



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

**FACTORES ASOCIADOS A LA HIPOACUSIA
EN TRABAJADORES DEL
SECTOR MINERO, 2005 - 2025**

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

HUGO RENZO ROSPIGLIOSI LINO

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

Dra. Gladys Bernuy Moreno

CO ASESOR

Dr. Hector David Collantes Luna

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. JONH MAXIMILIANO ASTETE CORNEJO

PRESIDENTE

MG. VICTOR RAUL ZAMATA MAQUERHUA

VOCAL

MG. CINTHIA KARINA CRUZ MEZA

SECRETARIO (A)

DEDICATORIA.

A mi Madre quien me enseñó la importancia del estudio, A mi Padre por enseñarme el valor del esfuerzo. A mi esposa, por su constante apoyo. A Coco y Fito que son mi motivación.

AGRADECIMIENTOS.

A mis amigos y colegas de la maestría.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación Autofinanciado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	ROSPIGLIOSI LINO HUGO RENZO

Pertenecientes al programa de la **MAESTRÍA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE**, autores del trabajo titulado: **FACTORES ASOCIADOS A LA HIPOACUSIA EN TRABAJADORES DEL SECTOR MINERO, 2005 - 2025**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE** bajo la modalidad de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	BERNUY MORENO GLADYS	FAMED	ASESOR
2.	COLLANTES LUNA HECTOR DAVID	FAMED	CO ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **15%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **2964331327**; fecha de entrega: **18-05-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 18 de mayo de 2026**



Firma del asesor
N° DNI: 41513928
ORCID: 0000-0002-6963-6619



Firma del Co-asesor
N° DNI: 44600849
ORCID: 0009-0005-3126-7431

ÍNDICE

RESUMEN
ABSTRACT

INTRODUCCIÓN	1
1. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS	3
CAPÍTULO 1: LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR RUIDO	3
EL SENTIDO DE LA AUDICIÓN	3
ANTECEDENTES	3
FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN	4
FISIOPATOLOGÍA DEL DAÑO AUDITIVO	7
SONIDO Y RUIDO.....	8
EPIDEMIOLOGÍA.....	10
PATOGENIA	10
MECANISMOS PROTECTORES DEL DAÑO POR RUIDO	11
CUADRO CLÍNICO	13
EXÁMENES Y PRUEBAS DIAGNÓSTICAS	14
CLASIFICACIÓN DE LAS AUDIOMETRÍAS	16
CAPITULO 2 : FACTORES ASOCIADOS A LA HIPOACUSIA INDUCIDA AL RUIDO.....	18
DESENLACES ADVERSOS EN SALUD ASOCIADOS A LA HIPOACUSIA EN PERSONAS MAYORES	19
ESTRATEGIAS DE LA OPS/OMS ORIENTADAS HACIA EL TAMIZAJE DE LA HIPOACUSIA Y LA REHABILITACIÓN AUDITIVA	21
FACTORES ASOCIADOS A HIPOACUSIA INDUCIDA POR RUIDO.....	24
AUDIOMETRÍA Y ESTRATEGIAS LEGALES PARA LA PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA EN MINERÍA (RESUMEN TÉCNICO)	32
Estrategias legales y regulatorias en el ámbito ocupacional.....	34
Desafíos en países de medianos y bajos ingresos (LMIC) y estrategias adaptadas	35
CAPÍTULO 3 : VIGILANCIA MEDICA OCUPACIONAL DE LA EXPOSICIÓN DEL RUISDO EN EL ÁMBITO LABORAL.....	36
Evaluación audiométrica periódica y criterios de seguimiento médico	36
Importancia de la evaluación audiométrica ocupacional.....	36
Objetivos de la evaluación audiométrica periódica.....	37
Procedimientos técnicos de la evaluación audiométrica	37
Tipos de audiometrías.....	38
Periodicidad recomendada.....	38

Criterios de cambio significativo en el umbral auditivo.....	38
Interpretación clínica y seguimiento médico.....	39
Factores que influyen en la pérdida auditiva en minería.....	39
Innovaciones tecnológicas en la vigilancia auditiva.....	40
Evaluación de la eficacia del programa de conservación auditiva	41
Rol del médico ocupacional	41
Protocolos de control y prevención frente a la exposición al ruido ocupacional (en minería).....	42
Principios generales y marco normativo	42
Etapas del protocolo de control y prevención	43
Evaluación de eficacia y monitoreo del programa	46
Marco legal sobre salud ocupacional en la actividad minera en el Perú	47
1. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783)	48
2. Reglamento de la Ley N° 29783 (Decreto Supremo N° 005-2012-TR.....	48
3. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S. N° 024-2016-EM)	49
4. Actualizaciones normativas en minería.....	49
5. Rol institucional en la vigilancia de la salud ocupacional.....	50
6. Normas técnicas y guías del Ministerio de Salud.....	50
7. Obligaciones del empleador frente al riesgo de hipoacusia	51
8. Reconocimiento de la hipoacusia como enfermedad ocupacional	52
9. Fiscalización y sanciones.....	52
10. Brechas y desafíos	52
11. Recomendaciones para la gestión del riesgo auditivo	53
2. CONCLUSIONES	53
3. RECOMENDACIONES	56
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
5. ANEXOS	74

RESUMEN

La exposición continua al ruido en entornos mineros representa uno de los principales riesgos laborales, siendo la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido una de las afecciones más frecuentes y persistentes entre los trabajadores del sector. Este estudio se enfoca en analizar los factores asociados a la hipoacusia en trabajadores mineros, considerando los elementos ocupacionales, ambientales, individuales y organizacionales que contribuyen al deterioro auditivo progresivo. La pérdida auditiva se desarrolla como consecuencia directa de la exposición prolongada a niveles sonoros superiores a los límites permisibles, donde la intensidad del ruido, la duración de la exposición y la falta de medidas preventivas efectivas se correlacionan con el grado de daño coclear observado.

Asimismo, se identificaron factores comórbidos —como hipertensión arterial, diabetes mellitus, exposición a metales pesados y consumo de tabaco— que incrementan la vulnerabilidad del oído interno al comprometer la microcirculación coclear, potenciando la severidad del daño auditivo. La investigación resalta la importancia de la audiometría periódica como herramienta esencial para la detección temprana y la prevención del deterioro auditivo irreversible. No obstante, se evidenció una aplicación irregular de los protocolos de vigilancia audiométrica, lo que limita la eficacia de las estrategias preventivas.

En el ámbito legal, aunque existen normas nacionales e internacionales orientadas a la protección auditiva —como las disposiciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y del Ministerio de Energía y Minas del Perú—, su implementación y fiscalización en el contexto minero continúan siendo insuficientes. Se recomienda fortalecer los programas de control de ruido mediante una estrategia integral que combine controles de ingeniería, administrativos y el uso adecuado de protectores auditivos, acompañados de capacitación continua y monitoreo digital. La adopción de estas medidas no solo previene la hipoacusia laboral, sino que promueve un entorno

de trabajo más seguro y sostenible para los trabajadores del sector minero.

PALABRAS CLAVE: HIPOACUSIA, RUIDO OCUPACIONAL, MINERÍA.

ABSTRACT

Continuous exposure to noise in mining environments represents one of the main occupational risks, with noise-induced sensorineural hearing loss being among the most frequent and persistent conditions affecting workers in this sector. This study focuses on analyzing the factors associated with hearing loss in mining workers, considering the occupational, environmental, individual, and organizational elements that contribute to progressive auditory deterioration. Hearing impairment develops as a direct consequence of prolonged exposure to sound levels exceeding permissible limits, where noise intensity, duration of exposure, and lack of effective preventive measures correlate with the degree of cochlear damage observed.

Additionally, comorbid factors—such as arterial hypertension, diabetes mellitus, exposure to heavy metals, and tobacco use—were identified as increasing the inner ear's vulnerability by compromising cochlear microcirculation, thereby worsening auditory damage. The research highlights the importance of periodic audiometry as an essential tool for early detection and prevention of irreversible hearing deterioration. However, irregular application of audiometric surveillance protocols was observed, limiting the effectiveness of preventive strategies.

Legally, although there are national and international regulations aimed at auditory protection—such as those issued by the International Labour Organization (ILO) and the Peruvian Ministry of Energy and Mines—their implementation and enforcement within the mining context remain insufficient. It is recommended to strengthen noise control programs through an integrated strategy combining engineering and administrative controls and the proper use of hearing protectors, complemented by continuous training and digital monitoring. The adoption of these measures not only prevents occupational hearing loss but also promotes a safer and more sustainable work environment for mining workers.

KEYWORDS: HEARING LOSS, OCCUPATIONAL NOISE, MINING.

INTRODUCCIÓN

La pérdida auditiva inducida por ruido ocupacional continúa siendo un problema relevante de salud pública a nivel mundial, con mayor impacto en países industrializados, que se ha incrementado la exposición a altos niveles de ruido en los entornos laborales. (1).

En este contexto, la pérdida auditiva inducida por ruido ocupacional fue reconocida como la enfermedad profesional más frecuente en el año 2020, mostrando una prevalencia en ascenso a escala global Esta situación la convierte en una de las principales amenazas para la salud laboral contemporánea. (2).

El Informe Mundial sobre la Audición de la Organización Mundial de la Salud reveló que más de 1500 millones de personas padecen actualmente discapacidad auditiva. Dentro de estas cifras, la exposición a ruido ocupacional constituye la causa predominante de pérdida auditiva en la población adulta (3).

