO INTERNO

Se ubica en la porción petrosa correspondiente al hueso temporal y se encuentra conformado por el laberinto óseo, en donde se constituye de cavidades óseas intercomunicadas y, por el laberinto membranoso que contiene cavidades con revestimiento membranoso ubicadas en la parte interna del laberinto óseo. Aquí cobra importancia el laberinto membranoso ya que de allí parten las vías nerviosas vestibulococleares que se dirigen a través del conducto auditivo interno hacia el tronco cerebral y, en sus cavidades hallamos a la endolinfa que es rica en Potasio, además existe un espacio que divide a la pared del laberinto óseo y del laberinto

membranoso, el cual es llamado espacio perilinfático, lleno de perilinfa que es rica en Sodio (2). Está dividido además por la cóclea, los otolitos y los conductos semicirculares. La cóclea mediante la membrana de Reissner y la membrana Basilar se subdivide en tres rampas: la rampa vestibular que contiene perilinfa y culmina en la ventana oval que se comunica con el estribo, la rampa timpánica que también contiene perilinfa y que finaliza en la ventana redonda la cual se encuentra sellada a su vez por la región flexible de la membrana timpánica y, la rampa media o coclear media que no tiene comunicación con las otras dos rampas y culmina en el laberinto membranoso (3).

La membrana basilar contiene al órgano de Corti en la base de la cóclea y, aquí se ubican las células ciliadas, las cuales conforman tres filas de células ciliadas externas y una fila de células ciliadas internas, cuyas terminaciones nerviosas atraviesan la lámina reticular (3). La inervación se encuentra a cargo de fibras del nervio auditivo (4). La irrigación la producen ramas de la arteria auricular posterior, ramas de la arteria laberíntica y, por la arteria timpánica inferior (1).

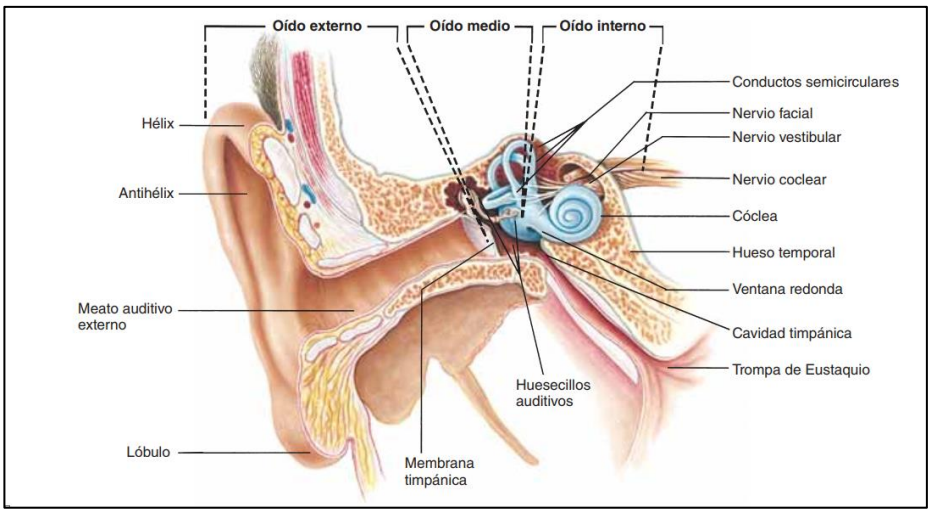


Figura 1. Estructuras de los segmentos externo, medio e interno del oído humano.

Fuente: Ganong fisiología médica (24a. ed.) Barrett, Kim E. McGraw Hill Mexico, Jan 1, 2013.

1.1.2. FUNCIONAMIENTO DEL OIDO

1.1.2.1. EL SONIDO

Definimos el sonido como el efecto de las oscilaciones longitudinales de las moléculas del medio ambiente al tener contacto con la membrana timpánica, lo que se traduce en variaciones de la presión sobre el tímpano conformando ondas sonoras. Cuando hablamos del sonido entendemos los siguientes términos: la intensidad, que está directamente relacionada con la amplitud que genera una onda de sonido y; el tono, que se corresponde directamente con la frecuencia, la que, a su vez, es la cantidad de ondas que se producen por unidad de tiempo. En el tono también influyen la intensidad y la duración del sonido, es decir, cuando hablamos de sonidos menores a 500Hz, los apreciamos como graves o también denominados bajos y, cuando contamos con sonidos mayores a 4000 Hz, los percibimos como agudos o altos; por otro lado, si la duración del sonido es menor a 0.01 segundos, éste no se escucha y, conforme va incrementándose también aumenta el tono. La escala de decibeles es una escala relativa que simboliza a las variaciones de amplitud del sonido, siendo que 0.1 bel se refiere a 1 decibel (dB). La unidad bel es un logaritmo que parte desde el cociente de un sonido estándar y la intensidad del sonido, lo que significa que 0 dB no implica que no exista un sonido, sino que se trata de un grado de sonido con una intensidad que equipara a la del estándar (3). En el oído se produce la transducción del sonido, la cual consiste en transformar la presión del sonido en energía eléctrica y, para que esto se produzca, cada estructura del oído tiene una función específica, siendo importante recordar que tanto el oído externo como el oído medio se encuentran colmados de aire, mientras que el oído interno, el cual contiene al órgano de Corti, ocupa líquido; entonces, para que la

transducción ocurra, las ondas sonoras contenidas en el aire, deben transformarse en ondas de presión en el fluido (5).

1.1.2.2. FUNCIONAMIENTO DEL OIDO EXTERNO

El pabellón auricular, se encarga de proteger el oído y de actuar como altoparlante del sonido por su forma; su cartílago transporta las ondas acústicas hacia el conducto auditivo externo, el cual se encuentra protegido por el trago, el antitrago y su orientación hacia la concha. Los seres humanos no contamos con movilidad del pabellón auricular, a diferencia de otros seres vivos y, contamos con la ubicación de los oídos a ambos lados del cráneo, lo que hace que el sonido llegue a diferente intensidad a cada uno de ellos, el cerebro identifica el origen de la emisión del sonido, mediante la rotación de la cabeza. El conducto auditivo externo tiene dos funciones: dirige hacia el tímpano a las ondas sonoras, las cuales se aplanan en su interior hasta repercutir de forma perpendicular en la membrana timpánica y, también se encarga de proteger el oído medio y al tímpano gracias a su forma, la formación de cerumen y los folículos pilosos que contiene (1).

1.1.2.3. FUNCIONAMIENTO DEL OIDO MEDIO

Cuando la membrana timpánica detecta una vibración sonora, ésta estimula a la cadena osicular en el oído medio, ya que en la inserción del mango del martillo con la membrana timpánica, se ubica el musculo tensor del tímpano y ello hace que esta estructura se mantenga en una tensión constante, además, el martillo y el yunque se encuentran unidos por ligamentos, formando una unidad que estimula al estribo, el cual, por medio de su base, envía una comunicación a través de la ventana oval hacia el interior de la cóclea (4). Estos movimientos son los que producen ondas

en el líquido contenido en el oído interno y, finalmente en el órgano de Corti, produciendo estimulación en las fibras sonoras (3). La contracción del músculo tensor del tímpano jala al martillo hacia el interior y reduce las vibraciones que se producen en la membrana del tímpano, por el contrario, la contracción del musculo del estribo, retrocede al estribo por fuera de la ventana oval (3). Este mecanismo que forman los huesecillos del oído con la membrana timpánica permite un equilibrio de impedancia entre la vibración que produce el sonido sobre el líquido coclear y las ondas sonoras del aire; lo que protege al oído interno de sonidos intensos y permite su adaptabilidad a las diversas frecuencias sonoras (4), es importante tomar en cuenta para entender este mecanismo, que la impedancia acústica del líquido es supera a la del aire (5). Si existe una alteración en la cadena de huesecillos y también en la membrana del tímpano, entonces aún pueden transmitirse ondas de sonido a través del aire que permanece en el oído medio hacia la ventana oval, aunque con 15 a 20 dB menos que en la vía normal, lo que reduce la percepción de la voz a niveles casi imperceptibles (1).

1.1.2.4. FUNCIONAMIENTO DEL OIDO INTERNO

La cóclea es la estructura que se encarga de recibir los estímulos producidos en el oído medio y, su forma determina la distribución tonotópica del sonido a lo largo de ella, lo que significa un primer procesamiento de la entrada del sonido con su posterior repartición hacia las vías auditivas. Todo inicia con el ingreso de la onda del sonido a través de la membrana oval, lo que produce que la endolinfa de la rampa vestibular emita vibraciones dirigidas al ápice de la cóclea y el helicotrema. La onda del sonido se conduce a través de la rampa vestibular y, ya que la membrana de Reissner es una estructura que ofrece escasa resistencia, permite que

esta onda sonora se emita uniformemente por la rampa coclear, creando vibraciones en la membrana basal (1).

La lámina basal o basilar está conformada por fibras basilares, las cuales van reduciendo su diámetro conforme van alejándose de la ventana oval en dirección al helicotrema, haciéndose menos rígidas, lo que significa que mientras más cercanas se encuentren a la ventana oval son más rígidas y cortas, permitiendo una mejor percepción de frecuencias muy altas, por el contrario, mientras más lejanas a la ventana oval y más cerca al helicotrema, nos encontramos con fibras más flexibles y largas que vibran mejor con frecuencias bajas (4).

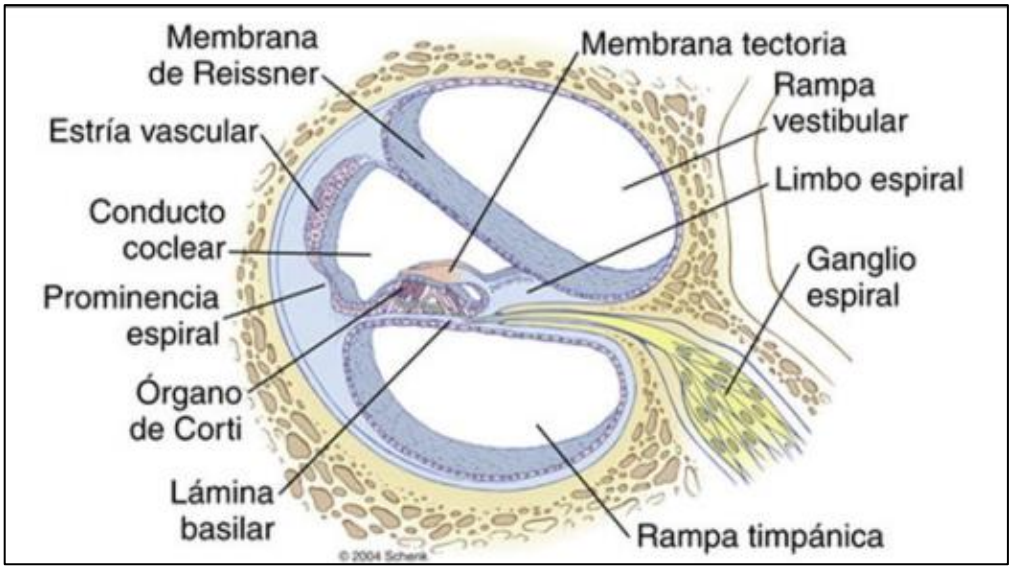


Figura 2.. Estructura de la cóclea.

Fuente: Guyton Y Hall Tratado De Fisiología Médica. 13th ed. Elsevier; 2016.

En la Figura 3, contemplamos las diferencias de los varios patrones que se forman en la transmisión de las ondas de sonido en diferentes frecuencias. Al inicio de cada una de las ondas, podemos observar que la transmisión que se produce es tenue, pero va fortaleciéndose conforme llega a la porción de la lámina basal cuya

frecuencia de resonancia que se da de forma natural es semejante a la frecuencia de sonido respectiva y, donde se da lugar fácilmente a la vibración de la lámina basal hacia atrás y adelante, de tal forma que la onda se desvanece y detiene su recorrido. Por ello, la onda del sonido de frecuencia alta recorre un corto trayecto antes de alcanzar su punto de resonancia a lo largo de la lámina basal y desaparecer, la onda de frecuencia media llega aproximadamente a la mitad y, la onda de frecuencia baja puede culminar todo el trayecto(4).

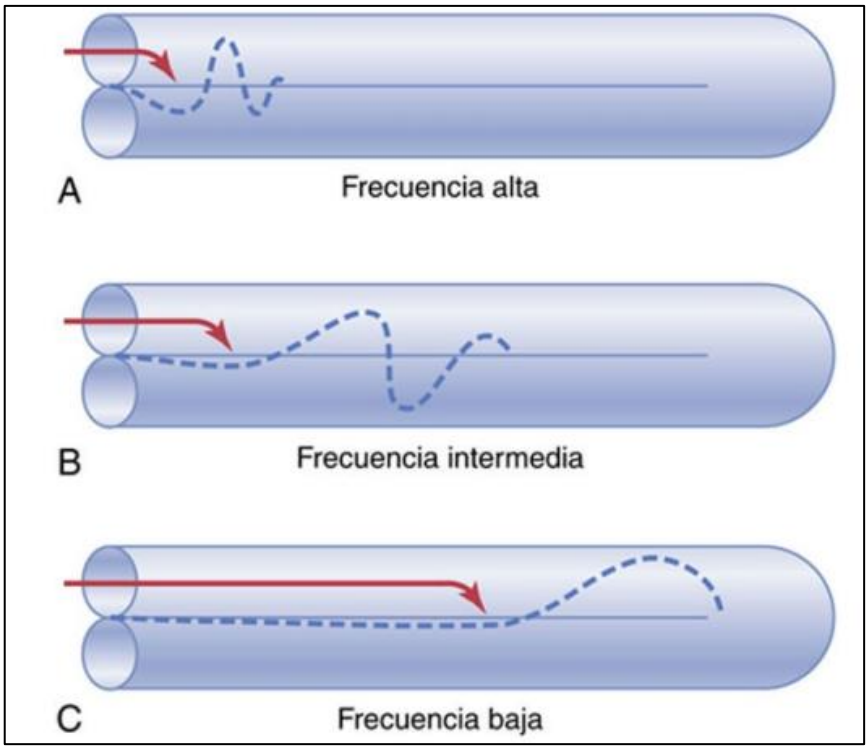


Figura 3. «Ondas viajeras» producidas en la lámina basal en las diferentes frecuencias del sonido.

Fuente: Guyton Y Hall Tratado De Fisiología Médica. 13th ed. Elsevier; 2016.

Otra característica que notamos conforme se da el avance de la onda sonora es la velocidad de transmisión, ya que en el fragmento inicial de la lámina basal el desplazamiento es más rápido, pero va deteniéndose de a pocos conforme hace su

recorrido por la cóclea, lo cual se explica por el alto potencial de flexibilidad de las fibras basilares más cercanas a la ventana oval, el mismo que va reduciéndose en el camino hasta llegar al helicotrema. Esta característica es la que da lugar a que los sonidos que poseen una alta frecuencia puedan llegar lo más lejos posible en la cóclea para que pueda efectuarse su difusión y separación entre sí en la lámina basal. Si esta transmisión no fuera rápida al inicio, las ondas de frecuencia alta se detendrían y acumularían en la entrada de la cóclea sin distinción entre ellas (4).