En el ámbito minero, la situación es particularmente crítica: uno de cada cuatro mineros presenta alteraciones auditivas, y hasta cuatro de cada cinco llegan a la jubilación con discapacidad auditiva atribuida al ruido. El 76 % de los trabajadores mineros están expuestos a niveles peligrosos, la cifra más alta entre las industrias principales (4).

Ramalingam A, et al. (2024) reportaron prevalencias de hipoacusia entre 13 % y 38 % en trabajadores mineros. Los subsectores de arena, carbón y metales presentan un riesgo superior, agravado por la limitada vigilancia, la baja adherencia al uso de protección y registros incompletos (5).

Asimismo, Naicker K, et al. (2024) documentaron que los diagnósticos organizacionales en minería reflejan ausencia de controles de ingeniería, programas de conservación

auditiva deficientes y actitudes desfavorables hacia el uso de protectores, elementos que perpetúan la progresión y carga funcional de la hipoacusia ocupacional crónica (6).

En el Perú, la hipoacusia inducida por ruido representa la enfermedad ocupacional más reportada en minería. Entre 2011 y 2020, concentró el 90,7 % de diagnósticos registrados, lo que evidencia una vigilancia insuficiente y debilidades en la gestión de la salud ocupacional minera (7).

Investigaciones en trabajadores peruanos expuestos a ruido describen prevalencias cercanas al 36 %, además de una asociación significativa con hipertensión. Este hallazgo sugiere que la hipoacusia laboral no solo afecta la esfera auditiva, sino que también incrementa riesgos cardiovasculares y agrava enfermedades crónicas (8).

Estudios recientes en empresas contratistas mineras muestran elevadas tasas de audiometrías alteradas y subregistro de casos. A ello se suman el incumplimiento en el uso de equipos de protección personal, la falta de programas preventivos y los controles de ingeniería insuficientes, factores que perpetúan la incidencia de hipoacusia (9).

Este estudio genera evidencia sobre hipoacusia ocupacional en técnicos mecánicos mineros, sistematizando literatura y normativa. Identifica riesgos, vacíos en programas auditivos y en la aplicación de GEMO 05 (10). Sus hallazgos fortalecerán protocolos preventivos, vigilancia auditiva y responsabilidad social empresarial, consolidando la protección auditiva como inversión estratégica en salud, seguridad y sostenibilidad laboral.

En este escenario, el problema de estudio se centra en la hipoacusia inducida por ruido en técnicos mecánicos del sector minero, particularmente en aquellos que laboran para empresas contratistas. Este grupo constituye una población laboral estratégica por su rol en

el mantenimiento de equipos, pero vulnerable debido a su exposición continua al ruido de maquinarias y a la limitada aplicación de medidas preventivas. El abordaje de esta problemática resulta crucial para diseñar estrategias efectivas que protejan la salud auditiva y, a la vez, mejoren la sostenibilidad del desempeño ocupacional en el rubro minero.

1. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

CAPÍTULO 1: LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR RUIDO

EL SENTIDO DE LA AUDICIÓN

La audición es uno de los sentidos más importantes del ser humano; no solamente permite relacionarse unos con otros a través del lenguaje, sino que además el lenguaje permite a los seres humanos la comunicación a distancia y a través del tiempo por lo que ha tenido una participación decisiva en el desarrollo de la sociedad y sus numerosas culturas. El lenguaje es la principal vía por la que los niños aprenden y ejerce un rol nuclear en el pensamiento y el conocimiento. La percepción del sonido nos da la posibilidad de acercarnos a las personas, comunicarnos con ellas y transmitirles emociones, es por ello que un niño calma su llanto al escuchar el arrullo y la voz de su madre, gracias a la audición podemos sentir miedo, alegría o tristeza según sean los sonidos o la música que escuchamos, de allí la importancia de la música incidental de las películas (11).

ANTECEDENTES

La hipoacusia es uno de los trastornos de los sentidos más frecuentes en el ser humano y puede presentarse a cualquier edad. Se calcula que cerca del 10% de la población adulta muestra algún grado de alteración en la audición, el 33% de personas mayores de 65 años tiene hipoacusia de magnitud suficiente como para necesitar prótesis auditiva (8). Se estima que un tercio de la

población mundial y el 75 % de los habitantes de ciudades industrializadas padecen algún grado de sordera o pérdida auditiva causada por exposición a sonidos de alta intensidad. Dentro de las enfermedades que generan pérdidas auditivas, la hipoacusia sensorineural (asociada al trabajo) es una de las más comunes. Es así como la Organización Panamericana de la Salud, refiere una prevalencia promedio de hipoacusia sensorineural del 17 % para América Latina, en trabajadores con jornadas de 8 h diarias, durante 5 días a la semana con una exposición que varía entre 10 a 15 años (8). En Estados Unidos la pérdida auditiva inducida por exposición a ruido de origen industrial es una de las enfermedades ocupacionales más frecuentes, Masterson y col. (2015), indican que la Hipoacusia sensorio neural es la enfermedad laboral más común en Estados Unidos y una de sus importancias radica en que es prevenible. Chadambuka y col (2013), colocan a la hipoacusia laboral como la tercera causa de enfermedad asociada al trabajo en Zimbawue; 13 así como también indican que la falta de programas de salud auditiva en los países en desarrollo provoca que la prevalencia de esta enfermedad v/s la misma prevalencia de hipoacusia sensorio neural en países desarrollados sea 10 veces mayor. . Con relación a la prevalencia de esta enfermedad según sectores productivos, la mayor exposición al ruido laboral y los riesgos de pérdida auditiva se encontraron entre los trabajadores de la minería y la construcción, según Tak et al 76% de los mineros de EE. UU. reportaron sobre una exposición peligrosa al ruido, mientras que Masterson et al informaron una estimación de la prevalencia de pérdida auditiva de casi el 30% entre los mineros de ese país. (9,10) Todo lo anterior genera diversas consecuencias no sólo para las personas que padecen esta enfermedad, sino también para los organismos de salud que deben atender a los trabajadores y finalmente para el Estado, el cual debe, en los casos más extremos asumir la pérdida de mano de obra y pensionar a trabajadores en edad productiva.

FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN

El oído humano se divide para su estudio en tres porciones, según la ubicación en el cráneo: oído externo, medio e interno. Los estímulos acústicos se trasladan a través de dichos segmentos del oído, obteniendo su conversión a impulsos nerviosos.

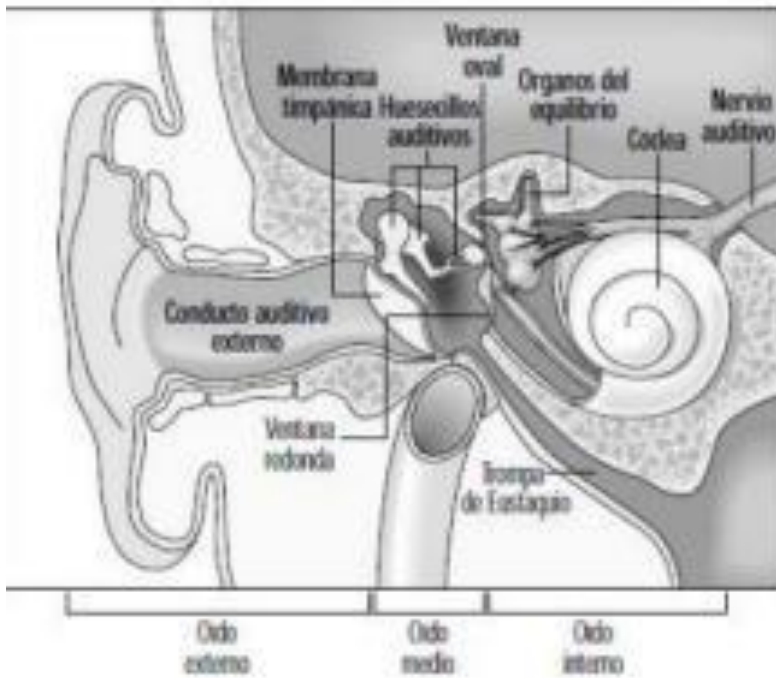


Figura 1: Diagrama del oído. Fuente Vásquez Palacios 2016

Anatómicamente su primera porción, el oído externo, está formado por el pabellón auricular, el conducto auditivo externo y la membrana timpánica; las dos primeras formaciones anatómicas funcionan como elementos de protección de las estructuras más internas del oído, así como también hacen el rol de caja de amplificación de las ondas auditivas transmitiendo las ondas sonoras propagadas a través del aire hasta la membrana timpánica. A continuación, y separado del oído externo por el tímpano, se encuentra el oído medio, la importancia de éste para el sentido de la audición es alojar a la cadena oscilar formada por los huesecillos auditivos (martillo, yunque y estribo), los cuales transmiten el movimiento del tímpano al oído interno a través de la ventana oval.