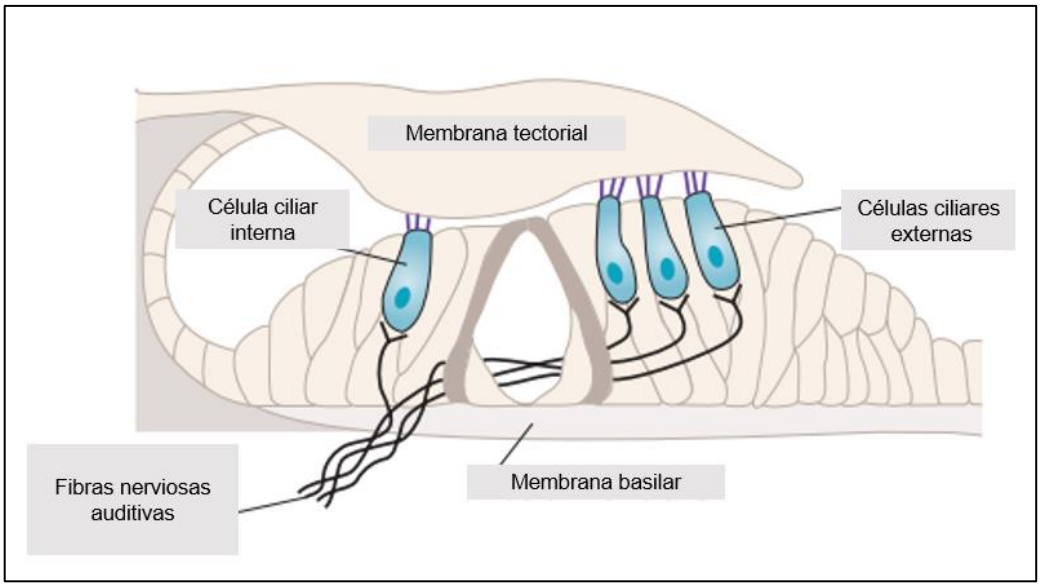


Figura 4. Órgano de Corti.

Fuente: Costanzo Physiology. 7th edition. Philadelphia, PA: Elsevier; 2018

El órgano de Corti es la estructura que se encarga de la transducción sensorial, es decir, origina los impulsos nerviosos producto de la vibración provocada en la lámina basilar. Este órgano descansa sobre la lámina basilar de la cóclea y, contiene a los verdaderos receptores auditivos que son las células ciliadas, cuyos cilios se incrustan en la membrana tectorial y, las cuales se dividen en células ciliares internas y células ciliares externas. Las células ciliares internas se encuentran en

menor número y distribuidas en una fila única, mientras que las células ciliares externas constituyen un mayor número y se disponen en tres o cuatro filas (4,5). En la figura 4 observamos que la distribución de las células ciliadas permite que su cuerpo esté adherido a la membrana basal y, sus cilios se encuentren comunicados con la membrana tectorial. Los nervios que comunican al órgano de Corti se ubican en el nervio vestibulococlear (VIII par) cuyos cuerpos celulares se encuentran en los ganglios espirales y la sinapsis de sus axones sucede en la base de las células ciliares, es así que se produce la transmisión de la información desde las células ciliares al sistema nervioso central (5). Alrededor del 90% de las terminaciones nerviosas del nervio vestibulococlear llegan a las células ciliares internas, lo que nos demuestra la importancia que representan para detectar los sonidos (4).

Pasos en la transducción auditiva por las células ciliadas en el órgano de Corti:

- Se produce la vibración de la membrana basal del órgano de Corti mediante la transmisión del sonido al oído interno.
- Esta vibración ocasiona una flexión en los cilios de las células ciliadas que empuja a la membrana tectorial. Muy importante es tomar en cuenta que la membrana basal es más elástica que la membrana tectorial.
- La flexión de estos cilios provoca una variación en la conductancia del K+ de la membrana de las células ciliadas, las cuales si se curvan hacia una dirección incrementan la conducción del K+ y su despolarización; mientras que inclinándose en la otra dirección se traduce en una reducción de la K+ y una hiperpolarización. Es relevante traer a colación que los cilios de las células ciliadas están bañados en endolinfa, la que contiene una concentración elevada

de K+; por lo tanto, los gradientes de concentración de K+ tienen el efecto opuesto en el potencial de membrana.

- Al despolarizarse las células ciliadas, se abren los canales de Ca2+ que son dependientes de voltaje en los terminales presinápticos de las células ciliadas, lo que resulta en la entrada de Ca2+ y provocando la liberación de glutamato, que ejerce su función como neurotransmisor de excitación, causando potenciales de acción en los nervios cocleares aferentes que transmitirán esta información al sistema nervioso central. Cuando las células ciliadas se hiperpolarizan, ocurren los eventos opuestos y hay disminución de la liberación de glutamato.
- Esta hiperpolarización y despolarización de los receptores de las células ciliadas provocan la salida alternada de glutamato, lo que produce una activación intermitente de los nervios cocleares aferentes (5).

Distinción del volumen

El oído distingue el volumen mediante al menos tres procedimientos:

- Mientras va incrementándose el volumen del sonido, también crece la amplitud vibratoria en las células ciliadas y en la lámina basilar, permitiendo que estas células ciliadas estimulen a una frecuencia más rápida a las terminaciones nerviosas.
- Sucede también, que conforme se acrecienta la amplitud vibratoria, una mayor cantidad de células ciliadas son estimuladas alrededor de la porción resonante de la lámina basal, dando lugar a una sumatoria de transmisión de varias fibras nerviosas en lugar de unas cuantas.

- Por último, otro mecanismo es que una vez que la lámina basal consigue una intensidad alta, recién se vean activadas las células ciliadas, comunicando al sistema nervioso central que el sonido percibido es fuerte (4).

1.1.3. VÍA AUDITIVA CENTRAL

En la Figura 5 podemos observar cómo las fibras nerviosas que surgen del ganglio espiral de Corti ingresan en las estructuras que pertenecen a la región superior del bulbo raquídeo: el núcleo coclear dorsal y el núcleo coclear ventral. Aquí es donde se produce la sinapsis de la totalidad de las fibras, siendo importante mencionar que las neuronas denominadas de segundo orden, en su mayoría, entrecruzan al lado contralateral del tronco encefálico para llegar al núcleo olivar superior, mientras que algunas lo hacen en el núcleo olivar superior ipsilateral. Posteriormente, una parte de las fibras auditivas suben mediante el lemnisco lateral, mientras que gran número de ellas van directamente al colículo inferior, en donde casi en su totalidad efectúan sinapsis, para dirigirse después a realizar sinapsis en su totalidad, en el núcleo geniculado medial. El camino culmina a través de la radiación auditiva en la corteza auditiva, ubicada en la circunvolución superior del lóbulo temporal.

En este proceso contamos con varios puntos relevantes:

- Ambos oídos transmiten sus señales a través de las vías de los dos lados del encéfalo, siendo más relevante la vía contralateral. En tres zonas del tronco encefálico existe el cruzamiento entre las dos vías: el cuerpo trapezoide, la comisura que se encuentra en medio de los dos núcleos del lemnisco lateral y, la comisura que une a los dos folículos inferiores (4).
- Existe gran número de fibras auditivas que se encaminan directamente a activarse en el sistema reticular del tronco encefálico, el cual emite de forma ascendente unas proyecciones difusas a través del tronco encefálico y, de forma descendente a la médula espinal, de tal forma que cuando se producen sonidos

fuertes se active todo el sistema nervioso. Otras fibras en menor cantidad se dirigen hacia el cerebelo, en su vermis, experimentando también una activación ante un sonido brusco.

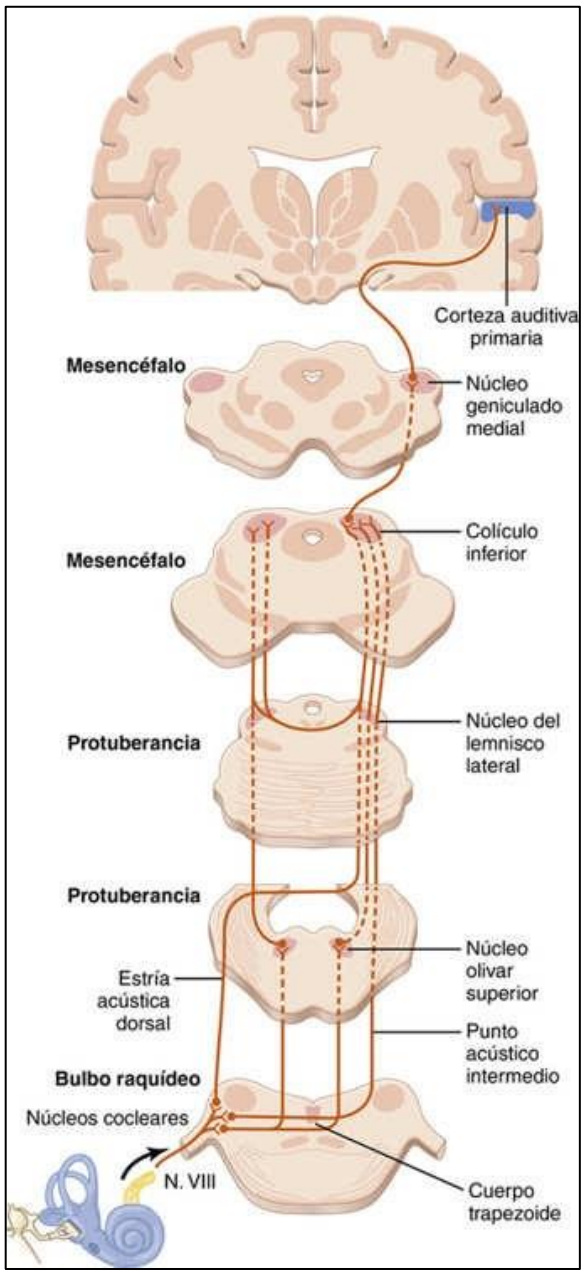


Figura 5. Vías nerviosas Auditivas.

Fuente: Guyton Y Hall Tratado De Fisiología Médica. 13th ed. Elsevier; 2016.

- Es relevante indicar que existe un excelente grado de orientación espacial de las fibras auditivas en su trayecto desde la cóclea hasta la corteza cerebral (4).

1.1.4. CORTEZA AUDITIVA

Se ubica en la zona supratemporal de la circunvolución temporal superior y se distribuye hasta la cara lateral del lóbulo temporal, buen porcentaje de la corteza de la ínsula incluida la porción lateral del opérculo parietal. Contamos con la corteza auditiva primaria y la corteza auditiva de asociación (corteza auditiva secundaria). El cuerpo geniculado medial es el encargado de estimular a la corteza auditiva primaria, mientras tanto, la corteza secundaria se excita de forma secundaria por estímulos de la corteza primaria y algunas proyecciones salientes de las áreas talámicas de asociación adyacentes al cuerpo geniculado medial. El sonido en los humanos se encuentra distribuido en la corteza auditiva, de tal forma que en ella los sonidos graves están caracterizados en sentido anterolateral y, los sonidos agudos están representados en dirección postero medial. La respuesta de los núcleos cocleares es similar a la estimulación sonora proveniente tanto de las neuronas de segundo orden como las fibras de nervios auditivos individuales.

Para que un sonido de baja intensidad ocasione un estímulo su frecuencia es variable entre una y otra unidad, a diferencia de sonidos más intensos en los que las posibilidades que una frecuencia pueda ejecutar una respuesta son más amplias. La característica más resaltante entre las neuronas de primer y de segundo orden es la existencia, en el lado de frecuencia baja en las neuronas del bulbo, de un umbral más agudo. Lo que hace más específicas a las neuronas de segundo orden es quizá una función inhibitoria en el tronco encefálico, mientras que en la corteza auditiva primaria varias neuronas reaccionan a señales procedentes de ambos oídos, otras

dan respuesta a estímulos provenientes del oído contralateral y se inhiben por las que llegan del oído ipsilateral (3).

Las vías auditivas en la corteza cerebral comparten similitudes con las vías visuales en términos de cómo procesan de forma progresiva la información auditiva a medida que avanza. Es interesante notar que, aunque las áreas auditivas muestran una simetría entre ambos hemisferios cerebrales, existe una marcada especialización hemisférica. Una muestra de ello es el área de Wernicke, que se dedica a la interpretación o preparación de las señales auditivas relacionadas con el lenguaje. Durante el proceso del lenguaje, esta área es aún más intensa en el hemisferio izquierdo que en el hemisferio derecho. Por otro lado, en el hemisferio derecho, el área de Wernicke se enfoca más en aspectos como la melodía, la intensidad del sonido y el tono. En la circunvolución temporal posterosuperior, existe un área denominada plano temporal, situada entre la circunvolución de Heschl (también conocida como circunvolución temporal transversa) y la cisura de Silvio. Por lo general, esta área es más prominente en el hemisferio cerebral izquierdo que en el derecho, especialmente en individuos diestros, es decir, aquellos que utilizan principalmente la mano derecha. Se cree que esta región está involucrada en el procesamiento auditivo asociado con el lenguaje. (3).

1.1.5. ÓRGANO VESTIBULAR

El órgano vestibular se halla dentro del hueso temporal, al lado del aparato auditivo (la cóclea), y está compuesto por una estructura membranosa que se halla dentro del hueso. Esta estructura incluye tres canales semicirculares perpendiculares entre sí (superior, horizontal, y posterior) y de dos órganos otolitos (sáculo y utrículo). Tanto los canales semicirculares como los órganos otolitos están colmados de un líquido llamado endolinfa y están rodeados por otro líquido llamado perilinfa, parecido a lo que ocurre en el órgano auditivo. Los canales semicirculares, dispuestos en ángulo recto entre sí, detectan la aceleración angular o rotacional de la cabeza. Cada canal tiene una dilatación en uno de sus extremos, conocida como ampolla, que contiene células sensoriales cubiertas por una estructura gelatinosa llamada cópula. Durante la aceleración angular, la cópula se mueve y estimula o inhibe las células sensoriales. Por otro lado, los órganos otolitos, el utrículo y el sáculo, detectan la aceleración lineal, como la debida a la gravedad. En su interior, hay una masa de partículas llamada otolito que cubre las células sensoriales. Cuando la cabeza se inclina, la gravedad mueve esta masa sobre las células sensoriales, activándolas o inhibiéndolas, lo que alerta al individuo sobre los cambios en la posición de la cabeza (5).

1.1.5.1. RESPUESTAS FISIOLÓGICAS

Aceleración angular

La aceleración angular en el nivel de un conducto semicircular específico activa las crestas en su interior. La inercia hace que la endolinfa se mueva en contrariamente al sentido de la rotación, empujando la cúpula y deformándola. Esta acción flexiona los filamentos de las células ciliadas. Cuando la rotación alcanza

una velocidad constante, el líquido gira al mismo ritmo que el cuerpo y la cúpula vuelve a su posición vertical. Al detenerse la rotación, la endolinfa se desplaza en la dirección opuesta a la rotación, producto de la desaceleración que se genera deformando la cúpula en sentido contrario al de la aceleración. Esta vuelve a su posición media en unos 25 a 30 segundos. El movimiento que realiza la cúpula en una misma dirección generalmente aumenta la tasa de descarga de fibras nerviosas en las crestas, mientras que el movimiento en dirección opuesta tiende a inhibir la actividad neural. La rotación genera la máxima estimulación de los conductos semicirculares cercanos en el plano de rotación. Dado que los conductos a ambos lados de la cabeza son una imagen reflejada de los del otro lado, la endolinfa se mueve hacia la ampolla en un lado y se aleja de ella en el otro. Lo que origina que el patrón de estimulación hacia el cerebro varíe según el plano de rotación y la dirección. La aceleración lineal posiblemente no desplaza la cúpula y, por lo tanto, no origina un estímulo en las crestas. No obstante, hay pruebas significativas de que, si una porción del laberinto se daña, otras áreas pueden asumir sus funciones (3).

Aceleración lineal

La mácula utricular responde a la aceleración horizontal, mientras que la sacular lo hace a la aceleración vertical. Los otolitos que envuelven a la membrana son más pesados que la endolinfa, por lo que cualquier aceleración en cualquier dirección los traslada en sentido contrario, distorsionando los filamentos de las células ciliadas y generando actividad en las fibras nerviosas. Las máculas exhiben descargas tónicas cuando la cabeza está quieta, debido a la tracción ejercida por la gravedad sobre los otolitos. Los impulsos formados por estos receptores participan

en parte en el reflejo laberíntico de enderezamiento, que implica respuestas integradas, principalmente en los núcleos ubicados en el mesencéfalo. El impulso para este reflejo es el movimiento de inclinación de la cabeza, que activa a los órganos otolíticos; la respuesta es una contracción compensatoria a nivel de la musculatura cervical para conservar la cabeza nivelada. En animales como perros, gatos y primates, las señales visuales pueden desencadenar reflejos ópticos de enderezamiento que yerguen al animal, incluso cuando no es estimulado el laberinto o el cuerpo. En los seres humanos, estos reflejos mantienen la cabeza en una posición firme y los ojos enfocados en objetivos visuales a pesar de los movimientos y temblores corporales comunes. Estos reflejos son iniciados por la estimulación vestibular que tensa los músculos cervicales y por el movimiento de las imágenes visuales en la retina, generando reacciones como el reflejo vestibuloocular y algunas otras contracciones producto del reflejo preciso de los músculos cervicales y de los ojos. Aunque la mayoría de las respuestas al estímulo de las máculas son reflejas, los impulsos vestibulares también llegan finalmente a la corteza cerebral. Se cree que estos impulsos contribuyen a la percepción consciente del movimiento y proporcionan una fracción de la información que se necesita para la orientación en el espacio. El vértigo, que es la percepción de rotación en ausencia de una rotación real, es un síntoma prominente cuando hay inflamación en el laberinto (3).

Orientación espacial

La capacidad que tenemos de orientarnos en el espacio se apoya parcialmente en los impulsos propios de los receptores vestibulares, sin embargo, las señales visuales mantienen una importancia igualmente significativa. Además, los

impulsos de los propioceptores en las cápsulas articulares proporcionan información sobre la disposición relativa de las distintas estructuras corporales, mientras que los impulsos de los exteroceptores cutáneos, especialmente los receptores de la presión y el tacto también contribuyen con datos relevantes. Estos cuatro tipos de impulsos son integrados a nivel cortical para crear una representación continua de la orientación de la persona en el espacio (3).

1.2. DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES OCUPACIONALES AUDITIVAS

1.2.1. DEFINICIÓN DE ENFERMEDAD OCUPACIONAL

Se define como enfermedad ocupacional o profesional a una condición de salud, que se encuentra ocasionada por el entorno laboral o actividades propias del trabajo. Usualmente, los trastornos a la salud que suceden en un conjunto de personas con una exposición ocupacional similar con mayor morbilidad que en el resto de la población, son definidas como enfermedades ocupacionales (6).

La Organización Internacional del Trabajo, lo define como cualquier patología producto de la exposición del trabajador a los factores de riesgo propios de la labor que realiza. Considera además que debe tener dos características esenciales:

- Una relación causal entre la enfermedad ocupacional específica y la exposición al ambiente de trabajo o la tarea propia del trabajo también especifica.
- Que la enfermedad ocupacional se halle en un grupo de trabajadores expuestos con mayor frecuencia en comparación con las demás personas no expuestas (7).

En Perú, la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo Ley N°29783, la define como una enfermedad que se produce a raíz de una exposición a aquellos factores de riesgo que se encuentran en el trabajo (8).

Se trata también de una expresión médico legal. Se indica que, para llamarla enfermedad profesional, debe existir una relación causal entre las condiciones laborales y la condición de salud existente, además, la patología debe estar incluida en la lista de enfermedades profesionales. Algunas enfermedades ocupacionales, pueden establecer con certeza una relación causal con el entorno laboral, como por ejemplo la neumoconiosis. Pero, existen otro grupo de enfermedades que tienen

como factor causal a los riesgos ocupacionales como más probables, lo que nos trae como ejemplo a la pérdida de audición por exposición a ruido a niveles por encima del nivel permitido durante un período extenso. En los casos de alta probabilidad más no relación causal con certeza, el diagnóstico de enfermedad ocupacional sólo requiere la alta probabilidad. Cuando nos encontramos frente a enfermedades profesionales que dependen de causas múltiples, el no tener la posibilidad de excluir una causa laboral no puede considerarse un factor concluyente a favor del diagnóstico final de enfermedad profesional, es decir, se debe seguir la regla de probabilidad predominante (9).

1.2.2. DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDAD OCUPACIONAL

Las enfermedades profesionales deben diagnosticarse basándose en criterios definidos que tengan en cuenta muchos factores para evidenciar la relación causal entre la exposición al factor de riesgo y la enfermedad profesional. Los criterios más relevantes son los siguientes:

- Los síntomas deben guardar relación con la clínica de la enfermedad en cuestión. La dificultad en el diagnóstico es variable según la especificidad de la clínica de la enfermedad propuesta.
- El nivel de exposición laboral debe ser lo suficientemente elevado, y se basa en las peculiaridades de los factores dañinos como la intensidad, concentración y el tiempo de exposición. Mientras más altos, más afecta la salud del trabajador (9).

Criterios básicos para el diagnóstico de enfermedad ocupacional:

Hablamos previamente de una relación causal, la cual se define sobre parámetros de datos patológicos y clínicos, recopilando los antecedentes laborales y desarrollando el análisis correspondiente del puesto de trabajo, determinando y evaluando los factores de riesgo laboral y considerando a su vez a otros factores de riesgo no laborales (7).

Es útil, para establecer un nexo causal entre una enfermedad profesional y su posible causa correspondiente en el entorno y/o actividad laboral, el contar con información toxicológica y de epidemiología que establezca una relación entre ambas (7)**.** Además, no es suficiente sólo conocer los síntomas de una enfermedad sino también es crucial el entender todas las posibles alteraciones que pueden darse luego de la exposición a los factores biológicos, químicos, físicos y todos los que

puedan existir en el ambiente de trabajo. Es decir, el llegar a la conclusión diagnóstica de una enfermedad profesional es producto de una exhaustiva búsqueda de información epidemiológica, clínica y revisión crítica de la evidencia oportuna y debe tomar en cuenta los siguientes criterios, llamados los Criterios de Bradford Hill (7):

- **Fuerza de asociación:** la probabilidad de que haya una relación causal entre una exposición y el desarrollo de una enfermedad aumenta a medida que el impacto de esa exposición en la enfermedad es más significativo.
- **Consistencia:** cuando diferentes informes de investigación abordan el mismo tema o pregunta de investigación, los resultados que presentan y las conclusiones a las que llegan tienden a ser consistentes y a ser semejantes.
- **Especificidad:** la presencia del factor de riesgo se asocia de manera consistente con un conjunto específico de condiciones de salud.
- **Temporalidad o secuencia temporal:** la exposición que está siendo estudiada ocurrió antes del desarrollo de la enfermedad, y el intervalo de tiempo que existe entre esta exposición y la posterior aparición de la enfermedad es coherente con cualquier mecanismo biológico que se haya propuesto o sugerido en la investigación.
- **Gradiente biológico:** a mayor duración e intensidad de la exposición, mayores serán las consecuencias patológicas o la incidencia de enfermedad.
- **Plausibilidad biológica:** basándose en el conocimiento de la toxicología, química, propiedades físicas u otros atributos del riesgo o peligro bajo estudio, tiene sentido desde un punto de vista biológico sugerir que la exposición a dicho riesgo o peligro puede conducir al desarrollo de la enfermedad.

- **Coherencia:** después de revisar y analizar de manera integral todas las pruebas disponibles, que incluyen estudios epidemiológicos en humanos y estudios en animales, se llega a la conclusión de que existe una relación causa-efecto en un sentido amplio y en términos de sentido común general.
- **Estudios intervencionistas:** un ensayo preventivo primario puede ser utilizado para determinar si la eliminación de un peligro específico o la reducción de un riesgo particular en el entorno laboral o en una actividad laboral específica tiene un impacto en la prevención del desarrollo de una enfermedad en específico o en la reducción de su i
- **Analogía:** ya existe una correspondencia causa - efecto entre una patología con una exposición definida.

El llegar a la conclusión de si un factor de riesgo ocupacional resulta en una enfermedad laboral es complejo, para lo cual debemos considerar muchos criterios. Los que se usan comúnmente son los Criterios de Bradford Hill desde el año 1965 (6).

1.2.3. LISTA DE ENFERMEDADES OCUPACIONALES

La lista de enfermedades ocupacionales consiste en un grupo de patologías ocasionadas por la exposición en el trabajo, la cual contiene la definición de cada una de las enfermedades denominadas profesionales y su núcleo sobre la legislación de seguridad y salud en el trabajo. Es esta lista, sobre la cual se basan los sistemas judiciales nacionales e internacionales tanto en la prevención como en la compensación de los trabajadores con patologías asociadas al trabajo, generando un impacto no sólo en la toma de decisiones al momento de otorgar prestaciones si no también al orientar los programas preventivos a nivel empresarial. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) se preocupó por la gestión de las enfermedades laborales, iniciando el listado con dos enfermedades en sus orígenes, desde ese entonces, la OIT ha proporcionado a sus estados miembros una lista recomendada de enfermedades profesionales, la cual se ha establecido mediante consenso y, que ha ido evolucionando mediante revisiones conforme se han ido generando las transformaciones y modernización en la industria y por consiguiente en las condiciones laborales. Cada lista de enfermedades ocupacionales nacional cubre las patologías profesionales dentro del sistema de compensación laboral, reflejando los antecedentes y el entorno social, cultural y tecnológico de sistema (10).

En Perú, la RM 480-2008-MINSA aprueba la Norma Técnica de Salud que establece el Listado de Enfermedades Profesionales dentro de nuestro país, la cual también es una lista abierta y, fue modificada mediante la Ley Nº 31025 Ley que incorpora a la enfermedad causada por el COVID-19 dentro del listado de enfermedades profesionales de los servidores de la salud. En esta resolución

observamos que las enfermedades profesionales se encuentran ordenadas en 6 grupos según su origen:

GRUPO 1	Enfermedades profesionales causadas por agentes químicos.
GRUPO 2	Enfermedades profesionales causadas por agentes físicos.
GRUPO 3	Enfermedades profesionales causadas por agentes biológicos.
GRUPO 4	Enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados.
GRUPO 5	Enfermedades profesionales de la piel causadas por sustancias y agentes no comprendidos en alguno de los otros apartados.
GRUPO 6	Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos.

1.2.4. HIPOACUSIA AUDITIVA COMO ENFERMEDAD PROFESIONAL

En la lista de enfermedades ocupacionales de la Organización Internacional del Trabajo encontramos a la hipoacusia de origen ocupacional con la denominación de “Deterioro de la audición causada por ruido” (10,11). En Listado de Enfermedades Profesionales en Perú, como ya se mencionó, se encuentra aprobada mediante la RM 480-2008-MINSA, incluye a la hipoacusia profesional dentro del Grupo 2 de enfermedades causadas por agentes físicos como hipoacusia o sordera provocada por ruido.

Cabe resaltar que si bien la hipoacusia ocupacional, se encuentra asociada fuertemente con exposiciones prolongadas a niveles elevados de ruido, también contamos con hipoacusias inducidas por sustancias tóxicas como los disolventes industriales, los cuales constituyen sustancias que pueden tener efectos perjudiciales en el sistema auditivo y vestibular. Y aunque el ruido suele afectar a más personas debido a su amplia presencia, los disolventes industriales tienen el potencial de causar mayores daños en la audición (12)**.**

La producción de ruido está vinculada con las propiedades acústicas propias de las fuentes de ruido, las condiciones del entorno acústico y la capacidad de reducción del sonido. En el entorno laboral, existen diversos orígenes de ruido, algunas produciendo ruido por pulsos y otras, un ruido constante. Estos ruidos se mezclan y se relacionan entre sí, propagándose a través del aire o por objetos sólidos, y son asimilados o reflejados por el techo, las paredes, el suelo, y las superficies de las maquinas, lo que puede ocasionar la persistencia de este sonido en el espacio de trabajo. Es importante señalar que el espectro de frecuencias y el nivel de ruido

pueden variar dependiendo del entorno acústico, ya sea un campo libre, casi libre o reverberante (13).

1.2.4.1. HIPOACUSIA AUDITIVA Y RUIDO

La exposición a niveles elevados de ruido puede ocasionar cambios tanto temporales como permanentes en el umbral auditivo. La exposición prolongada a niveles excesivos de ruido puede afectar la transmisión adecuada de sonidos de diferentes frecuencias al cerebro, así como provocar deficiencias en el flujo sanguíneo hacia la cóclea. Las células ciliadas presentes en la superficie apical llevan estereocilios, los cuales pueden experimentar cambios significativos, como fusionarse, alargarse o incluso desaparecer, como resultado de una exposición continua al ruido. Esto puede llevar a una interrupción en la función auditiva, e incluso a la posibilidad de que las fibras nerviosas que inervan estas células desaparezcan. Además, es probable que los cambios en las estrías vasculares disminuyan la función endococlear, lo que reduce la capacidad de la cóclea para amplificar las señales auditivas, aumentando así el umbral auditivo. Este proceso puede resultar en la degeneración de las fibras nerviosas cocleares y, simultáneamente, dentro del sistema nervioso central (13).

1.2.4.2. GRUPOS EXPUESTOS

La proliferación del ruido está estrechamente ligada al crecimiento ocurrido en la industria y los avances en la tecnología. En la actualidad, diversas personas a nivel mundial están expuestas a niveles de ruido dañinos de manera permanente o intermitente en sus lugares de trabajo. Entre los grupos laborales con mayor riesgo

de sufrir sordera o pérdida de audición se ubican los trabajadores de la construcción, carpinteros, fuerzas armadas, profesores, choferes, pilotos, trabajadores en aeropuertos, mecánicos, oficiales encargados del tránsito vehicular, operarios de maquinaria, trabajadores de industrias como minería y petróleo. Además, se ha observado un riesgo aumentado en personas que trabajan en eventos y músicos. El daño causado por el ruido está directamente relacionado con el tiempo de exposición y el nivel de ruido en decibelios (dB). La mayoría de los países establecen un límite de 85-90 dB durante una jornada de ocho horas, aunque algunos aconsejan niveles aún más bajos. La literatura médica considera niveles de ruido por encima de 80 dB como peligrosos (12).

Dentro de los elementos que aumentan los impactos del ruido en el trabajo se incluyen factores como la edad, historial genético y hábito de fumar; factores laborales como la carga y los horarios de trabajo; y factores ambientales como la iluminación, la temperatura, la vibración y la exposición a sustancias químicas como metales pesados, el monóxido de carbono y solventes (13).

1.2.5. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES OCUPACIONALES AUDITIVAS

La pérdida de audición en el trabajo puede presentarse de diferentes maneras: parcial o incluso total, en uno o ambos oídos, y puede ser de tipo conductiva, neurosensorial o una combinación de ambas. La pérdida auditiva conductiva afecta el paso del sonido hacia el oído interno, involucrando el oído externo o medio. En cambio, la pérdida auditiva neurosensorial ocupacional se debe a problemas en el oído interno, el nervio auditivo o el cerebro. En entornos laborales, la pérdida auditiva conductiva o mixta puede surgir de accidentes como golpes en la cabeza, explosiones o lesiones térmicas, como quemaduras causadas por restos de soldadura que penetra en el tímpano, mientras que la hipoacusia neurosensorial suele ser el resultado del daño en la cóclea, especialmente la pérdida de células ciliadas en el órgano de Corti. Entre las causas ocupacionales de la pérdida auditiva neurosensorial se incluyen la exposición prolongada a ruidos por encima de los 85 dB, lesiones en la cabeza y la exposición a sustancias ototóxicas (14).

La pérdida de audición inducida por el ruido en el entorno laboral progresa gradualmente con el tiempo y está directamente relacionada con la exposición constante o intermitente al ruido. Esto se diferencia del trauma acústico ocupacional, el cual se manifiesta con un cambio brusco en la capacidad auditiva debido a una única exposición a un sonido repentino y explosivo, como un estallido (15).