El sistema tímpanoosicular actúa como un adaptador de fase aumentando la energía de entrada, adecuando la diferencia de impedancias entre el medio aéreo gaseoso externo y el líquido del oído interno. (15,16,17). La membrana timpánica tiene una superficie aproximada de 60 mm² y la ventana oval de 3,2 mm², esta diferencia hace que, por la concentración de la energía, el aumento de esta corresponda aproximadamente a 26 dB. Funcionalmente el mecanismo de palanca que ejerce la cadena de huesecillos auditivos mejoraría la intensidad en 2.3 dB; como resultado final, el incremento total dado por el sistema tímpano-osicular estaría en el 15 orden de los 30 dB (15,36). Finalmente, alojado en la cavidad ótica y en el segmento anatómico conocido como el peñasco se encuentra el oído interno. En esta porción de la cavidad auditiva se aloja el órgano más importante de la audición, la Cóclea, la cual se encuentra constituida por un saco membranoso envuelto por una cubierta ósea que tiene una forma enrollada en espiral sobre su mismo eje generando una formación similar a la de un caracol. En el oído interno también se encuentran el Vestíbulo y los canales semicirculares; ambas estructuras son responsables del equilibrio. La Cóclea se divide a lo largo de toda su longitud en dos pisos; la rampa vestibular (superior) y la rampa timpánica (inferior), que se desarrollan en paralelo en el interior del hueso temporal. Ambas están separadas por la membrana basilar o lámina basilar. Sobre la lámina timpánica, dispuesto sobre toda su longitud, se encuentra el conducto coclear. Sobre la membrana basilar y a lo largo de ella se apoya directamente el órgano de Corti, en el cual se encuentran dispuestas las células ciliadas externas y las células ciliadas internas conocidas como las células sensoriales auditivas. Las células ciliadas internas tienen una importancia fundamental en la audición dada su responsabilidad en la traducción del estímulo acústico. De las células ciliadas internas se forman unas terminaciones nerviosas que constituyen el Nervio auditivo o Nervio vestíbulo coclear y se dirigen al tronco

encefálico, y de aquí al lóbulo temporal del cerebro, que es el área de la corteza cerebral

responsable de la percepción de los estímulos acústicos.

FISIOPATOLOGÍA DEL DAÑO AUDITIVO

La sensación sonora que percibe el oído, tanto sonido como ruido, dependen de la dirección, en forma de vector, que toman las ondas sonoras desde el oído externo constituido por el pabellón auricular, conducto auditivo externo y membrana timpánica, hacia el oído medio y a posterior hacia el oído interno hasta llegar a el Caracol Auditivo o Cóclea. Esta transmisión de energía se inicia como un estímulo mecánico en el aire y se transmite progresivamente por las estructuras del órgano de los sentidos hasta llegar a un medio acuoso en la Cóclea

(12). Este impulso mecánico es transformado en un estímulo neurológico y conducido hacia el cerebro por las células ciliadas del órgano de Corti dentro la Cóclea. Esta función depende de la integridad estructural de estas células, del ambiente que las rodea y de las estructuras vasculares locales. (12) El área más sensible a los ruidos se encuentra a unos 10 mm de la ventana oval y es la de los receptores de 4000Hz; por lo tanto, la frecuencia audiométrica que a menudo se afecta por los ruidos es esta misma, por lo tanto los audiogramas de las personas que trabajan en sitios ruidosos suelen arrojar una pérdida máxima en esta frecuencia aunque no son nada raras las pérdidas entre 2000 a 8000 Hz. (14). El daño al interior de la Cóclea tiende a establecerse en las primeras etapas de exposición a ruido y en mayor proporción sobre las células responsables de detectar sonidos en el rango de los 3.000 a 4.000 Hz., este daño progresaría dentro de la primera década de exposición, para luego alcanzar una meseta (18). En la medida que la persona siga expuesta a ruido las células de la Cóclea seguirán deteriorándose; es así como el siguiente grupo de células que sufren daño son las responsables de detectar las frecuencias de 6000 Hz seguido, aunque de forma más lenta, por las que detectan las frecuencias de 8.000 y 2.000 Hz, respectivamente. (18) En la mayoría de los casos esto causará en el trabajador expuesto, un déficit auditivo sensorineural bilateral y simétrico. (18, 14) La respuesta próxima al deterioro auditivo es un abombamiento

temporal de la sensación auditiva, la que cambia el umbral del sujeto desde un ruido apenas audible hacia un nivel más alto de ruido por un período de horas (14). Este desplazamiento transitorio del umbral auditivo certifica y evidencia exposición del trabajador a dosis elevadas de ruidos. SI la exposición al agente dañino es continua en términos de intensidad y tiempo, este desplazamiento temporal del umbral se convertirá en permanente. Anatómicamente, se puede observar que las células ciliadas externas son más susceptibles

al daño por ruido que las células ciliadas internas (19). Los desplazamientos transitorios del umbral se correlacionan en mejor forma con un enlentecimiento en la función de los estereocilios de las células ciliadas externas, lo que podría traducirse en una escasa respuesta al estímulo sonoro (19). Los desplazamientos de forma permanente de este umbral se relacionan con una disfunción, en primera instancia y luego, pérdida de los cilios adyacentes a las células que en principio resultan dañadas por la exposición permanente a ruido. Con una exposición más prolongada el daño puede ir desde la pérdida de las células de soporte hasta la disrupción completa del órgano de Corti. (19). El daño auditivo inducido por ruido o hipoacusia es del tipo sensorineural, nunca mixta, generada por la exposición continua al ruido. Se presenta en forma gradual, bilateral, simétrica y recuperable sólo en su inicio. (19)

SONIDO Y RUIDO

La física define el sonido como una vibración que se propaga a través de un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso); ahora bien, cuando se hace referencia al sonido audible por el oído humano, se define como una sensación percibida en el órgano auditivo, producida por la vibración que se propaga por un medio elástico en forma de ondas (16). Por otro lado, y con relación directa a la definición de sonido, el ruido se define como un sonido no deseado y molesto, el cual impide

la comunicación entre dos personas (16). En muchos lugares de trabajo, el ruido es considerado como un peligro primario que amenaza la salud humana y que daña de forma irreversible el sentido de la audición (20). El ruido puede conducir a serios problemas de salud, tales como el deterioro de atención, ansiedad, trastornos del sueño, depresión; sin embargo, el más conocido de estos efectos es la pérdida de audición inducida por el ruido que comúnmente se estudia debido a su carácter irreversible (20). Una condición particularmente especial, que presenta el ruido y que aumenta su potencial deletéreo es que, a diferencia de otros contaminantes ambientales, éste presenta un carácter acumulativo en el hombre en función del tiempo de exposición, es así como la exposición a ruido durante un periodo significativo da a lugar a la pérdida de la audición. En etapas tempranas la audición pérdida por el ruido es recuperable siempre y cuando el trabajador cese la exposición a niveles perjudiciales; sin embargo y ante la exposición permanente a ruido, el daño se torna irreversible ocurriendo una enfermedad ocupacional conocida como Hipoacusia Sensorineural. (21) De acuerdo a lo presentado por la Dra Pueyo en sus Tesis doctoral, la pérdida de la audición inducida por el ruido es una de las 3 principales causas de enfermedad asociada al trabajo y es responsable de forma directa o indirecta del 11% de los accidentes laborales en España, generando discapacidad auditiva permanente como resultado de la exposición prolongada a altos niveles de ruido (17); tal como fue mencionado anteriormente en Chile según el análisis realizado por el Dr García de la Asociación Chilena de Seguridad, la hipoacusia se encuentra dentro de las cinco enfermedades profesionales declaradas en esa Mutualidad (9), siendo esta exposición excesiva a ruido, la causa más común de pérdida de la audición, algunas de ellas relacionada con actividades profesionales (20), incluso los niveles de ruido moderado, supone que causa sólo cambios temporales en los umbrales auditivos ("temporal" HAIR), actualmente se sabe que causan sinaptopatía coclear y posterior neuropatía (20,21). La exposición continua a ruido superior a 85

dB(A) en 8 horas de exposición, provocará una pérdida gradual de la audición en un número significativo de individuos, y los ruidos de mayor intensidad aceleran este deterioro progresivamente, si no se controla la exposición. (20). La exposición prolongada a niveles de ruidos por encima del nivel de acción superiores a 80 dB (A) (según Instructivo para la aplicación del DS N° 594/99 del MINSAL, título IV, párrafo 3 agentes físicos-ruido, ISP Chile) puede causar pérdida de la audición inducida por ruido (PAIR), una deficiencia auditiva del tipo sensorineural bilateral (17). Generalmente el primer signo de daño auditivo del tipo PAIR, es una caída en el audiograma en las frecuencias de 3000, 4000 ó 6000 Hz con recuperación a los 8000 Hz, si la exposición a ruido no cesa y no existen mecanismos que protejan al trabajador del ruido esta caída puede profundizarse y progresar hacia las primeras frecuencias del Audiograma.

EPIDEMIOLOGÍA

Se estima que un tercio de la población mundial y el 75 % de los habitantes de ciudades industrializadas padecen algún grado de sordera o pérdida auditiva causada por exposición a sonidos de alta intensidad. La OPS refiere una prevalencia promedio de hipoacusia del 17

% para América Latina, en trabajadores con jornadas de 8 h diarias, durante 5 días a la semana con una exposición que varía entre 10 a 15 años. En los Estados Unidos de América, la pérdida auditiva inducida por exposición al ruido de origen industrial es una de las enfermedades ocupacionales más frecuentes. En Europa se estima que alrededor de 35 millones de personas están expuestas a niveles de ruidos perjudiciales (22).

PATOGENIA

Mecanismos favorecedores del daño por ruido

Teoría del microtrauma: Los picos del nivel de presión sonora de un ruido constante, conducen a la pérdida progresiva de células, con la consecuente eliminación de neuroepitelio en proporciones crecientes (23).