Las características principales de la pérdida de audición inducida por el ruido en el ámbito laboral incluyen lo siguiente:

- Siempre es de tipo neurosensorial, afectando especialmente a las células ciliadas de la cóclea, las cuales se encuentran en el oído interno.
- Tiende a ser bilateral (16), porque las exposiciones laborales al ruido se encuentran en el ambiente, afectando a ambos oídos de manera simétrica.
- El primer indicio suele ser una "muesca" en el audiograma en frecuencias altas, como 3000, 4000 o 6000 Hz, y con una recuperación posterior en 8000 Hz. (15).
- Conforme se haga mayor la exposición al ruido, es posible que se vean afectadas las frecuencias más bajas, como 500, 1000 o 2000 Hz (13).

1.2.5.1. EVALUACION INICIAL DE LA AUDICIÓN

Iniciamos la evaluación con la observación y anamnesis del paciente, usualmente, los primeros signos que manifiestan las personas afectadas son una disminución parcial o total en la capacidad auditiva y, es probable que esta pérdida auditiva se agrave con el tiempo debido a la exposición continua al ruido. En ocasiones, también pueden acompañar a la hipoacusia otras molestias como por ejemplo los zumbidos en los oídos, los que denominamos tinnitus o acufenos pueden llegar a ser más incómodos para la persona afectada que la misma pérdida de la audición (12,13) o, también asociarse a vértigo (17), además de manifestar una dificultad para entender lo que le hablan al percibir mejor las vocales que las consonantes y no tolerar los ruidos de alta intensidad (algiacusia), así como la hiperacusia en la que existe una baja tolerancia a los ruidos de la vida cotidiana que presentan moderada intensidad (13,18).

En la entrevista debemos tomar en cuenta si existe una conversación fluida desde 1 metro de distancia o si se requiere que el evaluador se posicione a una distancia más, o menos cercana, si es necesario que el examinador levante la voz al efectuar las pregunta o si al darle la espalda al paciente este deja de responder. Aunque no reemplazan la necesidad de realizar una audiometría, estas observaciones generales simples deberían estar en consonancia con los resultados de las pruebas auditivas formales y pueden ser útiles para confirmar o descartar su validez (15).

1.2.5.2. ACUMETRIAS

PRUEBAS FÓNICAS

Nos colocamos a cierta distancia del evaluado, al lado del oído a explorar, emitiendo fonemas y manteniendo el oído contralateral con el trago presionado. Mientras nos acercamos, anotamos a qué distancia el paciente percibió la voz, lo cual corroboramos cuando las reproduce adecuadamente. Esto nos ayuda a determinar si existe un déficit en la capacidad auditiva. (19).

ACUMETRÍA CON DIAPASONES

Las pruebas más sencillas y que corresponden a una evaluación física son las acumetrías con diapasones, cuya función principal es la de determinar si la patología es del oído medio (hipoacusia de transmisión) o el oído interno (hipoacusia neurosensorial). Una de las pruebas a realizar es la Prueba de Rinne (Figura 6), en la que se compara la conducción ósea de la conducción aérea según cómo colocamos el diapasón, sea en el hueso mastoideo o cerca al oído externo; luego de causar la vibración del diapasón ubicamos su base en la apófisis mastoides

del temporal del oído que deseamos evaluar y solicitamos al paciente que nos comunique cuando deje de escucharlo, una vez esto sucede, procedemos a ubicarlo adelante del pabellón auricular del mismo oído y le consultamos si lo escucha igual, con menor o mayor intensidad. Entonces, hablamos de un Rinne (+) cuando el sujeto escucha mejor por la vía aérea que por la vía ósea, lo cual puede ser un resultado normal o una hipoacusia neurosensorial, por el contrario, en un Rinne (-), tenemos una mejor percepción de la vía ósea en comparación con la vía aérea y puede tratarse de una hipoacusia conductiva o de transmisión. La prueba de Weber consiste en evaluar la audición ósea de ambos oídos de forma comparativa al mismo tiempo (Figura 6). Para llevar a cabo esta prueba, inducimos la vibración de un diapasón y posicionamos el mango en un punto cualquiera de la línea media del cráneo. Luego, le pedimos a la persona evaluada que nos indique por qué oído nota el sonido de manera más intensa. En condiciones normales, el sujeto debería percibir el sonido por ambos oídos de manera igual (en caso de una hipoacusia simétrica, el sonido también se escuchará con igual intensidad en ambos oídos). Sin embargo, en el caso de una hipoacusia de transmisión, el sonido se desplaza hacia el lado afectado, mientras que en una hipoacusia de percepción lo hará dirigido al oído sano. (14,19).

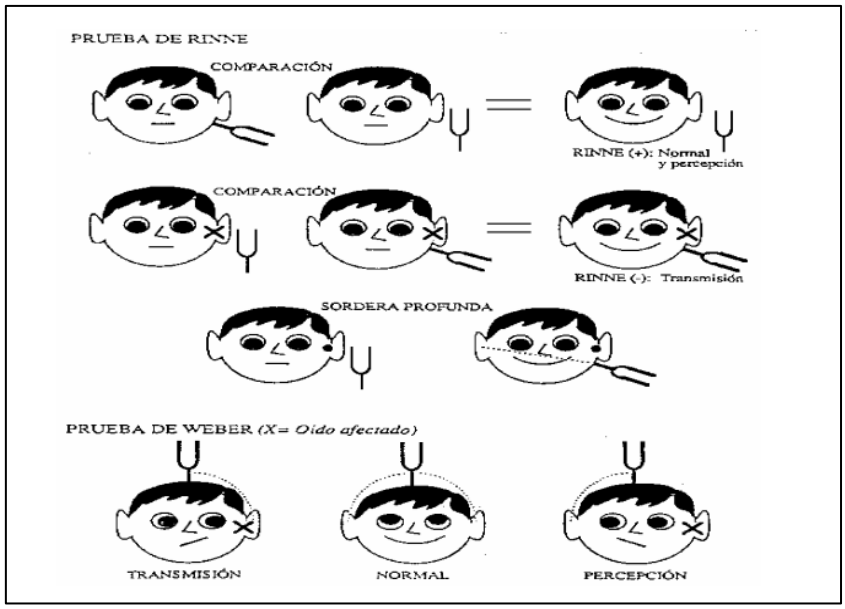


Figura 6. Representación gráfica de la prueba de Rinne y Weber.

Fuente: Estructura de la cóclea. Metodología Para Evaluar La Audición. Su Utilidad En El Diagnóstico Y Prevención De La Hipoacusia En Trabajadores Con Riesgo. Revista Cubana De Salud Y Trabajo

1.2.5.3. AUDIOMETRÍAS

a. AUDIOMETRÍA TONAL UMBRAL

En un audiograma clínico se evalúa la capacidad auditiva en diferentes frecuencias utilizando tonos puros tanto para la conducción aérea usando unos audífonos como para la conducción ósea por medio de un dispositivo que emite vibraciones a nivel de la mastoides (15,17) . Se determina el umbral de audición, es decir, el nivel más bajo de sonido que puede ser percibido, ajustando la intensidad de los tonos, ya sea de forma manual o automática mediante un sistema informático, siendo esta última opción común en programas de conservación auditiva ocupacional (15). Es una prueba audiométrica subjetiva, lo que significa que necesita una respuesta inteligente y consciente por parte de la persona evaluada, siendo indiscutible que

preste atención y sea honesto al desarrollar la prueba (19). Sin embargo, es crucial para diagnosticar la ubicación y, a veces, la causa de la pérdida auditiva.

Para llevar a cabo esta evaluación, se utiliza un audiómetro en una cabina insonorizada (17) y la preparación se realizará de la siguiente forma:

- Debe efectuarse una otoscopía previa para comprobar que el conducto auditivo externo y la membrana timpánica se encuentren en buenas condiciones. Si encontráramos cerumen que obstruye el conducto auditivo externo, no se realizará la prueba hasta ser extraído, igualmente si encontramos inflamación en el oído externo, eczema o existan infecciones respiratorias altas se debe posponer la prueba (17,19).
- El paciente debe tener un reposo auditivo de 14 o 16 horas, por lo que se recomienda que se efectúe antes de empezar la jornada de trabajo (19).
- Extraer anteojos, aretes, todo aquello que pueda obstaculizar el uso correcto de los auriculares (19).
- Se le explicará los pasos de la prueba, indicando que debe responder a la percepción más débil de tono (19).
- Se sentará a la persona a evaluar evitando que pueda observar la manipulación del audiómetro (19).

Los resultados pueden ser presentados de forma numérica o gráfica (15). Lo más frecuente es expresarlos en una gráfica que ubica en el eje de las abscisas a las frecuencias y, en el eje de las ordenadas encontramos las intensidades, a esta gráfica le denominamos audiograma, en la que se identifica a qué intensidad el paciente escucha cada frecuencia (17). La intensidad la medimos en decibelios, y para

adultos jóvenes, el rango normal se sitúa entre 0 y 20 dB en cada frecuencia (15), incluso podría considerarse dentro de la normalidad una disminución de hasta 25dB por debajo 0, que es la línea de referencia (19). Para medir la vía aérea usualmente usamos las frecuencias entre 125 a 8000Hz y, para medir la vía ósea las frecuencias que van entre 500 a 4000 Hz (17).

Iniciamos siempre en la frecuencia de 1000Hz por el oído en el que la persona evaluada nos indica que escucha mejor, emitiendo un sonido cómodo y vamos reduciendo la intensidad de los envíos posteriores tonales hasta que el sonido ya no es detectado por completo por el paciente, posterior a ello aumentamos 5dB para corroborarlo (técnica descendente). Repetimos en el otro oído y procedemos si se requiere con la misma técnica para explorar la vía ósea (17).

Para hacer la representación gráfica es común usar una línea discontinua para representar la vía ósea y, una línea continua la vía aérea, así como también es lo más frecuente que el oído izquierdo sea graficado de color azul y, el oído derecho de color rojo (17).

Interpretación De Resultados De Audiometría Tonal Umbral

Cada línea debe observarse en superposición a la otra y cerca de la línea de referencia 0, al no ocurrir esto podemos enfrentarnos ante los siguientes diagnósticos, sea según su ubicación anatómica o su gravedad (Figura 7):

Según su ubicación anatómica:

- Hipoacusia de transmisión o de conducción: Existe lesión a nivel del complejo timpanoosicular. La pérdida auditiva de conducción o transmisión se caracteriza en el audiograma por una separación entre la línea que representa la conducción aérea y la vía ósea. Mientras que la vía ósea permanece dentro

de los valores normales (entre 0 a 20dB), la conducción aérea cae por debajo de los 25 decibeles en al menos 3 frecuencias continuas (19,20).

- Hipoacusia de percepción o neurosensorial: Hay lesión a nivel del oído interno. La pérdida auditiva de percepción o neurosensorial se manifiesta en el audiograma con ambas líneas, la ósea y la aérea, juntas y por debajo de los 25 decibeles, Encontrando que la vía ósea baja en parte o en la totalidad de su recorrido y empuja a la vía aérea con ella. La disminución o caída tiende a ser más pronunciada en las frecuencias agudas o también denominadas altas (19,20).
- Hipoacusia mixta: Presenta afectación en el oído interno y en el complejo timpanoosicular. En la pérdida auditiva mixta, aunque hay una diferencia entre las dos vías, ambas están por debajo de los 25 decibeles, y es común que la conducción aérea esté por debajo de la conducción ósea. Es decir, se observa que ambas líneas están separadas como sucede en una hipoacusia conductiva y la vía ósea baja más allá de los 25 dB como sucede en la hipoacusia neurosensorial (19,20) .

Entonces, una disminución en ambas conducciones, aérea y ósea, indica una pérdida auditiva neurosensorial, mientras que una brecha entre la conducción aérea y ósea sugiere una pérdida auditiva conductiva. En caso de asimetría auditiva, es necesario enmascarar el oído contrario para evitar interferencias (15).

Según su gravedad (20)**:**

- Hipoacusia leve: Desciende hasta 40dB.
- Hipoacusia moderada: El descenso lo encontramos entre 40 a 70 dB

- Hipoacusia severa: La línea baja entre 70 a 90 dB
- Hipoacusia Profunda: Ubicamos el descenso a más de 90 dB.

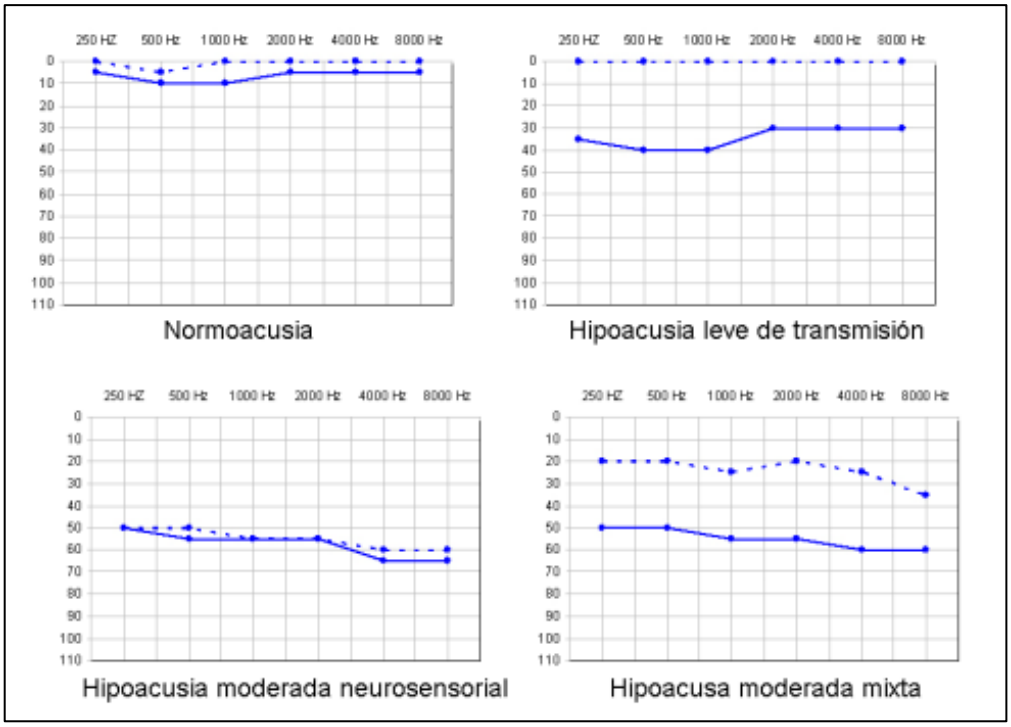


Figura 7. Representación de diferentes audiogramas según diagnóstico.

Fuente: Libro Virtual de Formación en Otorrinolaringología de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cervico-Facial.

Clasificación de Klockhoff

La propuesta inicial de Klockhoff y otros fue posteriormente cambiada por la Clínica del Trabajo de Milán (Figura 8 y Figura 9). Esta modificación incluye dos modificaciones principales: en primer lugar, en la clasificación de los niveles de pérdida auditiva, se añade la frecuencia de 3000 Hz (ya que Klockhoff solo evaluaba las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz); en segundo lugar, se incorpora la frecuencia de 8000 Hz para considerar la posible presencia de presbiacusia (21). Aquí encontramos una clasificación con 7 tipos diferentes de diagnóstico:

- Normal: Si el umbral auditivo no baja más allá de 25dB.
- Trauma acústico inicial: El escotoma es menor de 55dB
- Trauma acústico avanzado: El escotoma se encuentra más allá de 55 dB.
- Hipoacusia leve: Si al menos una de las frecuencias conversacionales se conserva.
- Hipoacusia moderada: Si todas las frecuencias conversacionales están afectadas pero el escotoma se halla en menos de 55dB.
- Hipoacusia avanzada: También todas las frecuencias conversacionales se afectan, pero al menos 1 o más están en más de 55dB.
- Otras patologías no debidas a ruido

Para diferenciar entre trauma acústico e hipoacusia basta con observar si hay afectación de las frecuencias conversacionales (entre 500 a 3000 Hz), cuando esto sucede nos hallamos frente a una hipoacusia por ruido, de lo contrario hacemos diagnóstico de trauma acústico (21).

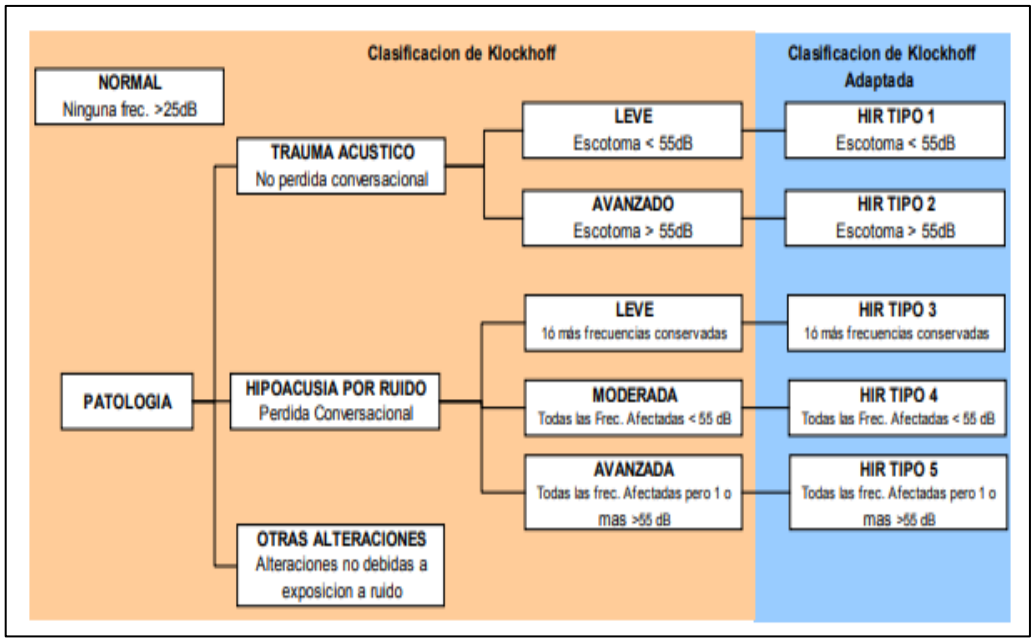


Figura 8. Clasificación de Klockhoff Adaptada para Hipoacusia Inducida por Ruido.

Fuente: GEMO -003/Guías de Evaluación Médico Ocupacional.

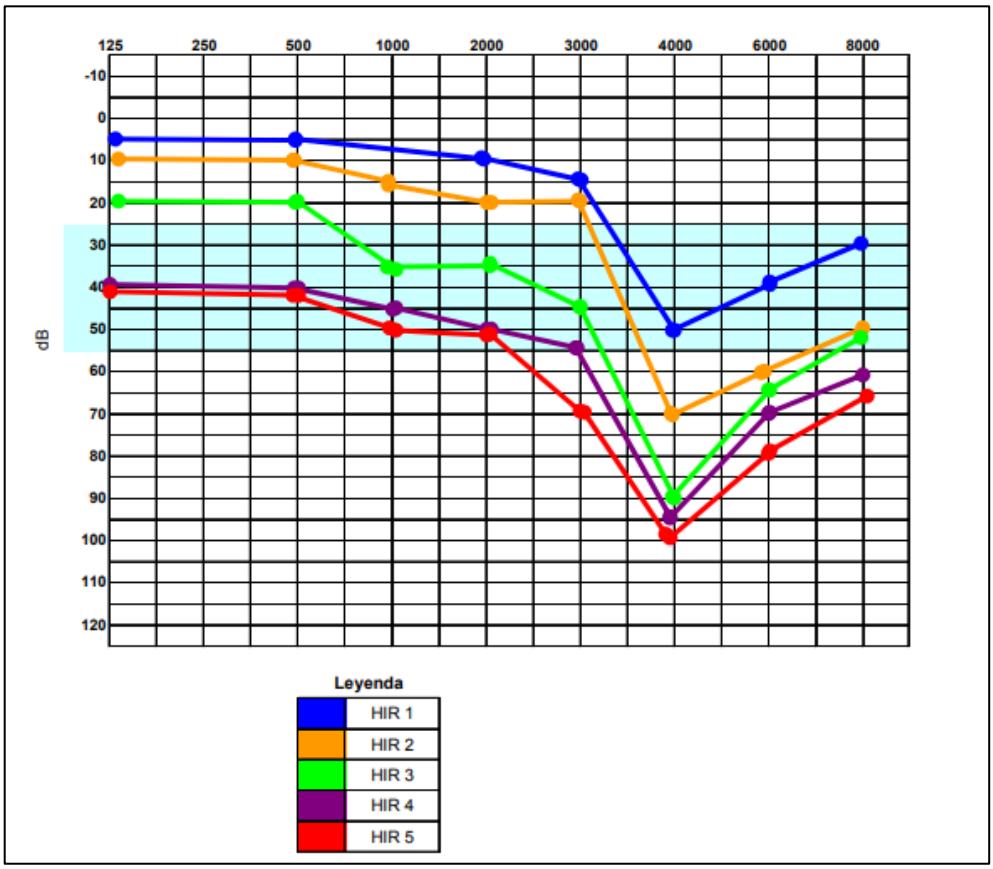


Figura 9. Gráficas de Audiometrías según la Clasificación de Klockhoff Adaptada.

Fuente: Fuente: GEMO -003/Guías de Evaluación Médico Ocupacional

b. AUDIOMETRÍA VOCAL

Se llevan a cabo dos pruebas estándar para evaluar la percepción y comprensión del habla, que son aspectos fundamentales de la audición:

Umbral de Recepción del Habla

El umbral de recepción del habla indica la intensidad (en decibelios) en la cual una persona puede repetir correctamente el 50% de palabras bisílabas equilibradas. Normalmente, este umbral concuerda (dentro de un rango de 6–10 dB) con el promedio de los umbrales tonales puros para frecuencias entre 500 y 2000 Hz. En adultos jóvenes, el rango normal está entre 0 y 20 dB, mientras que umbrales de 25–40 dB se consideran pérdida auditiva leve, de 40–55 dB moderada, de 55–70 moderadamente severa, de 70–90 severa y más de 90 dB pérdida auditiva profunda (15).

Puntuación de Reconocimiento de Palabras

En la puntuación de reconocimiento de palabras, también conocida como puntuación de discriminación del habla, se presentan palabras monosílabas equilibradas fonéticamente a intensidades usualmente superiores al umbral de recepción del habla (más 30–40 dB) para evaluar la comprensión del habla. Los resultados se formulan como un porcentaje de palabras repetidas correctamente. El porcentaje normal para adultos jóvenes es del 88 al 100%. Se disponen de listas de palabras para la mayoría de los idiomas. Una disminución severa generalmente indica una discapacidad auditiva socialmente significativa, aunque estas pruebas muestran una alta variabilidad en repeticiones (15).

c. AUDIOMETRÍA DE IMPEDANCIA O IMPEDANCIOMETRIA

Contrario a los exámenes audiométricos subjetivos, que requieren la colaboración del paciente, existen otros métodos conocidos como "objetivos", cuyas respuestas a estímulos sonoros son independientes de la conciencia del individuo. Estos métodos están diseñados para investigar los mecanismos fisiológicos del sistema auditivo, como la timpanometría, así como los reflejos motores o neurovegetativos ante estímulos sonoros, como el reflejo estapedial (19).

Timpanometría

La timpanometría utiliza un dispositivo acústico para evaluar la impedancia del tímpano y la cadena de huesecillos. Una disminución en la capacidad de respuesta del oído medio generalmente indica un vacío parcial debido a un problema en la trompa de Eustaquio, mientras que una falta de respuesta sugiere una perforación en el tímpano o la presencia de líquido en el oído medio. Por otro lado, un aumento en la respuesta puede indicar una laxitud en el tímpano o una disrupción en la cadena de huesecillos (15).

Prueba de Reflejo Acústico

Cuando los músculos del oído medio se contraen en respuesta a un ruido intenso, se produce un incremento medible en la impedancia del oído medio. La interpretación de la prueba de reflejo acústico también puede otorgar información sobre la salud de la parte auditiva del sistema nervioso central. Además, esta prueba puede indicar indirectamente el reclutamiento, que es el aumento anormal en la percepción del volumen del sonido que a menudo acompaña a la pérdida auditiva neurosensorial (15).

1.2.5.4. POTENCIALES EVOCADOS

Los potenciales evocados del tronco cerebral auditivo se han vuelto un recurso clínico crucial y son especialmente indicados en lactantes y niños pequeños, así como en individuos simuladores o disimuladores, y en el diagnóstico de condiciones como el neurinoma del acústico y otras lesiones del tronco cerebral. Básicamente, los Potenciales Evocados Auditivos representan la actividad eléctrica producida desde el oído interno (cóclea) hasta la corteza cerebral en reacción a un estímulo auditivo (17). La técnica implica la colocación de electrodos en la parte superior del cráneo y en ambas mastoides, seguida de una estimulación auditiva que registra una serie de ondas. Estas ondas representan la sucesiva sinapsis de la vía auditiva (19). Los potenciales cocleares se generan rápidamente luego del estímulo del receptor coclear, lo que significa que el período de análisis es muy corto, usualmente de unos pocos milisegundos. Sin embargo, los potenciales corticales requieren un trayecto más extenso hasta llegar a la corteza cerebral para procesar el mensaje auditivo, por lo que necesitan un período de análisis más largo, generalmente de cientos de milisegundos. El tiempo que transcurre desde el estímulo hasta la aparición de un determinado potencial evocado, medido en milisegundos, es conocido con el término de latencia, y es uno de los aspectos más relevantes en la evaluación clínica. Otro aspecto importante es la amplitud, la cual está influenciada por diversos factores, como la proximidad del lugar donde se origina el potencial y los electrodos utilizados para su registro (17).

La audiometría del tronco encefálico se utiliza cuando las pruebas audiométricas subjetivas estándares han resultado infructuosas. Hasta ahora, es la mejor prueba audiométrica objetiva para predecir los niveles de audición en las primeras etapas

de la vida y en pacientes que no colaboran. En el ámbito laboral, son importantes en la detección de simuladores y disimuladores (19).

1.2.6. PREVALENCIA E INCIDENCIA DE ENFERMEDADES AUDITIVAS OCUPACIONALES

La hipoacusia es un trastorno sensorial muy común en las personas y puede surgir en cualquier etapa de la vida. Se estima que alrededor del 10% de los adultos experimentan algún grado de pérdida auditiva, y aproximadamente el 33% de las personas mayores de 65 años necesitan algún tipo de ayuda para la audición. Uno de los problemas más frecuentes que enfrentan los otorrinolaringólogos y médicos generales es la hipoacusia neurosensorial inducida por el ruido. Cerca de un tercio de la población mundial y el 75% de los residentes en áreas urbanas sufren algún tipo de sordera o pérdida auditiva debido a la exposición a sonidos fuertes. En América Latina, la Organización Panamericana de la Salud informa que la hipoacusia se encuentra con una prevalencia promedio del 17%, especialmente entre trabajadores que laboran 8 horas al día durante 5 días a la semana durante un periodo de 10 a 15 años (15). El síntoma comúnmente asociado a la hipoacusia inducida por ruido es el tinnitus, el cual afecta al 15 % de los empleados expuestos al ruido en el trabajo, en contraste con el 5 % de aquellos que afirman no estar expuestos al ruido laboralmente. En los Estados Unidos, la pérdida de la audición causada por ruido industrial es una de las afecciones laborales más comunes, y en Europa, aproximadamente unos 35 millones de personas estarían en exposición a niveles de ruido nocivos. Las profesiones con mayor riesgo de pérdida auditiva incluyen la minería, la fabricación de productos de madera, la construcción, el transporte, la agricultura, las industrias, el personal militar y los músicos. Aunque la exposición al ruido elevado puede ser la causa principal de los problemas auditivos, factores como la demografía, la salud y el estilo de vida también pueden

contribuir. Varios estudios sugieren que la exposición al ruido puede tener otros efectos sobre la salud, como enfermedades cardiovasculares y trastornos digestivos. La pérdida auditiva relacionada con el trabajo puede afectar la capacidad de comunicación, aumentar el estrés social, causar depresión, disminuir la autoestima y afectar las relaciones interpersonales (12,13).

1.2.7. VIGILANCIA MÉDICO OCUPACIONAL EN EL TRABAJADOR EXPUESTO A RUIDO

Es necesario llevar a cabo un examen médico inicial que incorpore una audiometría antes de que el trabajador comience su labor, con el propósito de establecer los niveles de referencia para comparar las audiometrías posteriores (17).

Un aumento confirmado en el umbral auditivo de unos 10 dB desde el nivel basal en un promedio de tonos puros a frecuencias de 2000, 3000 y 4000 Hz (conocido como cambio de umbral estándar según STS u OSHA) no siempre deriva en una pérdida auditiva significativa, pero es un indicador clave temprano de posible daño auditivo permanente. Un cambio temporal en el umbral auditivo es otro indicador precoz y reversible de que el posible daño en las células ciliadas del oído interno podría avanzar hacia una pérdida auditiva inducida por el ruido, a menos que se procedan con intervenciones orientadas a la prevención. El tinnitus también es un síntoma que ocasiona una alerta temprana para la hipoacusia inducida por ruido. Otras señales tempranas de advertencia, como un cambio en el umbral auditivo sin corrección por edad de 10 dB o con corrección por edad de 8 dB, podrían tener una mayor capacidad predictiva para identificar a aquellos que desarrollarán una discapacidad auditiva. Lo que nos lleva a que, las personas que participan en programas destinados a la conservación auditiva y presentan cambios ya mencionados en las pruebas auditivas periódicas deben ser evaluadas cuidadosamente y recibir orientación sobre cómo evitar la exposición al ruido y utilizar adecuadamente los equipos de protección auditiva personal.

La corrección por edad de los audiogramas es un método de ajuste basado en la edad que facilita la comparación de las tasas de pérdida auditiva entre diferentes grupos de población. Aunque OSHA permite su uso, no lo exige. Los factores de corrección por edad representan promedios para una población, lo que significa que algunos individuos mostrarán una mayor pérdida auditiva relacionada con la edad que otros. Por lo tanto, al aplicar la corrección por edad a los audiogramas de seguimiento de una población expuesta al ruido, es posible que se detecten menos cambios confirmados de 10 dB. Además, al aplicar la corrección por edad a los resultados audiométricos de una persona que ha experimentado un cambio en el umbral, el médico especialista en medicina ocupacional debe considerar si existe un componente prevenible de pérdida auditiva inducida por el ruido en esa persona. Toda evaluación relacionada a pérdida de la audición necesita la revisión de todos los audiogramas previos, de igual forma de los registros existentes de exposición al ruido, el historial de uso de protección auditiva y el historial clínico, como apoyo en el diagnóstico de la pérdida auditiva inducida por el ruido. Se puede derivar a un especialista en audiología para una evaluación auditiva completa, que puede incluir pruebas de conducción ósea, para confirmar la naturaleza de la pérdida auditiva (15) .

1.3. DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD AUDITIVA PARA EL TRABAJO

1.3.1. DEFINICION DE DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD

Los términos de minusvalía, discapacidad e incapacidad son parte habitual del vocabulario médico y constituyen un componente significativo en la práctica diaria de los médicos laborales. Aunque comparten el aspecto de tratar sobre las limitaciones y deficiencias derivadas de patologías, lesiones o malformaciones en las personas, se distinguen claramente por la manera en que se evalúan, las prestaciones relacionadas y el contexto social o laboral al que pertenecen (22).