Teoría bioquímica. Postula que la hipoacusia se origina por las alteraciones bioquímicas que el ruido desencadena, y conlleva a un agotamiento de metabolitos y en definitiva a la lisis celular. Estos cambios bioquímicos son: disminución de la presión de O_2 en el conducto coclear; disminución de los ácidos nucleicos de las células; disminución del glucógeno, ATP; aumento de elementos oxígeno reactivos (ROS), como los superóxidos, peróxidos, y radicales de hidroxilo, que favorecen el estrés oxidativo inducido por ruido; disminución de los niveles de enzimas que participan en el intercambio iónico activo (Na^+), K^+)-ATPasa y Ca^{2+})-ATPasa) (24).

Teoría de la conducción del calcio intracelular. Se sabe que el ruido es capaz de despolarizar neuronas en ausencia de cualquier otro estímulo. Estudios recientes al respecto han demostrado que las alteraciones o distorsiones que sufre la onda de propagación del calcio intracelular en las neuronas son debidas a cambios en los canales del calcio. Los niveles bajos de calcio en las células ciliadas internas, parece intervenir en la prevención de la HIR.⁷

Mecanismo mediado por macrotrauma. La onda expansiva producida por un ruido discontinuo intenso es transmitida a través del aire generando una fuerza capaz de destruir estructuras como el tímpano y la cadena de huesecillos (24).

MECANISMOS PROTECTORES DEL DAÑO POR RUIDO

Mecanismo neural. Estudios en cobayos confirman la hipótesis que el sistema eferente coclear está involucrado en los mecanismos que subyacen en el "efecto de endurecimiento" a las altas frecuencias. Este efecto se define como una reducción progresiva del umbral cuando

exposiciones repetidas a un mismo ruido son aplicadas. La neurectomía vestibular realizada a través de la fosa posterior, asegurando la interrupción de las fibras olivococleares cruzadas y no cruzadas en un solo oído, antes de su entrada en el canal auditivo, origina hipoacusia por exposición a ruido, comparado con el oído contralateral no operado (25).

Mecanismo antioxidativo: La ausencia de sustancias antioxidantes como las superóxido dismutasas (CuZn-SOD) y glutatión potencian el daño inducido por ruido. Estas ejercen un mecanismo protector sobre la cóclea (26).

Mecanismo de acondicionamiento del sonido. Se continúan acumulando evidencias que demuestran la importancia de la reducción de los efectos deletéreos del trauma acústico por acondicionamiento del sonido, este es un proceso de exposición a niveles bajos de ruido no dañino, para crear efectos protectores a largo plazo en detrimento de las formas perjudiciales subsecuentes de trauma acústico. Diferentes paradigmas de sonido condicionado han sido probados con éxito para prevenir los cambios patológicos del sistema auditivo (27).

Hipoacusia inducida por el ruido

La HIR se define como la disminución de la capacidad auditiva de uno o ambos oídos, parcial o total, permanente y acumulativa, de tipo sensorineural que se origina gradualmente, durante y como resultado de la exposición a niveles perjudiciales de ruido en el ambiente laboral, de tipo continuo o intermitente de intensidad relativamente alta (> 85 dB SPL) durante un periodo grande de tiempo, debiendo diferenciarse del Trauma acústico, el cual es considerado mas como un accidente, más que una verdadera enfermedad profesional. La HIR se caracteriza por ser de comienzo insidioso, curso progresivo y de presentación predominantemente bilateral y simétrica. Al igual que todas las hipoacusias sensorineurales, se trata de una afección irreversible, pero a

diferencia de éstas, la HIR puede ser prevenida (28).

Desde un punto de vista conductual y para su mejor comprensión y adecuado seguimiento audiológico la HIR se puede dividir en cuatro fases o etapas basándonos en las clasificaciones de Azoy y Maduro:

Fase I (de instalación de un déficit permanente). Antes de la instauración de una HIR irreversible se produce un incremento del umbral de aproximadamente 30-40 dB en la frecuencia 4 kHz. Esta fase tiene como característica que el cese de la exposición al ruido puede revertir el daño al cabo de los pocos días. Fase II (de latencia). Se produce después un periodo de latencia donde el déficit en los 4 kHz se mantiene estable, ampliándose a las frecuencias vecinas en menor intensidad e incrementándose el umbral entre 40-50 dB, sin comprometer aun la comprensión de la palabra pero ya no hay reversibilidad del daño auditivo. Su descubrimiento reviste importancia en lo concerniente a la profilaxis. Fase III (de latencia subtotal). Existe no solo afectación de la frecuencia 4 kHz sino también de las frecuencias vecinas, se produce un incremento del umbral entre 70-80 dB, acarreado por ende la incapacidad en la comprensión de la palabra.

Fase IV (terminal o hipoacusia manifiesta). Déficit auditivo vasto, que afecta todas las frecuencias agudas, con compromiso de frecuencias graves y un incremento del umbral a 80 dB o más (29).

CUADRO CLÍNICO

La HIR requiere cuidadoso estudio de toda la información disponible, desde la anamnesis y la exploración clínica y los datos obtenidos en mediciones audiométricas. La anamnesis, no sólo debe incluir información médica y física del sujeto sino también una cuidadosa investigación sobre

exposición personal al ruido.

Está conformada por síntomas auditivos, como hipoacusia, *tinnitus* y vértigo (Habitualmente los reportes de la literatura plantean que el ruido no produce efectos adversos sobre el sistema vestibular. Estudios recientes plantean la existencia de trastornos vestibulares en hipoacusias asimétricas, estando ausentes en las hipoacusias simétricas). Otros plantean que el ruido de impulso origina deterioro del sistema vestibular, principalmente del órgano otolítico.

Entre los efectos no auditivos se destacan: hipertensión arterial, taquicardia, taquipnea, hiperacidez, disminución del apetito, interfiere en la comunicación hablada, puede causar distracción y mayor propensión a sufrir accidentes de trabajo, disminución en el desempeño laboral, incremento del nivel personal de estrés, irritabilidad y alteraciones del sueño (26).

EXÁMENES Y PRUEBAS DIAGNÓSTICAS

Los exámenes y pruebas diagnósticas revisten una gran importancia para el estudio, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación del paciente; en este trabajo se abordarán los más frecuentemente utilizados en la práctica audiológica y de la medicina ocupacional, con un enfoque de las técnicas diagnósticas más novedosas disponibles en la actualidad.

Audiometría tonal liminar

Examen por el cual se determina el grado o extensión de la pérdida auditiva. El objetivo es obtener los umbrales para las notas puras de tono o frecuencia variable de la vía aérea y ósea. Se registra en una gráfica, audiograma, que muestra el nivel del umbral de la audición de un individuo en función de la frecuencia (Hz) y la intensidad (dB). La función de la audiometría no se limita solo

a la mera obtención de umbrales de audibilidad, sino que esta tiene un amplio uso en la prevención, diagnóstico, terapéutica y seguimiento evolutivo de las pérdidas auditivas, lo que permite en ocasiones realizar un diagnóstico etiológico de ellas.

Deben realizarse 2 audiometrías con una separación mínima entre ellas de una semana. De producirse más de 10 dB de diferencia en los promedios auditivos encontrados entre un examen y otro, deberá de realizarse una tercera prueba. En los casos en los que el examen audiométrico no fuera suficiente para realizar un diagnóstico exacto del daño auditivo, de origen ocupacional, deberá complementarse con otros exámenes audiológicos.

Periodicidad de las audiometrías

No existe un consenso acerca del este tema, pero se consideran razonables los plazos siguientes:

- Audiometría anual para los trabajadores expuestos a niveles de presión sonora (NPS) iguales o superiores a 90 dB (A), 8 h diarias.
- Control audiométrico cada 2 años a los expuestos a NPS entre 85 y 89 dB (A), 8 h diarias.
- Control audiométrico cada 3 años a los expuestos a NPS entre 80 y 84 dB (A), 8 h diarias.
- Audiometría de retiro a todos los trabajadores que hayan estado expuestos a NPS iguales o superiores a 80 dB (A), 8 h diaria (27).

No obstante, los NPS no son el único ni el más importante factor para definir la periodicidad

de las audiometrías. El juicio médico puede modificar los plazos en relación con factores como, edad, tiempo de exposición, uso de protectores auditivos y resultados audiométricos previos (28).

CLASIFICACIÓN DE LAS AUDIOMETRÍAS

En este aspecto existe una amplia gama de criterios, que no siempre nos informan de la realidad existente. Para unificar los métodos de clasificación muchas instituciones laborales y de salud han adoptado el ofrecido por el profesor. *Hermann ER* por considerarse útil, práctico y fácil de calcular.

Este método clasifica las audiometrías según el deterioro en las frecuencias conversacionales principales, mediante el sistema SAL (del inglés Speech Average Loss), y según la pérdida en 4000 Hz, mediante el sistema ELI (del inglés Early Loos Index). (29).

Potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC)

Prueba electrofisiológica, de la respuesta cerebral a un estímulo dado. Diferencia el origen de la hipoacusia sensorioneural (coclear o retrococlear) y se utiliza para valorar la integridad del tallo cerebral en síndromes neurológicos e igualmente en la búsqueda de umbrales auditivos en pacientes que no colaboran o simulan hipoacusia.