1.3.1.1. DISCAPACIDAD

Para poder definir discapacidad, primero debemos entender lo que es una deficiencia. Una deficiencia se refiere a cualquier carencia o irregularidad en una estructura o funcionamiento en el aspecto psicológico, anatómico o fisiológico. Esta condición puede darse de forma permanente o temporal y tiende a afectar sólo al órgano especificado (22). Es decir, una deficiencia se refiere a cualquier pérdida o anomalía en un órgano o su función normal (23).

La discapacidad se define como cualquier limitación significativa para llevar a cabo las actividades cotidianas, que haya persistido o se prevea que persista por más de un año y tenga su origen en una deficiencia. Esta condición se considera presente incluso si la persona puede superarla con la ayuda de dispositivos externos o asistencia de otra persona (23).

La discapacidad se caracteriza por una restricción o ausencia, debido a una deficiencia, en la capacidad de realizar una actividad de manera considerada

normal para los seres humanos. Esto abarca habilidades y comportamientos esenciales en la vida diaria, como la movilidad, la postura corporal, la destreza y otras limitaciones en la actividad. Las personas con discapacidad pueden experimentar esta condición como resultado directo de una deficiencia o como una consecuencia indirecta debido a su respuesta individual (22).

Una persona con discapacidad se define como alguien que presenta una o más deficiencias sensoriales, físicas, intelectuales o mentales permanentes. Cuando estas deficiencias interactúan con barreras tanto actitudinales como ambientales, la persona puede verse impedida en el ejercicio de sus derechos y su inclusión plena en la sociedad, en igualdad de condiciones con los demás (24).

La discapacidad no es una característica inherente a la persona, por lo tanto, utilizar el término "persona discapacitada" sería inapropiado. En cambio, la discapacidad se refiere a una situación en la que múltiples barreras hacen más difícil que una persona con deficiencia sensorial, física, intelectual o mental se desempeñe en iguales condiciones que otra persona que no cuente con dichas deficiencias. La garantía de los derechos de las personas con discapacidad consiste en lograr eliminar estas barreras. Por ejemplo, la dificultad para caminar se considera una deficiencia, mientras que la falta de acceso a un edificio debido a la ausencia de una rampa constituye una discapacidad. De manera similar, la dificultad para hablar se clasifica como una deficiencia, pero el impedimento para comunicarse debido a la falta de apoyo técnico adecuado se considera una discapacidad. (24,25).

El enfoque del modelo social de discapacidad reubica a las personas con deficiencias dentro de un contexto político, socioeconómico y cultural específico en lugar de considerarlas únicamente como individuos aislados. Este modelo, al

identificar a la sociedad como el principal factor en el problema de la discapacidad, aboga por soluciones que buscan una diferencia cultural y estructural que nos lleve a vencer las desigualdades sociales y también económicas. Esto implica garantizar la inclusión, igualdad de oportunidades, accesibilidad, y participación de las personas con discapacidad. Por lo tanto, es responsabilidad de la sociedad adoptar y ser promotora de políticas públicas y acciones que eliminen las barreras que afrontan estas personas. Según lo mencionado, la no discriminación hacia las personas con discapacidad no se limita a la ausencia de obstáculos generados por el Estado, sino que también requiere que el Estado tome medidas activas para asegurar la inclusión social de este grupo (24).

1.3.1.2. INCAPACIDAD

El concepto de incapacidad se diferencia en su enfoque, ya que se considera como una compensación destinada a cubrir la pérdida de una remuneración salarial de una persona producto de una enfermedad o accidente. Esta compensación económica se otorga cuando la persona, después de recibir el tratamiento adecuado y ser dada de alta médica, experimenta reducciones significativas y probablemente permanentes en sus funciones anatómicas o físicas, lo que resulta en una disminución o pérdida total de su capacidad para trabajar (23).

A lo largo del tiempo, los términos Discapacidad e Incapacidad han sido tratados de manera similar, pero en distintos ámbitos sociales, laborales y legales muestran diferencias importantes. Según la Real Academia Española, la Discapacidad se refiere a la limitación o dificultad para realizar actividades cotidianas normales debido a alteraciones físicas o mentales, mientras que la Incapacidad se define como la reducción de la capacidad laboral definitiva o temporal a causa de un

accidente o enfermedad, con posibilidad de recibir una prestación de la Seguridad Social. Así, la Incapacidad se relaciona con la capacidad de trabajo de una persona en función de su salud, mientras que la Discapacidad se vincula con la interacción entre la salud y el entorno en el que vive. El concepto de Capacidad, referido a la habilidad para realizar actividades, y su opuesto, Incapacidad, deben ser especificados según el contexto para evitar confusiones (22).

En resumen, la incapacidad laboral, también conocida como incapacidad para el trabajo, se refiere a la incapacidad de una persona para llevar a cabo sus tareas laborales debido a un accidente o enfermedad, los cuales no necesariamente están relacionados con el trabajo. Esta incapacidad puede ser permanente o temporal, y total o parcial. La incapacidad temporal tiene una duración determinada, que depende de la gravedad de las lesiones o enfermedades. Durante este período, el trabajador puede recibir una licencia. Si la incapacidad temporal es parcial y afecta la capacidad del trabajador para realizar sus tareas, la relación laboral se suspende temporalmente. Si la incapacidad temporal es total, el contrato de trabajo se suspende hasta que la persona se recupere. En cambio, la incapacidad permanente no es reversible y puede ser total o parcial, al igual que la temporal. La clasificación de una incapacidad como parcial o total está regulada por ciertos dispositivos normativos (25).

Entonces, la incapacidad laboral y la discapacidad son situaciones que involucran relaciones, pero son distintas entre sí. Esto significa que no deberían evaluarse basándose únicamente en la persona, sino también considerando el contexto. La discapacidad se presenta cuando las barreras sociales imposibilitan el ejercicio de un derecho, mientras tanto, la incapacidad laboral ocurre cuando la capacidad para

trabajar en un empleo (o en todos los empleos) se ve comprometida. Sin embargo, en ambas situaciones existe un factor biológico indiscutible: la discapacidad, se trata de una deficiencia, no obstante, en el caso de la incapacidad laboral, es una reducción en la habilidad para trabajar en la actividad habitual del individuo (24). En este sentido, las normativas internacionales han establecido distinciones entre ambos, si bien con desafíos. Sin embargo, en el contexto peruano, la normativa de este escenario no solo es desordenada, sino que su implementación afecta la igualdad legislativa de las personas con condición de discapacidad. Cuando hablamos del enfoque del modelo social, este abarca lo que es la discapacidad en sí, los conceptos de incapacidad e invalidez para el trabajo se reflejan alterados con la completa inclusión de las personas con discapacidad en el espacio laboral. En consecuencia, es fundamental que la regulación peruana (que incluye tanto el ámbito público como privado) se actualice, se armonice y considere estas nuevas realidades. La regulación actual provoca que las personas con discapacidad logren trabajar y contribuir al sistema de seguridad social, pero no tengan acceso al beneficio de la pensión por invalidez, ya que la discapacidad diagnosticada previamente se considera como invalidez preexistente, incluso si el sistema de pensiones (privado o público) está al tanto de esta condición. Esto involucra el no reconocer que la incapacidad para el trabajo se debe relacionar con el trabajo rutinario del individuo. Esta situación podría resolverse si:

- Se accediera que la persona discapacitada se afilie al sistema de seguridad social con una especie de cotización preexistente (un porcentaje fijo de la incapacidad podría considerarse al evaluar su incapacidad para el trabajo), o

- Si se tomara en cuenta la preexistencia para exceptuarlo de la cobertura (es decir, que no se considere como menoscabo al momento de establecer la invalidez, pero que no elimine la posibilidad de obtener el menoscabo correspondiente en el contexto de la relación laboral).

1.3.2. DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD AUDITVA

1.3.2.1. DISCAPACIDAD AUDITIVA

La discapacidad auditiva se describe como la alteración o pérdida de la función fisiológica y/o anatómica del sistema auditivo, lo que resulta en una dificultad para escuchar y, por ende, en una limitación en el acceso al lenguaje oral (26).

Los individuos con discapacidad auditiva tienen los mismos derechos laborales que aquellas sin discapacidad. Sin embargo, una de las diferencias entre ellos radica en que las personas con discapacidad auditiva enfrentan necesidades distintas, como el acceso al lenguaje o formas alternativas de comunicación. La diversidad lingüística es fundamental y debe ser preservada, ya que el idioma refleja la diversidad cultural humana. Para algunos sordos, la Lengua de Señas es una herramienta vital para comunicarse, la cual fomenta el pleno desarrollo de su inteligencia (27).

1.3.2.2. INCAPACIDAD AUDITIVA

El concepto de incapacidad fisiológica permanente se refiere al estado total de una persona, sin tener en cuenta su capacidad laboral u otras consideraciones sociales o económicas. Esta incapacidad nunca puede alcanzar el 100%, ya que eso implicaría la negación de toda función fisiológica, lo cual solo es compatible con la muerte. No obstante, cuando se menciona la incapacidad laboral o previsional, se hace referencia a la reducción de las habilidades de una persona para realizar sus funciones para el trabajo. Los criterios para evaluar la incapacidad fisiológica o personal y la incapacidad laboral son completamente diferentes e

independientes, y como tales, deben ser cuantificados de manera distinta. Por ejemplo, una pérdida auditiva moderada en la profesión de un músico puede representar una leve incapacidad fisiológica, pero al mismo tiempo puede ser considerada una incapacidad laboral grave (28).

1.3.3. ESTADÍSTICAS SOBRE DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD AUDITIVA OCUPACIONAL

1.3.3.1. INCIDENCIA Y PREVALENCIA MUNDIAL

De la población global, más de un 5% de la población global, que equivale a unos 430 millones de individuos, experimenta una pérdida de audición discapacitante y necesita rehabilitación entre niños y adultos. Se prevé que para el año 2050, esta cantidad podría sobrepasar los 700 millones, lo que representa aproximadamente una de cada diez personas. La pérdida discapacitante de la audición se define como una disminución auditiva superior a los 35 decibelios (dB) en el oído con mejor capacidad auditiva. Casi el 80% de la población afectada por este problema residen en países de bajos y medianos ingresos. Además, la prevalencia de la pérdida de audición se incrementa con la edad: más del 25% de los mayores de 60 años experimentan una pérdida de audición discapacitante (29). Se estima de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), que en un aproximado del 16% de diagnósticos de hipoacusia son producto de una exposición de la persona involucrada, al ruido (13).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) refiere que un aproximado del 17% de trabajadores que laboran en un ambiente de ruido durante 40 horas semanales, en jornadas de 8 horas al día distribuidas en 5 días por semana y expuestos de 10 a 15 años, presentan una prevalencia en hipoacusia (30) .

La incidencia de la hipoacusia neurosensorial inducida por el ruido ocupacional se ha calculado en distintos países. Los criterios para diagnosticar esta condición entre los trabajadores difieren de una nación a otra. La carga atribuida al ruido en el

ámbito laboral varía desde un 11,2% en Sudáfrica hasta un 58% en los Estados Unidos (Tabla 1).

En términos generales la incidencia de la hipoacusia neurosensorial inducida por el ruido ocupacional tiende a ser más alta en las regiones menos desarrolladas del mundo. Investigaciones previas han evidenciado que los hombres sufren mayores efectos tras la exposición al ruido en el entorno laboral que las mujeres. Esto puede explicarse por la mayor exposición de los hombres al ruido en el trabajo, debido a diferencias en las ocupaciones, los sectores económicos y los historiales laborales. También se sugiere que las diferencias fisiológicas entre los sexos, impulsadas por las hormonas, pueden influir en esta disparidad. Estudios en animales y humanos han señalado que el estrógeno y sus vías de señalización pueden ofrecer cierta protección contra la pérdida auditiva en las mujeres. Los grupos de edad de 30 a 44 y de 45 a 59 años presentan un mayor riesgo de sufrir pérdida auditiva debido a la exposición al ruido ocupacional, ya que corresponden a edades de actividad laboral más intensa (31).

Tabla 1. Resumen de la prevalencia de la pérdida auditiva inducida por ruido entre los trabajadores del mundo por año, reportada por ocupación por país, 2009-2019

Año de reportado	Países/ Regiones	Población/exposición/sexo/edad	Prevalencia (audición límite)
2009	Francia	Policías (norte =887) Edad media: 37,6 años Funcionarios (norte =805) Edad media: 41,8 años	28% (≧30dB) 16% (≧30dB)
2010	Noruega	Población general (norte =49.948) Edad media: 48,0 años (20-101)	10,3% (≧35dB)
2011	Holanda	Trabajadores de la construcción/hombres (norte = 24.670) Edad media: 44,3 años	22,1% (≧40dB)
2012	Ghana	Trabajadores de trituración de piedra (norte =140; varones: 137, mujeres: 3) Edad media: 42,6 años	21,5% (≧34dB)
2012	Sudáfrica	Mineros de oro (exposición al ruido subterráneo; norte =33,749) Mineros de oro (exposición al ruido de la superficie; norte =7456)	11,2% (≧40dB) 14,1% (≧40dB)
2013	Zimbabwe	Trabajadores mineros (norte =169; varón = 158, mujer = 11) Edad media: 34,8 años	37% (≧40dB)
2014	Ghana	Trabajadores del molino de mercado (norte =101)	24,8% (≧25dB)
2015	Nepal	Carpinteros/hombre (norte =88) Edad media: 23 años (20-31) Aserradores/hombre (norte =36) Edad media: 30 años (20-45)	31% (≧50dB) 44% (≧50dB)
2016	EE.UU	Trabajadores mineros (norte =7398; hombres: 7895, mujeres: 3) Edad media: 38,7 años (18-75) Extracción de petróleo y gas (norte =1072; hombres: 977, mujeres: 95) Edad media: 36,0 años (16-79)	24% (≧40dB) 14% (≧40dB)
2018	EE.UU	Sector agricultura/silvicultura/pesca/caza (norte =17.290; hombres: 12.482, mujeres: 4.808) Edad media: 34,9 años (18-75)	15,0% (≧40dB)
2018	EE.UU	Trabajadores de la construcción/hombres (97%)/caucásicos (89%) (total norte =19, 127). Edad media = 59,2 años	58% (≧40dB)
2019	Sur de Tailandia	Trabajadores de aserraderos (norte =699; hombres: 335, mujeres: 364) Edad media: 33,5 años (± 10,2)	22,8% (≧25dB)
2019	China	Fabricación de automóviles (norte =6667; masculino: 6427, femenino: 240)	28,8% (≧30dB)

Fuente: An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis, and preventive measures. Environ Health Prev Med. diciembre de 2020

1.3.3.2. INCIDENCIA Y PREVALENCIA PERUANA

Según El Registro Nacional de CONADIS (Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad) que, a la fecha, en el Perú existen 39,048 personas con discapacidad auditiva y, según el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática en el 2017, corresponde una de las primeras discapacidades en nuestro país con 7,6% del total de personas con discapacidad (5). Lamentablemente es complejo valorarla como una incapacidad para el trabajo.

Actualmente en Perú no se encuentra una estadística general de Hipoacusia Inducida por ruido en el ámbito ocupacional, sin embargo, existen estudios aislados de diversas regiones nacionales que nos dan una visión de la incidencia y prevalencia.

En un estudio realizado en una metalmecánica en Piura llegó a la conclusión que el 10,7% de la muestra sufrió de pérdida auditiva debido al ruido, la probabilidad de tener pérdida auditiva aumentaba en un 10% por cada año adicional de edad, y el historial de enfermedad o accidente laboral aumentaba en un 75% la probabilidad de tener pérdida auditiva (32).

En un estudio efectuado en una ferroviaria en Lima entre se halló que tanto entre los trabajadores que sufren de hipoacusia laboral como entre los que no la padecen, el porcentaje fue del 50%. Esto significa que en un 50% de los casos, el género masculino fue predominante (92.3%) (33).