La interpretación del PEATC desde un perfil audiológico se caracteriza por:

- La ausencia de respuesta a los 30 dB nHL revela la presencia de una hipoacusia.
- La presencia de los 3 picos principales con valores de latencias absolutas prolongadas y latencias interpicos dentro de límites normales a 70 dB nHL, es un signo típico de

hipoacusia conductiva.

- La ausencia de las respuestas (no aparición de ningún componente), cuando no influyen problemas técnicos, constituye un signo típico de hipoacusia severa por lesión del receptor.
- La presencia solamente del pico V con latencia absoluta dentro del límite normal o ligeramente prolongada a 70 dB nHL, sugiere una hipoacusia neurosensorial, al igual que la presencia de los picos I, III, y V con valores de latencias absolutas e interpicos a 70 dB nHL, con umbral electrofisiológico por encima de 30 dB nHL (34).

Potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias (PEAeMF)

Con la técnica de PEAeMF es posible la realización de un audiograma electrofisiológico confiable, lo que puede ser empleada como una nueva alternativa en el estudio de las hipoacusias inducidas por ruido.

En particular, la respuesta de estado estable que se obtiene en el rango de frecuencias entre 80-110 Hz es generada probablemente por la superposición de los PEATC y por tanto, es poco afectada por el sueño y la sedación. Esto le confiere un gran valor como instrumento de exploración audiométrica ya que no se requiere la cooperación del sujeto (34).

Emisiones otoacústicas

Las emisiones otoacústicas son en la actualidad la prueba objetiva, no invasiva y de bajo costo que nos ofrece datos de las frecuencias agudas tan necesarias para el habla y el lenguaje. *Attias* y otros buscaron la relación entre los umbrales auditivos por audiometría y la presencia de emisiones otoacústicas, en pacientes con HIR o sin ella, y encontraron que en los pacientes

expuestos a ruido las emisiones estaban muy disminuidas, aun cuando los umbrales auditivos no mostraban cambios importantes, lo que demuestra que las emisiones otoacústicas representan una medida más exacta del daño coclear que está produciendo la exposición a ruido aún antes de que el paciente pueda percatarse de ello, lo que confirma que las emisiones otoacústicas ofrecen una elevada sensibilidad (79-95 %) y especificidad (84-87 %), y proveen en muchas ocasiones información indispensable en casos médico- legales, en los cuales la configuración de los umbrales audiométricos son necesarios para obtener un diagnóstico preciso de la hipoacusia y que la compensación sea proporcional a la severidad de esta. Estos estudios demuestran que las emisiones otoacústicas proveen objetividad y certeza elevada, complementando el audiograma en el diagnóstico y monitoreo del estado de la cóclea después de la exposición a un ambiente ruidoso (35).

CAPITULO 2 : FACTORES ASOCIADOS A LA HIPOACUSIA INDUCIDA AL RUIDO

Se han identificado factores de riesgo y factores protectores en relación con la capacidad auditiva a lo largo de la vida. Dentro de los factores de riesgo se encuentran factores genéticos, comorbilidades perinatales, infecciones del sistema nervioso central y del oído en la infancia, exposición a químicos y ruidos en el trabajo, traumas craneoencefálicos y auditivos, tabaquismo,

medicamentos ototóxicos, deficiencias nutricionales y en personas mayores la otosclerosis y la degeneración neurosensorial relacionada con la edad. Por otro lado, la nutrición materna, la lactancia, la adecuada higiene del oído, la prevención y protección ante el ruido y traumas craneoencefálicos, la vacunación, la adecuada nutrición a través del tiempo y el estilo de vida saludable son factores que disminuyen el impacto negativo sobre la capacidad auditiva a lo largo del curso de vida (36,37).

La hipoacusia se encuentra dentro de las principales causas de años vividos con discapacidad. Algunos autores han abordado la carga global de la pérdida auditiva (38) y describen las distintas colaboraciones, comisiones, academias y organizaciones que han trabajado durante los últimos años en reducir esta carga de enfermedad.

La pandemia por COVID-19 y la implementación de medidas de distanciamiento social y uso de equipos de protección personal, así como el uso de tapabocas, han aumentado las barreras entre las personas con déficit auditivo, ya que se han visto con mayor limitación para la interacción y comunicación en su entorno familiar y en la comunidad. En el Informe mundial sobre la audición lanzado por la OMS en el 2021 (36), se plantea este tema como una prioridad para las políticas de salud pública y la relevancia de su detección, rehabilitación y seguimiento oportuno a lo largo del curso de la vida. Adicionalmente, y con motivo de la Década del envejecimiento saludable se promueve el combate al edadismo, favorecer entornos que fomentan las capacidades, acceso a servicios de salud que respondan a las necesidades de las personas mayores y servicios de atención a largo plazo para quienes lo requieran (39).

DESENLACES ADVERSOS EN SALUD ASOCIADOS A LA HIPOACUSIA EN PERSONAS MAYORES

Se ha descrito la relación entre la hipoacusia con el mayor riesgo de presentar deterioro cognitivo, depresión, ansiedad; a nivel social la sensación de inseguridad, estigma y aislamiento, así como su relación con alteraciones en la movilidad como el mayor riesgo de caídas, menor

velocidad de la marcha, menor actividad física, mayor incidencia de fragilidad y por ende, de discapacidad (41); influyendo en los otros dominios de la capacidad intrínseca. Del mismo modo, se ha relacionado la hipoacusia con una mayor probabilidad de tener menos años de educación y mayor desempleo y tiempo de estancia hospitalaria (36).

A nivel cognitivo, la hipoacusia se considera como el factor de riesgo con mayor potencial para ser modificado y disminuir el riesgo de trastorno neurocognitivo (42). Dentro de las posibles causas de esta relación se encuentran la teoría de la carga o reserva cognitiva, los cambios relacionados con el envejecimiento cerebral, el sobrediagnóstico de trastornos neurocognitivos en personas con fallas en la audición y la hipótesis de cascada (43). Estudios (44) han sugerido el efecto protector de los dispositivos de asistencia auditiva tanto de audífonos como de implantes cocleares a corto plazo, sin embargo, aún se requieren mayor cantidad de estudios longitudinales para tener evidencia con mayor poder en cuanto al efecto de la rehabilitación auditiva en la cognición (45). Por el momento, estudios de casos (46) sugieren que el manejo de la pérdida auditiva puede disminuir las comunicaciones estresantes con los cuidadores y mejora los síntomas comportamentales asociados a trastornos neurocognitivos (47).

A nivel emocional, puede generar depresión, aislamiento social y soledad, condiciones que se han relacionado con deterioro de la calidad de vida, sedentarismo e incluso mayor progresión del deterioro cognitivo (48). Por el momento se requieren estudios que investiguen si la rehabilitación cognitiva puede contribuir con la disminución de la soledad y el aislamiento social (49). Esto se ha visto agravado por el contexto de pandemia que estamos viviendo, donde además de la dificultad en la interacción y comunicación por el uso de equipos de protección personal, las medidas de restricción implementadas afectan tanto a quien cursa con hipoacusia como al otro interlocutor, generando malentendidos y frustraciones.

ESTRATEGIAS DE LA OPS/OMS ORIENTADAS HACIA EL TAMIZAJE DE LA HIPOACUSIA Y LA REHABILITACIÓN AUDITIVA

El aumento de la expectativa de vida a nivel mundial ya es una realidad y la gran mayoría de las personas mayores no cuentan con un proceso de envejecimiento saludable, prevaleciendo en mayor medida condiciones discapacitantes que podían ser evitables con acciones oportunas. Por esto ha resultado prioritario la creación de estrategias a nivel de organizaciones mundiales que promuevan cambios poblacionales y busquen un mejor envejecimiento y menor discapacidad (50).

En el Informe mundial de la audición de la OMS , se resalta la importancia de la prevención y rehabilitación de la pérdida auditiva adicional a los retos en el acceso y recursos. Se describen ejemplos de experiencias en países en torno al tema y se hacen recomendaciones sobre las intervenciones más frecuentes a través de la mnemotecnia ESCUCHAR para que sean determinadas en cada país de acuerdo con sus necesidades. Con ésta se promueve: E, prevenir y tratar las enfermedades del oído; S, solucionar la comunicación para cada condición; C, estimular a que la comunidad sea empoderada y participativa; U, uso racional de los dispositivos auditivos de audio y reducción del ruido; CH, chequeo auditivo a lo largo de la vida; A, acceso a las tecnologías y R, rehabilitación (14). En relación con la rehabilitación, el objetivo es optimizar la funcionalidad de la persona con hipoacusia a través de servicios de rehabilitación de lenguaje y auditivos, haciendo énfasis en los extremos de la vida, niños entre 0 y 15 años y personas mayores (60 años o más), incluyendo un manejo interdisciplinario que involucre a la familia y el seguimiento en el proceso de rehabilitación. Dentro del cuidado y atención centrada en la persona, recomiendan evaluar el perfil clínico (enfermedades crónicas no transmisibles y transmisibles asociadas, factores exposicionales y protectores), establecer las necesidades de comunicación, preferencias para comunicarse y recursos disponibles, en miras de lograr una rehabilitación integral, tomando en cuenta los múltiples dominios evaluados para promover la calidad de vida,

influyendo también sobre los dominios clínico, funcional, social, emocional y económico (51).

Asimismo, el manual *Atención integrada para las personas mayores* (ICOPE) de la OPS/OMS (52) brinda herramientas de tamizaje en la comunidad, de pérdidas o deficiencias de la capacidad intrínseca de las personas mayores, para actuar oportunamente a nivel de la atención primaria y, en caso de ser necesario, realizar remisión a valoración por especialistas, con el objetivo de optimizar los recursos y mantener la habilidad funcional mediante el seguimiento de la población mayor en el primer nivel de atención de las comunidades. Dentro de las herramientas de tamizaje se incluye la evaluación de la audición por medio de la aplicación HearWHO (aplicación de la OMS) la cual permite realizar una valoración auditiva en la comunidad; para la remisión oportuna de las personas con alteraciones en la prueba para confirmación diagnóstica con las pruebas de impedanciometría y logaudiometría. Teniendo en cuenta el diagnóstico y gravedad, y tomando en cuenta la causa, se puede plantear un plan de manejo que incluye la rehabilitación, que comprende la interpretación de lenguaje de señas, la lectura labiofacial, los servicios y las tecnologías de ayuda a la audición (como el subtítulo) que pueden ampliar aún más el acceso a la comunicación y la educación para las personas con pérdida auditiva. Adicionalmente, existen dispositivos como los audífonos y los implantes de conducción ósea y los implantes cocleares. Durante los últimos años se ha avanzado en programas y tecnología innovadora para mejorar los dispositivos que promueven la audición tomando en cuenta las barreras de estigma social, confort, capacidad de baterías y accesibilidad, así como diferentes tipos de implantes cocleares y de terapias regenerativas y farmacológicas que se encuentran en estudio (53,54).

Para el 2030, la OMS propone como objetivos un aumento del 20% en la cobertura efectiva de adultos con pérdida auditiva que utilizan tecnología auditiva y disminuir en un 20% la

prevalencia de las enfermedades crónicas del oído y la pérdida auditiva no atendida en la niñez. Dada la complejidad de la salud auditiva y su repercusión a lo largo del curso de vida existe la necesidad del fortalecimiento de los sistemas de salud, por lo que la OMS plantea unir desde la gobernanza, a líderes políticos, profesionales de la salud, apoyo financiero, información sobre salud y productos médicos, vacunas y tecnologías. El Informe mundial de la audición finaliza realizando consideraciones sobre los temas de investigación que sugieren desarrollar y brinda recomendaciones a personas del sector público como tomadores de decisiones y profesionales de la salud (55).

Con el inicio de la Década del envejecimiento saludable, se busca fortalecer el sistema de salud y resulta ser un buen momento a nivel de políticas públicas para llamar la atención en temas específicos de las personas mayores, además de brindar un mayor enfoque en las capacidades y menos en los déficits de esta población, convirtiéndose la salud auditiva en uno de los temas de acción durante la década, ya que la discapacidad que genera la hipoacusia es potencialmente prevenible y tratable a lo largo del curso de vida.

De acuerdo con los diferentes puntos de acción de la Década, en relación con el edadismo, ya existen recursos con recomendaciones para reducirlo, como la creación de políticas y leyes que aborden la discriminación y desigualdad por la edad y la preservación de los derechos humanos (55), intervenciones educativas en todos los niveles e intervenciones de contacto intergeneracional. En cuanto a las ciudades amigables, ya se cuenta con experiencias de algunas ciudades en Latinoamérica durante la pandemia de la COVID-19 donde resaltan como barrera el limitado acceso a teléfonos o internet (56), lo cual genera mayor riesgo de aislamiento social y dificultad para acceder a servicios sociales y de salud.

Tomando en cuenta los puntos de acción anteriores, la idea de ofrecer una atención

integrada de la salud y tratar de garantizar atención a largo plazo, debemos evitar la creencia de que la hipoacusia es considerada un proceso propio del envejecimiento que no requiere de intervención, sino que su detección, manejo, rehabilitación y prevención deben realizarse activamente a lo largo del curso de vida. Dicha rehabilitación está orientada a mejorar la interacción social de la persona con la comunidad y evitar su aislamiento y el riesgo de discapacidad, además busca facilitar la interacción con sus familiares y el acceso a servicios sociales y de salud para tratar de preservar su habilidad funcional, disminuir el riesgo de efectos secundarios a nivel cognitivo y afectivo y así, preservar o mejorar la calidad de vida de las personas mayores, cumpliendo con principios de la década como la inclusión, la universalidad, no dejar atrás a nadie, la equidad y el compromiso.

FACTORES ASOCIADOS A HIPOACUSIA INDUCIDA POR RUIDO

1. Exposición a ruido laboral intenso y crónica (principal factor)

La exposición prolongada a niveles de presión sonora elevados sigue siendo la causa más importante de hipoacusia ocupacional en minería. En muchos yacimientos las fuentes de ruido (motoniveladoras, perforadoras, sopladores, trituradoras) llegan y superan con frecuencia los 85–90 dB(A) y en situaciones puntuales exceden 100–120 dB(A), lo que produce daño en las células ciliadas externas e internas del oído interno y pérdida irreversible de la audición, especialmente en altas frecuencias. El riesgo se correlaciona tanto con la **intensidad** como con la **duración acumulada** de la exposición y con la ausencia de controles ingenieriles adecuados (barreras, mantenimiento de maquinaria, insonorización). (57).

2. Falta de uso correcto y eficacia de los dispositivos de protección auditiva (DPA/HPD)

Aunque muchos programas de salud ocupacional proporcionan protectores auditivos (tapones o cascos), la protección efectiva depende de la correcta selección, ajuste, uso continuo y mantenimiento. Estudios recientes muestran que el uso incorrecto (colocación parcial, extracción temporal para comunicación) y la incomodidad conducen a protecciones insuficientes y a una tasa aún alta de hipoacusia. También hay evidencia de que los DPA estándar no siempre protegen bien contra picos impulsivos o ruido de banda ancha presente en minería; por eso la selección por atenuación real (fit-testing) y diseños adaptativos suma en la prevención. (58).

3. Exposición combinada a solventes y agentes ototóxicos

La combinación de ruido con exposición a solventes orgánicos (tolueno, xileno, benceno), metales pesados y otros agentes ototóxicos aumenta de manera sinérgica el riesgo de hipoacusia. La literatura reciente revela que trabajadores expuestos simultáneamente a ruido y solventes presentan mayor prevalencia y mayor gravedad de pérdida auditiva que quienes sólo están expuestos a ruido; meta-análisis recientes estiman un incremento significativo del riesgo cuando hay exposición mixta. En minería, la presencia de combustibles, limpiadores y algunos procesos metalúrgicos hace plausible la exposición combinada, por lo que su identificación y control es crítica. (59).

4. Duración de trabajo y antigüedad laboral

La probabilidad de hipoacusia aumenta con los años de servicio y la suma de turnos expuestos. Estudios longitudinales y transversales recientes confirman una relación dosis-respuesta: más años de exposición → mayor pérdida auditiva y mayor desplazamiento en las frecuencias altas. Además, los trabajadores que inician la exposición a edades más jóvenes acumulan más horas de daño potencial a lo largo de su vida laboral. Los programas de rotación y

reducción de tiempo de exposición han mostrado beneficios cuando se aplican correctamente (60).

5. Vibración y efectos combinados ruido-vibración

La exposición a vibración de mano-brazo o vibración corporal total, habitual en la operación de martillos neumáticos y perforadoras, ha sido asociada con alteraciones vasculares periféricas y posibles efectos sinérgicos con el ruido en la audición. Estudios recientes que analizan exposiciones combinadas muestran patrones diferentes de pérdida cuando la vibración coexiste con ruido, lo que sugiere una interacción que puede potenciar el daño coclear por alteraciones microvasculares o inflamatorias locales (61).

6. Comorbilidades cardiovasculares y metabólicas

Factores como hipertensión arterial, diabetes mellitus, dislipidemia, obesidad y tabaquismo son reconocidos predictores de pérdida auditiva en la población general y en trabajadores. La hipótesis fisiopatológica se basa en el compromiso microvascular de la cóclea y en procesos inflamatorios sistémicos que aumentan la vulnerabilidad de las células sensoriales al daño inducido por ruido. Estudios recientes que ajustan por edad y ruido laboral muestran que la presencia de múltiples factores de riesgo cardiovascular incrementa la probabilidad de hipoacusia en empleados industriales y mineros (62).

7. Consumo de tabaco y alcohol

El tabaquismo se asocia de forma independiente con hipoacusia sensorial neurosensorial; cuando se combina con exposición a ruido, el efecto es aditivo o incluso multiplicativo. El consumo crónico de alcohol y el tabaquismo también se han vinculado a alteraciones microvasculares y oxidativas que agravan la vulnerabilidad coclear. En ambientes mineros donde el tabaquismo es prevalente y la vigilancia sanitaria inconstante, estos hábitos aumentan la carga

de enfermedad auditiva. (63).

8. Edad (presbiacusia) y factores demográficos

El envejecimiento natural del sistema auditivo (presbiacusia) interactúa con la exposición ocupacional; trabajadores de mayor edad muestran respuestas más pronunciadas a la misma dosis de ruido que los más jóvenes. Además, sexo, nivel educativo y condiciones socioeconómicas modulan la exposición (tipo de tarea, cumplimiento de medidas preventivas) y el acceso a atención temprana; por ejemplo, hombres y trabajadores con menor educación suelen presentar tasas más altas de hipoacusia ocupacional en estudios poblacionales recientes (64).