En el año 2014 se evalúa a un grupo de colaboradores del sector construcción sólo en Lima Metropolitana llegando a la conclusión que la pérdida auditiva en un rango del 1 al 10% fue detectada en el 93,4% de los trabajadores de una empresa de construcción examinada. Los resultados de las pruebas auditivas mostraron una

mayor incidencia de daño en el oído del lado izquierdo, en el que la pérdida auditiva inducida por ruido causó una leve hipoacusia y un trauma acústico inicial (28).

Por otro lado, el Ministerio de Energía y Minas, cuenta con una estadística en el rubro de Minería sobre enfermedades ocupacionales a nivel nacional.

En el año 2022, según estadísticas de MINEM, se registran 8 casos de Hipoacusia neurosensorial bilateral, constituyendo el diagnóstico de enfermedad ocupacional con mayor incidencia en el rubro minero (Tabla 2) y (Figura 10).

CIE 10	2022-02		2022-03		2022-04		2022-05		2022-07		2022-10		2022-11		2022-12	
	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%	Cant	%
H90.3 - HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL, BILATERAL	1	100	4	100	1	100.	1	100	0	0.	1	100	0	0	0	0.
M70 - TRASTORNOS DEL TEJIDO BLANDO RELACIONADOS CON EL USO, EL USO EXCESIVO Y LA PRESION	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.	1	50.
T75 - EFECTOS DE OTRAS CAUSAS EXTERNAS	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.	1	100	1	50.
T75.2 - EFECTOS DE LA VIBRACION	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.	1	100	0	0.	0	0	0	0.
TOTAL	1	100	4	100	1	100.	1	100	1	100.	1	100.	1	100.	2	100.

Tabla 2. Casos de Enfermedad Ocupacional en año 2022

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

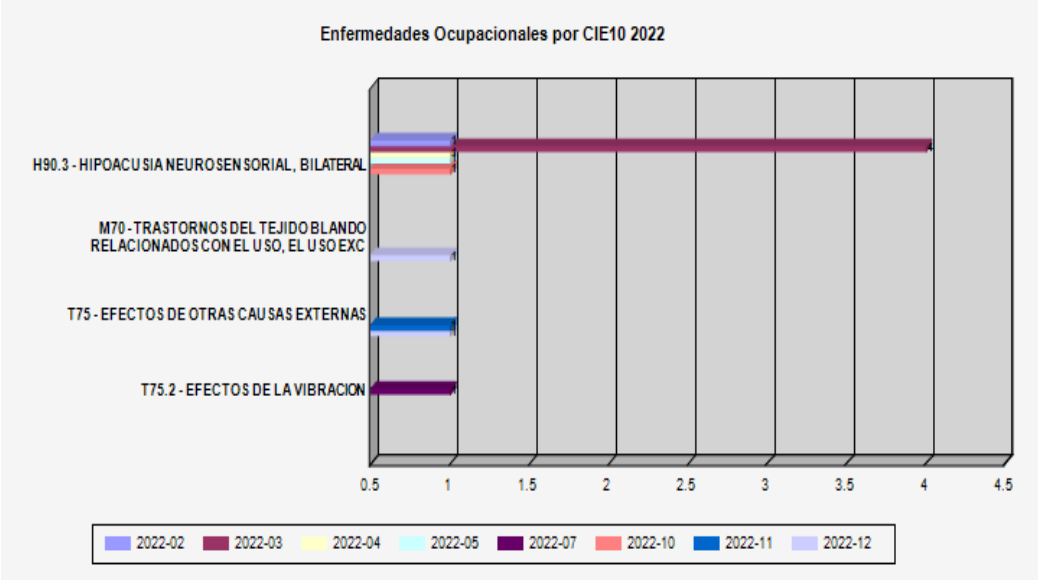


Figura 10. Gráfica de casos de Enfermedad Ocupacional en año 2022.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Además, en un estudio que recopilaba las enfermedades ocupacionales en Perú en minería entre los años 2011 a 2020, llega a la misma conclusión, que la principal afección laboral de los trabajadores mineros es la Hipoacusia (34), como puede observarse en la Tabla 3.

Enfermedad Ocupacional	2011 n (%)	2012 n (%)	2013 n (%)	2014 n (%)	2015 n (%)	2016 n (%)	2017 n (%)	2018 n (%)	2019 n (%)	2020 n (%)	TOTAL
Hipoacusia	938 (2.61)	6364 (17.73)	4790 (13.35)	4492 (12.52)	6414 (17.87)	2639 (7.35)	3505 (9.17)	3532 (9.84)	3098 (8.64)	119 (0.33)	35891 (100)
Neumoconiosis	237 (12.64)	452 (24.11)	312 (16.64)	267 (14.24)	277 (14.77)	55 (2.93)	135 (7.2)	77 (4.11)	63 (3.36)	0	1875 (100)
Intoxicación con mercurio	11 (91.66)	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (8.40)	12 (100)

Efecto tóxico: magnesio y sus compuestos	0	0	0	0	0	0	6 (54.54)	4 (36.36)	1 (9.1)	0	11 (100)
Dermatitis	0	5 (55,55)	4 (44.45)	0	0	0	0	0	0	0	9 (100)
Otros	15 (1485)	12 (11.88)	38 (37.62)	9 (81.81)	17 (16.83)	0	3 (2.97)	1 (0.99)	5 (4.95)	1 (0.99)	101 (100)
Total	1201 (3.17)	6833 (18.02)	5144 (13.57)	4768 (12.58)	6708 (17.7)	2694 (7.11)	36-49 (9.63)	3614 (9.54)	3167 (8.36)	121 (0.32)	37899 (100)

Tabla 3. Enfermedades ocupacionales en minería en el Perú durante el 2011 – 2020.

Fuente: Aquino-Canchari Enfermedades ocupacionales en minería en el Perú, 2011-2020. 2022;31.

1.3.4. VALORACIÓN DE DISCAPACIDAD E INCAPACIDAD AUDITIVA

Para alcanzar una evaluación precisa, ajustada, objetiva y práctica de la incapacidad auditiva, se deben seguir los siguientes pasos:

- Comprobar la lesión en la audición con criterios médico-legales.
- Establecer el origen laboral de dicha lesión.
- Efectuar el cálculo de la incapacidad auditiva siguiendo los estándares oficiales establecidos.

En Perú contamos con la Ley N° 26790, que instituye la creación del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR), el que se encarga de brindar Pensión de Invalidez y Prestaciones de Salud. Para lograr sus objetivos en cuanto a la calificación, la Comisión Técnica Médica ha presentado el documento técnico titulado "Evaluación y Calificación de la Invalidez por Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales" mediante el Ministerio de Salud (MINSA). Este documento busca proporcionar un contexto específico, estandarizado y claro mediante criterios técnicos que se utilizarán en el proceso de evaluación y de la calificación del grado de invalidez debido a enfermedades ocupacionales y accidentes laborales a nivel nacional, incluyendo la incapacidad auditiva (28).

1.3.4.1 PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIFICACIÓN DE INCAPACIDAD AUDITIVA

El proceso para establecer la incapacidad de un individuo dentro del sistema de pensiones privadas está definido en el Manual de Evaluación y Calificación del Grado de Invalidez, emitido por la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP,

según lo aprobado por la Resolución Nº 058-94-EF/SAFP (25). El cual se describe a continuación:

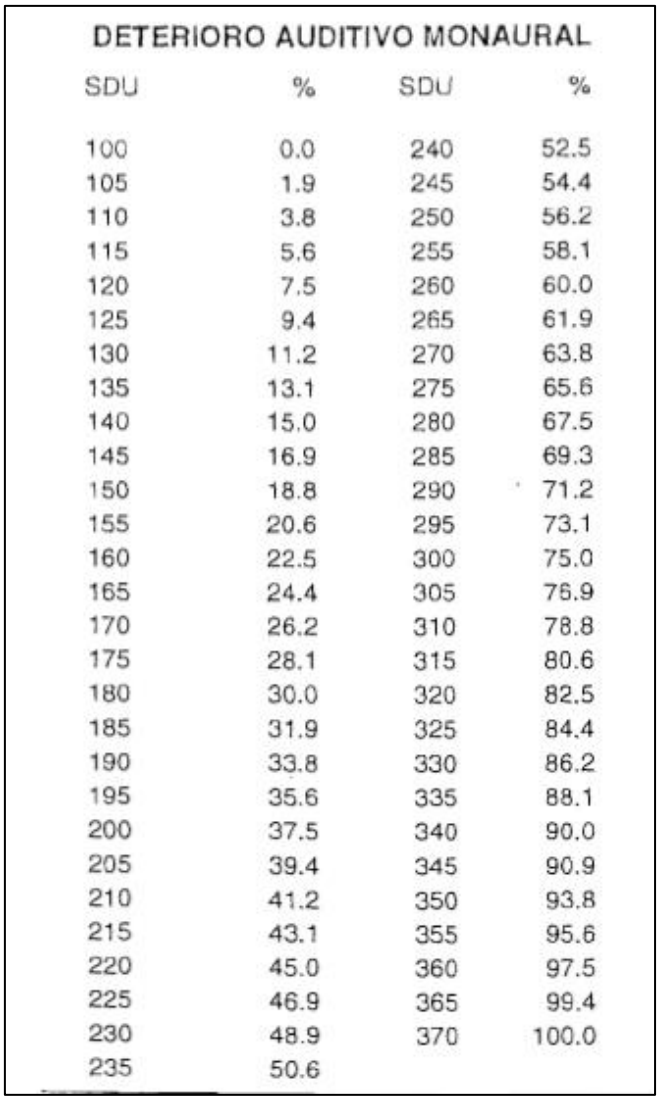
Es importante que para la evaluación de la capacidad de audición se considere considerar la habilidad de una persona para entender y escuchar el habla en actividades y conversaciones cotidianas. Para ello, basta con efectuar pruebas de audición en una cámara silente, donde se examinen las frecuencias de 500, 1,000, 2,000 y 4,000 Hz. La ley de Accidentes del Trabajo también considera las frecuencias de 4,000 y 8,000 Hz, ya que estas frecuencias suelen padecer el mayor daño por ruido. La comprensión del lenguaje que se escucha no siempre se puede medir con exactitud, por lo que habitualmente se examina solo la agudeza auditiva con un audiograma. Se deben realizar tres pruebas de audición con una separación de una semana, en un entorno tranquilo y alejado de ruidos durante al menos 12 horas antes de cada estudio. Se recomienda que estas pruebas se realicen la mañana temprano y que sean elaboradas por un operador con experiencia en otorrinolaringología o por fonoaudiólogos supervisados por un médico. Si se presenta una diferencia de más de 10 dB entre los promedios de las pruebas de un oído a otro, las audiometrías se considerarán no confiables y deben volverse a realizar hasta que las diferencias sean menores. Los umbrales auditivos de ambos oídos se determinarán en una cámara insonorizada y mediante pruebas de tonos puros, expresando los resultados en decibeles según los estándares definidos por ANSI S3.6-1969 (American National Standards Institute). Las pruebas de audición por vía ósea permiten distinguir entre lesiones del oído interno y retrococlear, y las del oído externo y medio, lo que puede influir en el tratamiento adecuado. El diagnóstico y pronóstico finales deben ser proporcionados por un

otorrinolaringólogo consultor. En casos donde las pruebas de audiometría sean insuficientes, se deben complementar con otros exámenes audiológicos, como la impedanciometría, logoaudiometría, potenciales evocados auditivos, entre otros (35).

Para evaluar el efecto de la pérdida auditiva, se calcula el promedio de los umbrales de audición en 500, 1,000 y 4,000 Hz para cada oído, y se determina el porcentaje de impedimento. Si no hay audición en una frecuencia determinada, se asigna el valor máximo de 92 dB. Para calcular el menoscabo global, se suman los promedios de pérdida de audición en cada rango de frecuencia y para cada oído, y se consulta una tabla específica para obtener menoscabo global de la persona (35).

Método para calcular el deterioro auditivo unilateral o monoaural (35)

Aunque para propósitos del análisis de la incapacidad resultante de la pérdida de la audición es suficiente continuar el procedimiento mencionado previamente, a continuación, se presenta el cálculo en detalle que nos posibilita determinar el impedimento causado por la hipoacusia en un solo oído. Para esto, se suman los niveles de audición umbral, medidos en las frecuencias de 500-1.000-2.000-4.000 Hz. Una persona puede detectar las frecuencias de 500-1.000-2.000 y 4.000 Hz. con una intensidad inferior a los 25 dB, lo que significa que la “suma promedio de los decibeles perdidos o suma de decibeles umbral auditivo” (SDU) será menor que 100. Para utilizar las tablas de cálculo, es necesario ajustarla hasta alcanzar 100. El cálculo en mención ya se encuentra resuelto en la siguiente tabla:



DETERIORO AUDITIVO MONAURAL

SDU	%	SDU	%
100	0.0	240	52.5
105	1.9	245	54.4
110	3.8	250	56.2
115	5.6	255	58.1
120	7.5	260	60.0
125	9.4	265	61.9
130	11.2	270	63.8
135	13.1	275	65.6
140	15.0	280	67.5
145	16.9	285	69.3
150	18.8	290	71.2
155	20.6	295	73.1
160	22.5	300	75.0
165	24.4	305	76.9
170	26.2	310	78.8
175	28.1	315	80.6
180	30.0	320	82.5
185	31.9	325	84.4
190	33.8	330	86.2
195	35.6	335	88.1
200	37.5	340	90.0
205	39.4	345	90.9
210	41.2	350	93.8
215	43.1	355	95.6
220	45.0	360	97.5
225	46.9	365	99.4
230	48.9	370	100.0
235	50.6		

Figura 11. Tabla de deterioro auditivo monoaural. Fuente: Manual de Evaluación y Calificación del Grado de Invalidez. Superintendencia de Banca, Seguros y AFP.

La tabla mencionada en la figura anterior (Figura 11), es la misma de "Equivalencia entre la suma de decibeles umbral auditivo (SDU) y porcentaje de Menoscabo Auditivo de la OMS" (Figura 12)

SDU	% MENOSCABO AUDITIVO	SDU	% MENOSCABO AUDITIVO
100	0.0	240	52.5
105	1.9	245	54.4
115	5.6	255	58.1
120	7.5	260	60.0
125	9.4	265	61.9
130	11.2	270	63.8
135	13.1	275	65.6
140	15.0	280	67.5
145	16.9	285	69.3
150	18.8	290	71.2
155	20.6	295	73.1
160	22.5	300	75.0
165	24.4	305	76.9
170	26.2	310	78.8
175	28.1	315	80.6
180	30.0	320	82.5
185	31.9	325	84.4
190	33.8	330	86.2
195	35.6	335	88.1
200	37.5	340	90.0
205	39.4	345	90.9
210	41.2	350	93.8
215	43.2	355	95.6
220	45.0	360	97.5
230	46.9	365	99.4
235	50.6	-	-

Figura 12. Equivalencia entre la suma de decibeles umbral auditivo (SDU) y porcentaje de Menoscabo Auditivo de la OMS. Fuente: Manual de Invalidez Permanente Asociación Médica Americana (AMA) año 2005 y Baremo Europeo de la Calificación de la Incapacidad Permanente.

Para poder entender el presente capítulo usaremos el siguiente ejemplo:

Hz	**O.I**	**O.D**
500	30	40
1000	30	40
2000	50	70
3000	50	80
SDU	160	230

Si colocamos el SDU en la Tabla de Deterioro Auditivo Monoaural, obtendremos en oído izquierdo una pérdida de 22.5% de pérdida auditiva y, en oído derecho 48.9% respectivamente.