9. Estado dentario, infecciones y patologías otológicas previas

La presencia de infecciones crónicas del oído, otitis media no tratada, eustachian dysfunction, o antecedentes de traumas craneales aumentan la probabilidad de que la exposición ocupacional precipite una pérdida auditiva clínicamente relevante. La vigilancia audiológica preventiva y el tratamiento oportuno de patologías ORL son medidas complementarias que la evidencia reciente recomienda integrar en los programas de vigilancia minera (65).

10. Deficiencias en programas de vigilancia, regulación y cultura de seguridad

Las brechas en la ejecución de programas de prevención (mediciones periódicas de ruido, monitoreo audiométrico, formación continua, fit-testing de protectores, mantenimiento de equipos) y la falta de aplicación estricta de normativas agravan la incidencia de hipoacusia. Estudios sobre percepción y cumplimiento en trabajadores mineros muestran que la legislación por sí sola no garantiza resultados: la administración, la supervisión, el compromiso de la empresa y la participación activa de los trabajadores son determinantes en la eficacia real de los programas. (66).

11. Exposición fuera del trabajo y factores sociales

El uso de auriculares a volumen alto en tiempo libre, asistencia a eventos ruidosos y condiciones de vivienda (proximidad a fuentes de ruido) contribuyen a la carga total de exposición sonora acumulada. La evidencia reciente recalca la necesidad de considerar la **exposición total** (trabajo + ocio) para estimar riesgo real de hipoacusia en mineros y diseñar intervenciones más completas (67).

12. Nuevas tecnologías para detección y predicción (bio-vigilancia)

En los últimos años han emergido herramientas de inteligencia artificial, modelos predictivos y sistemas de vigilancia temprana que permiten identificar trabajadores con riesgo elevado antes de que aparezcan pérdidas auditivas significativas. Estas tecnologías, complementadas con mejores prácticas de HPD y controles de ingeniería, prometen reducir la incidencia si se integran adecuadamente a los sistemas de salud ocupacional de la minería. (68).

Comorbilidades asociadas a la hipoacusia en trabajadores del sector minero

Enfermedad cardiovascular y perfil ateroesclerótico

La relación entre enfermedad cardiovascular (ECV) y pérdida auditiva sensorial ha recibido creciente atención en la última década. La cóclea depende de una microvasculatura terminal muy sensible a la perfusión; por eso, la aterosclerosis, la enfermedad coronaria y los factores de riesgo agregados (dislipidemia, sedentarismo) reducen el flujo y la oxigenación coclear y facilitan la aparición o el empeoramiento de la hipoacusia. Estudios recientes sugieren que índices compuestos de riesgo cardiovascular (scores de riesgo) se correlacionan con mayor probabilidad de pérdida auditiva y de peor rendimiento en audiometría, incluso tras ajustar por exposición a ruido. En minería, donde la exposición a ruido es intensa, la coexistencia de ECV

actúa como multiplicador del daño: la disfunción microvascular predispone a una mayor vulnerabilidad frente a lesiones inducidas por sonido (69).

Diabetes mellitus y resistencia insulínica

La diabetes mellitus tipo 2 y la resistencia a la insulina son comorbilidades robustamente asociadas con hipoacusia sensorial neurosensorial. Los mecanismos propuestos incluyen microangiopatía coclear, neuropatía del nervio auditivo y estrés oxidativo que dañan células ciliadas y neuronas ganglionares. Revisiones sistemáticas recientes y estudios de cohorte han informado prevalencias significativamente mayores de pérdida auditiva en personas con diabetes vs controles, y una asociación dosis-respuesta con el control glucémico y la duración de la enfermedad. En trabajadores mineros con diabetes, la sinergia entre hiperglucemia crónica y sobreexposición al ruido incrementa riesgo y gravedad de hipoacusia (70).

Hipertensión arterial y disfunción microvascular

La hipertensión arterial (HTA) se ha identificado como factor predictivo de discapacidad auditiva en múltiples metaanálisis recientes. La HTA provoca cambios en la perfusión coclear, remodelación vascular y aumento de la permeabilidad endotelial, con incremento del riesgo de daño por ruido y menor capacidad de reparación. Evidencias recientes muestran que índices de control tensional y biomarcadores renales/vasculares mejoran la predicción de hipoacusia; por tanto, en programas de salud ocupacional minera, la detección y manejo de HTA debe considerarse parte integral de la prevención auditiva (71).

Enfermedad renal crónica y disfunción metabólica

La enfermedad renal crónica (ERC) se asocia a una mayor incidencia de hipoacusia; pacientes con insuficiencia renal presentan mayor prevalencia de pérdida neurosensorial y tinnitus.

Los mecanismos incluyen alteraciones electrolíticas, retención de metabolitos tóxicos, uremia y microangiopatía; además, la coexposición a fármacos ototóxicos en pacientes renales aumenta la vulnerabilidad. Estudios publicados recientemente han mostrado que el riesgo de pérdida auditiva aumenta con el estadio de ERC, lo que convierte a la función renal alterada en un marcador clínico relevante en la evaluación de riesgo auditivo en trabajadores expuestos a ruido (72).

Obesidad, síndrome metabólico e inflamación sistémica

La obesidad y el conjunto de alteraciones metabólicas asociadas (hiperglucemia, dislipidemia, hipertensión, resistencia a la insulina) están vinculadas a mayor probabilidad de hipoacusia. La inflamación crónica de bajo grado, la disfunción endotelial y el estrés oxidativo que acompañan al síndrome metabólico afectan la microcirculación coclear y disminuyen la capacidad de resiliencia ante agresiones sonoras. Investigaciones poblacionales recientes reportan asociaciones entre circunferencia abdominal/IMC elevados y déficit auditivo, incluso cuando se controla por edad y exposición a ruido, lo que indica un papel independiente de la adiposidad en la salud auditiva (73).

Tabaquismo y consumo de nicotina

El consumo habitual de tabaco es un potente factor modificador de riesgo para la hipoacusia. La inhalación crónica provoca vasoconstricción, reduce la perfusión coclear y promueve estrés oxidativo; cuando se combina con exposición ocupacional a ruido, el efecto es aditivo o sinérgico, acelerando la pérdida auditiva en altas frecuencias. Estudios recientes que analizan tanto cigarrillo convencional como dispositivos de tabaco calentado confirman asociaciones con mayor prevalencia de pérdida auditiva, subrayando la importancia de estrategias de cesación en programas preventivos mineros (74).

Exposición a ototóxicos químicos (solventes y metales)

En minería existe no sólo ruido, sino también exposición a solventes orgánicos (tolueno, xileno), solventes de evaporación, compuestos de combustión y metales pesados que son conocidos por su efecto ototóxico. Revisiones y metaanálisis recientes muestran que la combinación de ruido y ototóxicos incrementa significativamente la probabilidad de hipoacusia respecto a la exposición aislada a ruido. Los aceites, solventes de mantenimiento y productos usados en procesos metalúrgicos deben incluirse en la evaluación de riesgo auditivo ocupacional; su control reduce la carga comórbida sobre la cóclea. (75).

Trastornos mentales, depresión y deterioro cognitivo

La hipoacusia y las comorbilidades mentales están fuertemente entrelazadas. La pérdida auditiva puede precipitar aislamiento social, depresión y ansiedad; inversamente, la depresión y el estrés crónico pueden agravar la percepción de déficit auditivo y empeorar los resultados funcionales. Además, la evidencia reciente vincula la hipoacusia con riesgo aumentado de deterioro cognitivo y demencia —procesos que empeoran la calidad de vida y la capacidad laboral— por lo que el abordaje integral en el trabajador minero debe incluir la detección temprana de trastornos psicosociales (76).

Polipatologías y efecto acumulativo (multimorbilidad)

La coexistencia de varias de las comorbilidades mencionadas (por ejemplo, diabetes + HTA + obesidad + tabaquismo) genera un efecto acumulativo que amplifica el riesgo de hipoacusia más allá de la suma de riesgos individuales. Estudios recientes enfatizan la necesidad de evaluar índices compuestos (score metabólico, carga de comorbilidad) para identificar trabajadores con mayor vulnerabilidad, optimizando la priorización de intervenciones preventivas, seguimientos

audiométricos y medidas de reducción de exposición (77).

Implicaciones para la prevención en minería

Reconocer comorbilidades como determinantes modificables de la hipoacusia implica ampliar los programas de salud ocupacional: no basta con controlar el ruido; es necesario integrar tamizaje y manejo de HTA, diabetes, enfermedades renales, tabaquismo, obesidad y control de exposiciones químicas. Las intervenciones integradas —control de factores cardiometabólicos, programas de cesación tabáquica, vigilancia renal y reducción de ototóxicos en procesos— pueden reducir la incidencia y severidad de la hipoacusia en trabajadores mineros. Además, priorizar a los trabajadores con multimorbilidad para controles audiométricos más frecuentes y políticas de reducción de tiempo de exposición es una estrategia basada en evidencia reciente (78).

AUDIOMETRÍA Y ESTRATEGIAS LEGALES PARA LA PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA EN MINERÍA (RESUMEN TÉCNICO)

Audiometría ocupacional: propósito y principios

La audiometría ocupacional es la piedra angular de toda estrategia de vigilancia para prevenir y detectar precozmente la pérdida auditiva inducida por ruido (PAIN). Su propósito es (1) establecer una línea base audiométrica antes de la exposición relevante; (2) detectar cambios o umbrales desplazados en controles periódicos; y (3) documentar la relación temporal entre exposición y pérdida para acciones preventivas y, si procede, compensatorias. Los programas modernos recomiendan incluir no solo audiometría tonal convencional (0.5–8 kHz) sino también pruebas complementarias cuando estén indicadas: audiometría en altas frecuencias extendidas, emisiones otoacústicas (OAE) y pruebas objetivas cuando los resultados no son confiables (79).