Método para calcular el deterioro auditivo binaural (28,35)**:**

El cálculo para evaluar el deterioro auditivo binaural implica multiplicar el porcentaje de impedimento del oído con mejor audición por 5, sumarle el porcentaje del oído con peor audición, y luego dividir el resultado entre 6. Es decir, la fórmula es:

$$\frac{(\%\ \text{del oído mejor x } 5)\ +\ (\%\ \text{del oído peor x } 1)}{6} = \%\ \text{de deterioro binaural.}$$

Es importante tomar en cuenta que el oído mejor es el que su audición se halla más cercana al 100%. Entonces, según el ejemplo que tenemos, la fórmula quedaría de la siguiente manera:

$$\frac{(22.5\%\ \text{x } 5)\ +\ (48.9\%\ \text{x } 1)}{6} = 26.9\%$$

Aquí obtenemos un menoscabo auditivo o pérdida biaural de 26.9%. Además, el MINSA sugiere calcular el deterioro auditivo utilizando la misma fórmula, pero en vez de utilizar porcentajes que representen una pérdida en el mejor y peor oído, emplea el total de decibeles perdidos en ambos oídos (28). De esta manera, se obtendría:

$$\frac{(\text{SDU oído menos afectado x } 5)\ +\ (\text{SDU oído más afectado x } 1)}{6}$$

Con esta fórmula, tomando nuestro ejemplo, la tendríamos de la siguiente forma:

$$\frac{(160 \text{ x } 5) + (230 \text{ x } 1)}{6} = 171.6$$

De este cálculo se obtiene un valor de 171.6, que se encuentra dentro del rango de valores de SDU entre 170 y 175, según la tabla de menoscabo auditivo del MINSA, que es una adaptación de las pautas de la AMA del año 2005 y los baremos europeos de calificación de la incapacidad permanente. Este valor corresponde a porcentajes de menoscabo auditivo (pérdida auditiva biaural) que oscilan entre el 26.2% y el 28.1%, lo cual concuerda con el resultado del 26.9% de pérdida auditiva obtenido por la OMS mediante sus baremos y fórmulas y que es el mismo que usa el Manual de Evaluación y Calificación del Grado de Invalidez, emitido por la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP.

Siguiendo el ejemplo anterior, se logró calcular un porcentaje del 26.9% de pérdida auditiva biaural, ya sea utilizando la metodología sugerida por la OMS o por el MINSA y con el Manual de Evaluación y Calificación del Grado de Invalidez, emitido por la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. A continuación, se procede a convertir este porcentaje de pérdida auditiva biaural en un porcentaje de discapacidad (incapacidad) utilizando la tabla (Figura 13) que se presenta a continuación:

%Pérdida de audición biaural	% incapacidad	%Pérdida de audición biaural	% incapacidad	%Pérdida de audición biaural	% incapacidad	%Pérdida de audición biaural	%incapacidad
0-1,6	1	16,1-17.6	11	32,6-35	21	59,6-64	31
1,7-3,2	2	17,7-19,2	12	35,1-37,5	22	64,1-68,5	32
3,3-4,8	3	19,3-20,8	13	37,6-40	23	68,6-73	33
4,9-6,4	4	20,9-22,4	14	40,1-42,5	24	73,1-77,5	34
6,5-8	5	22,5-23,9	15	42,6-45	25	77,6-81,9	35
8,1-9,6	6	24-25,4	16	45,1-47,5	26	82-85,6	36
9,7-11,2	7	25,5-26,9	17	47,6-50	27	85,7-89,2	37
11,3-12,8	8	27-28,4	18	50,1-52,5	28	89,3-92,8	38
12,9-14,4	9	28,5-29,9	19	52,6-54,9	29	92,9-96,4	39
14,5-16	10	30-32,5	20	55-59,5	30	96,5-100	40

Figura 53. Tabla de "Correspondencia entre la pérdida biaural y el porcentaje de incapacidad".

Fuente: Valoración de las situaciones de minusvalías (OMS).

En conclusión, los resultados conducen a determinar, de acuerdo con la tabla que relaciona la pérdida binaural y el porcentaje de incapacidad, que hay una incapacidad del 17%. No obstante, también es factible calcular la incapacidad auditiva binaural utilizando la tabla proporcionada por la OMS (28).

1.3.5. IMPACTO DE LA DISCAPACIDAD AUDITIVA EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES

Se ha observado que la hipoacusia neurosensorial inducida por el ruido en trabajadores está relacionada significativamente con un mayor riesgo de sufrir lesiones laborales. Esto se debe a que los niveles de ruido elevados dificultan la capacidad para escuchar señales de advertencia, supervisar equipos, responder a sonidos ambientales y colaborar con otros compañeros. La incidencia de pérdida auditiva entre trabajadores expuestos al ruido varía según la industria y el tipo de trabajo. En general, los sectores con mayor riesgo de hipoacusia son la minería, la industria textil, la construcción y la fabricación de productos de madera. Además de los efectos auditivos, la hipoacusia neurosensorial inducida por el ruido también está vinculada con diversas consecuencias no auditivas. Entre estas se incluyen cambios de humor, problemas de cognición, trastornos del sueño y enfermedades cardiovasculares. Investigaciones previas han demostrado que niveles elevados de exposición al ruido están asociados con un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad por enfermedades cardiovasculares. Se estima que las personas con pérdida auditiva tienen entre un 10 y un 20% más de riesgo de mortalidad adicional. Se ha sugerido que la exposición al ruido puede activar respuestas del sistema nervioso autónomo y del sistema endocrino, lo que incrementa la secreción de hormonas del estrés y, a su vez, puede aumentar el riesgo de hipertensión, enfermedad coronaria y accidente cerebrovascular(31).

II. CONCLUSIONES

- La enfermedad auditiva ocupacional más frecuente en el Perú y en el mundo es la Hipoacusia inducida por ruido, por ello es importante reconocer cómo se produce el sonido en nuestro organismo, qué órgano es el afectado. Cómo se procede con el diagnóstico de una hipoacusia inducida por ruido, así como el reconocimiento de incapacidad y discapacidad auditiva.
- El sonido es producto de variaciones de presión que ocurren en la membrana timpánica. Los conceptos clave del sonido incluyen la intensidad, relacionada con la amplitud de la onda, y el tono, que depende de la frecuencia, es decir, el número de ondas por unidad de tiempo. Frecuencias menores a 500 Hz se perciben como sonidos graves, mientras que las mayores a 4000 Hz son agudas. La duración también influye en el tono, y sonidos de menos de 0.01 segundos no son audibles. La escala de decibeles (dB) mide las variaciones de amplitud, donde 1 decibel es 0.1 bel, una unidad logarítmica que compara la intensidad de un sonido con un estándar. Un valor de 0 dB no indica ausencia de sonido, sino que su intensidad es equivalente al sonido estándar.
- En el oído, se lleva a cabo la transducción del sonido, que implica convertir la presión sonora en energía eléctrica. Cada parte del oído tiene un papel particular en este proceso. Cabe destacar que el oído externo y medio contienen aire, mientras que el oído interno, donde se encuentra el órgano de Corti, está lleno de líquido. Así, para que ocurra la transducción, las ondas sonoras en el aire deben transformarse en ondas de presión dentro de este líquido.
- La exposición a niveles altos de ruido puede provocar cambios temporales o permanentes en el umbral auditivo. La exposición prolongada puede afectar la

transmisión de sonidos al cerebro y reducir el flujo sanguíneo a la cóclea. Las células ciliadas pueden sufrir alteraciones como fusión, alargamiento o desaparición de los estereocilios, lo que afecta la función auditiva y puede llevar a la pérdida de fibras nerviosas que las inervan. Además, los cambios en las estrías vasculares pueden disminuir la amplificación de señales auditivas en la cóclea, aumentando el umbral auditivo y causando degeneración nerviosa.

- Las principales características de la pérdida de audición inducida por el ruido en el ámbito laboral son:

a. Siempre es de tipo neurosensorial, afectando principalmente a las células ciliadas de la cóclea en el oído interno.
b. Suele ser bilateral, ya que el ruido ambiental en el trabajo afecta ambos oídos de manera simétrica.
c. El primer signo es una "muesca" en el audiograma en frecuencias altas (3000, 4000 o 6000 Hz) con recuperación en 8000 Hz, y con mayor exposición, pueden verse afectadas frecuencias más bajas (500, 1000 o 2000 Hz).

- Antes de que un trabajador comience su labor, es esencial realizar un examen médico inicial que incluya una audiometría para establecer niveles de referencia y poder comparar con audiometrías futuras. Un aumento de 10 dB en el umbral auditivo en frecuencias de 2000, 3000 y 4000 Hz, conocido como cambio de umbral estándar, puede indicar un posible daño auditivo permanente, aunque no siempre signifique pérdida significativa. Un cambio temporal en el umbral auditivo es un signo precoz y reversible de posible daño a las células ciliadas. El tinnitus también puede ser una señal temprana de

pérdida auditiva inducida por ruido. Además, cambios en el umbral auditivo de 10 dB (sin ajuste por edad) o 8 dB (con ajuste por edad) pueden ser indicadores predictivos de discapacidad auditiva. Los trabajadores con estos cambios, especialmente aquellos en programas de conservación auditiva, deben ser evaluados y recibir orientación sobre prevención y uso adecuado de protección auditiva.

- Se considera pérdida auditiva discapacitante cuando la disminución supera los 35 dB en el oído con mejor audición.
- En Perú, la falta de distinción entre incapacidad y discapacidad laboral puede afectar los derechos de los trabajadores en términos de reinserción laboral e indemnización.
- Es importante recalcar que en Perú no se cuenta con suficiente información estadística relacionada a enfermedades auditivas ocupacionales, así como de discapacidad e incapacidad auditiva relacionada al trabajo, por lo que se considera una oportunidad de mejora para posteriores estudios.

III. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Batlle ES, Scherdel EP, Estupiñá AB. Tratado de Audiología. 2nd ed. Elsevier Masson; 2013.

2. Rouvière H, Delmas André, Delmas V, Göetzens García V. Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional. Vol. 1, Cabeza y cuello. 11a ed. Barcelona: Masson; 2009.

3. Fisiología médica. 24a ed. México, Bogotá: McGraw-Hill Interamericana Editores Lange; 2013.

4. Hall JE, editor. Guyton y Hall Tratado de fisiología médica. 13th ed. Elsevier; 2016.

5. Costanzo LS. Costanzo Physiology. 7th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2018. 516 p.

6. Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS). Occupational hygiene - Occupational disease. 2017.

7. International Labour Organization (ILO). Identification and recognition of occupational diseases: Criteria for incorporating diseases in the ILO list of occupational diseases, meeting of experts on the revision of the list of occupational diseases (Recommendation No. 194) (Geneva, 27-30 October 2009). Geneva: ILO; 2009.

8. Congreso de la República del Perú. Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo [Internet]. 2011 [citado 2025 Feb 15]. Disponible en: https://diariooficial.elperuano.pe/normas/obtenerdocumento?IDNORMA=38

9. Koradecka D. Handbook of Occupational Safety and Health. CRC Press; 2010.

10. Kim EA, Kang SK. Historical review of the list of occupational diseases recommended by the International Labour Organization (ILO). Ann Occup Environ Med. 2013;25(1):14.

11. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Lista de enfermedades profesionales de la OIT [Internet]. Conferencia Internacional del Trabajo; 2010 [citado 2025 Feb 15]. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_125164.pdf

12. Medina ÁM, Gómez GIV, Vargas LG, Ayora MH, Trespacios EMV. Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. CES Salud Pública. 2013;4(2):116–24.

13. Moreira Mayorga DA, Alfonso Morejón EA. Hipoacusia inducida por ruido ocupacional (revisión de la literatura). RECIMUNDO. 2022;6(3):276–83.

14. Ladou J, Harrison R, editores. Current Diagnosis & Treatment: Occupational & Environmental Medicine. 6th ed. New York: McGraw-Hill; 2021.

15. Mirza R, Kirchner DB, Dobie RA, Crawford J. American College of Occupational and Environmental Guidance Statement: Occupational Noise-Induced Hearing Loss. J Occup Environ Med. 2018;60(9):E498–501.

16. Ministerio de Salud del Perú. Resolución Ministerial N.° 480-2008-MINSA Norma Técnica de Salud que establece el listado de enfermedades profesionales [Internet]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/276673/247955_RM480-2008EP.PDF20190110-18386-UF903A.PDF?V=1547167378

17. Gil Fernández F. Tratado de medicina del trabajo: Introducción a la salud laboral: Aspectos jurídicos y técnicos. 2a ed. Vol. 1. Masson; 2012.

18. Instituto Nacional de Salud. GEMO-003/Guías de evaluación médico ocupacional: Guía de práctica clínica para evaluación médica a trabajadores de actividades con exposición a factores de riesgo físico CIE-10 Z57 [Internet]. 2008. Disponible en: https://www.hospitalsjl.gob.pe/archivosdescarga/comunicaciones/RM484_2011_MINSA/GEMO-003%20GUIA%20DE%20EVALUACION%20POR%20EXPOSICION%20A%20RUIDO.PDF

19. Torres LM, Pardo G, Robles M, Noda I. Metodología para evaluar la audición. Su utilidad en el diagnóstico y prevención de la hipoacusia en trabajadores con riesgo. Rev Cuba Salud Trab. 2016;17(1):65–70.

20. Bernal JGV, García MIA, Quevedo MS. Libro virtual de formación en otorrinolaringología SEORL. España: Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial SEORL-PCF.

21. Moreno N, Marqués F. NTP 193: Ruido: vigilancia epidemiológica de los trabajadores expuestos [Internet]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/326853/NTP_193.PDF

22. Vicente-Herrero MT, Terradillos García MJ, Capdevila García LM, Ramírez Iñiguez de la Torre MV, Aguilar Jiménez E, López-González AA. Minusvalía, discapacidad e incapacidad. Una revisión desde la legislación española. Semergen - Med Fam. 2010;36(8):456–61.

23. Vicente-Herrero MT, et al. Discapacidad e incapacidad laboral en España. Actualización legislativa 2016. Rev Med Inst Mex Seguro Soc.

24. Bregaglio Lazarte R, Constantino Caycho R, Galicia Vidal S, Beyá González E. Discapacidad, invalidez, incapacidad para el trabajo y trabalenguas: ¿Si tengo discapacidad y trabajo, puedo cobrar pensión de invalidez? Derecho PUCP. 2016;(77):291–321.

25. Fasanando Van Oordt DA. Una tarea pendiente: La inexistencia de un procedimiento general para la evaluación y calificación de la incapacidad para el trabajo [Internet]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2021. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/24729/F

ASANANDO_VAN%20OORDT_DIEGO_ANDRES_TA.PDF?sequence=1&isAllowed=y

26. García JC. La discapacidad auditiva. Principales modelos y ayudas técnicas para la intervención. 2015.

27. Pérez HFM. Communication, work performance and hearing impairment. J Hum Sci. 2015.

28. Beas CJ. Evaluación de la incapacidad auditiva mediante el método AMA en trabajadores del sector de construcción en Lima Metropolitana 2014 [Internet] [Tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2016. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5665

29. World Health Organization. World Report on Hearing. Geneva: WHO; 2021.

30. Mesa de Consenso para la Vigilancia de la Salud de los Trabajadores. Hipoacusia inducida por ruido en el ámbito ocupacional. Ministerio de Producción y Trabajo de Argentina; 2018.

31. Chen KH, Su SB, Chen KT. An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis, and preventive measures. Environ Health Prev Med. 2020;25(1):65.

32. Cerro-Romero SM, Valladares-Garrido D, Valladares-Garrido MJ. Factores asociados a hipoacusia inducida por ruido en trabajadores de una empresa metalmecánica de Talara, Piura periodo 2015–2018. Rev Cuerpo Méd HNAAA. 2020;13(2):122–7.

33. Gamboa A, John W. Factores de riesgo asociado a hipoacusia inducida por ruido en trabajadores de una empresa ferroviaria en Lima, Perú durante el periodo 2019-2021. Lima; 2023.

34. Aquino-Canchari CR, Huamán-Castillón KM, Jiménez-Mozo F, Canchari CA. Enfermedades ocupacionales en minería en el Perú, 2011-2020. 2022;31.

35. Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. Manual de evaluación y calificación del grado de invalidez - AFP.