Protocolos y frecuencia de muestreo

Los protocolos actuales aconsejan examen audiométrico de base al ingreso laboral y controles periódicos anuales cuando el LEX,8h (exposición equivalente ponderada a 8 h) excede 85 dB(A); en contextos de minería subterránea o de picos impulsivos puede requerirse mayor vigilancia. La investigación reciente analiza la optimización de la frecuencia de control (anual vs. bienal vs. por riesgo) y sugiere adaptar la periodicidad según la intensidad del ruido, la antigüedad y la presencia de comorbilidades. Además, el criterio para definir un desplazamiento significativo (standard threshold shift — STS) está siendo revisado para mejorar sensibilidad de detección precoz, incluyendo métricas en altas frecuencias. (80).

Métodos modernos: audiometría de alta resolución y tecnologías emergentes

La incorporación de audiometría en altas frecuencias (>8 kHz) y de OAE mejora la detección temprana de daño coclear antes de que sea evidente en la audiometría convencional (81). Asimismo, la teleaudiometría, pruebas automatizadas y herramientas impulsadas por inteligencia artificial están mostrando capacidad para triage, control masivo y detección de patrones de riesgo en grandes plantillas mineras. Proyectos recientes demuestran que sistemas basados en machine learning pueden anticipar trabajadores en riesgo y priorizar intervenciones. No obstante, la validez clínica exige calibración, estandarización y validación local antes de reemplazar pruebas asistidas por profesional. (82,83).

Calidad de los datos y desafíos prácticos

Una limitación persistente es la calidad y validez de las audiometrías en campo: ruido ambiental mal controlado, mala calibración de equipos, falta de cabinas adecuadas y déficits en la capacitación de técnicos pueden generar audiogramas inválidos o sesgados. Las recomendaciones

recientes insisten en procedimientos de control de calidad: cabinas portátiles certificadas, calibración periódica, registros de rechazo y repetición de pruebas inválidas, y uso de algoritmos para identificar artefactos en bases de datos audiométricas (84).

Indicadores para acción preventiva y definición de cambio significativo

Más allá del STS clásico, se propone usar indicadores compuestos (por ejemplo, pérdida promedio en 3 frecuencias, o detección en altas frecuencias) para activar medidas administrativas (rotación, reducción de tiempo de exposición), reentrenamiento y re-evaluación de protectores auditivos. La evidencia sugiere que sistemas de alerta temprana que combinan exposición real medida y cambios audiométricos permiten intervenciones más oportunas y reducción del progresivo deterioro (85).

ESTRATEGIAS LEGALES Y REGULATORIAS EN EL ÁMBITO OCUPACIONAL

Marco regulatorio y obligaciones del empleador

La legislación nacional e internacional exige que los empleadores identifiquen y controlen riesgos de ruido, implementen programas de conservación auditiva (Hearing Conservation Programs — HCP), realicen monitoreo ambiental y audiometrías periódicas, ofrezcan DPA adecuados, e informen y capaciten a los trabajadores. En minería específica, las normas como el 30 CFR Part 62 de EE. UU. han consolidado requisitos sobre registros, exámenes y notificación, mientras que agencias como OSHA y NIOSH proveen guías técnicas actualizadas. El fortalecimiento regulatorio reciente (reglas y guías 2022–2024) incorpora mayores exigencias sobre documentación, muestreo de exposición y acciones cuando se detectan cambios audiométricos (86,87).

Programas de conservación auditiva (HCP) como obligación legal y herramienta

preventiva

Los HCP integrales incluyen: mediciones de ruido, ingeniería y controles administrativos, selección y fit-testing de protectores, audiometría de base y seguimiento, educación y registro. Legalmente, estos programas suelen ser exigibles y sirven como evidencia del cumplimiento empresarial en procesos de inspección o litigio. La investigación reciente destaca la importancia del fit-testing (verificación del ajuste real del protector) como elemento de cumplimiento que mejora la efectividad y puede ser requerido por normativas más estrictas (88).

Registro, notificación y compensación laboral

La documentación audiométrica y de exposición es clave para determinaciones de causalidad y compensación por enfermedad ocupacional. Actualizaciones regulatorias recientes subrayan plazos de notificación, la necesidad de retest en audiogramas inválidos y criterios de admisibilidad para reclamos. Los empleadores deben conservar registros y facilitar acceso para inspección y para la evaluación médica y legal de los trabajadores afectados (89).

Cumplimiento, fiscalización y enfoques de litigio estratégico

Las estrategias legales efectivas combinan inspección regulatoria con sanciones, incentivos y programas de remediación. Los marcos modernos potencian auditorías basadas en datos (big data audiométrico) para priorizar intervenciones y fiscalizaciones. En contextos con cumplimiento débil, la acción sindical y litigio colectivo han sido vías para obtener reparaciones y mejoras en HCP. La evidencia sugiere que la presión regulatoria y la transparencia en datos obligan a cambios organizacionales más rápidos que solo la guía técnica. (89).

DESAFÍOS EN PAÍSES DE MEDIANOS Y BAJOS INGRESOS (LMIC) Y ESTRATEGIAS ADAPTADAS

En países con minería expansiva pero recursos limitados, los retos incluyen falta de cabinas

y técnicos acreditados, escasa fiscalización, y barreras culturales al uso de DPA. Las estrategias legales aquí exitosas combinan estándares mínimos obligatorios, apoyo técnico a empresas pequeñas, programas subvencionados para calibración/servicio de audiometría y campañas comunitarias de educación y vigilancia. Estudios recientes proponen modelos de cumplimiento escalonado y uso de tecnologías accesibles (teleaudiometría validada) para ampliar cobertura. (90).

CAPÍTULO 3 : VIGILANCIA MEDICA OCUPACIONAL DE LA EXPOSICIÓN DEL RUIDO EN EL ÁMBITO LABORAL

EVALUACIÓN AUDIOMÉTRICA PERIÓDICA Y CRITERIOS DE SEGUIMIENTO MÉDICO

El ruido ocupacional constituye uno de los principales factores de riesgo en la salud auditiva de los trabajadores expuestos a ambientes industriales, especialmente en el sector minero, donde la maquinaria pesada, las perforadoras, compresores y chancadoras generan niveles de presión sonora superiores a los límites permisibles. La **hipoacusia inducida por ruido (HIR)** es progresiva, acumulativa e irreversible; sin embargo, puede prevenirse mediante un adecuado programa de vigilancia médica ocupacional que incluya evaluaciones audiométricas periódicas y un seguimiento médico riguroso (91,92).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que más de 430 millones de personas en el mundo presentan pérdida auditiva discapacitante, y un porcentaje importante está relacionado con exposiciones ocupacionales evitables (91). En el ámbito minero, los trabajadores enfrentan niveles promedio superiores a 85 dB(A) durante su jornada laboral, lo que exige la implementación de estrategias de conservación auditiva que combinen la prevención técnica, la educación sanitaria y la evaluación audiométrica sistemática (93).

IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN AUDIOMÉTRICA OCUPACIONAL

La **evaluación audiométrica periódica** es el componente central del programa de conservación auditiva. Su finalidad no se limita a determinar el estado actual de audición del trabajador, sino

que busca detectar precozmente cambios sutiles en el umbral auditivo antes de que se conviertan en pérdidas permanentes. Esta vigilancia permite activar medidas correctivas y preventivas oportunas, como el ajuste de protectores auditivos o la reubicación temporal del trabajador (94). En el sector minero, donde el ruido es un agente omnipresente, la audiometría constituye un indicador de la eficacia de las políticas de control. Diversos estudios han demostrado que las empresas que mantienen programas de vigilancia audiológica sistemática reducen significativamente la incidencia de HIR en comparación con aquellas que no lo aplican (95). Por tanto, la evaluación audiométrica no es sólo un requisito normativo, sino una herramienta de gestión de la salud laboral.

OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN AUDIOMÉTRICA PERIÓDICA

Los principales objetivos de la vigilancia audiométrica son (96):

1. **Establecer un audiograma base**, antes o durante los primeros meses de exposición al ruido.
2. **Monitorear los cambios auditivos** a lo largo del tiempo y detectar desplazamientos significativos del umbral auditivo.
3. **Determinar la eficacia de los controles técnicos y administrativos** implementados en el ambiente laboral.
4. **Identificar trabajadores vulnerables** o con factores predisponentes para desarrollar HIR.
5. **Asegurar la intervención médica temprana** y el seguimiento clínico adecuado.

PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE LA EVALUACIÓN AUDIOMÉTRICA

Equipos y condiciones ambientales

La audiometría tonal liminar debe realizarse en una cabina acústicamente tratada, con niveles de ruido ambiental inferiores a los valores establecidos por la norma ISO 8253-1. Los audiómetros

deben calibrarse anualmente y verificarse antes de cada sesión. El profesional a cargo debe estar capacitado y contar con acreditación vigente en salud ocupacional o audiología industrial (97).

Antes del examen, se recomienda que el trabajador evite la exposición a ruido intenso durante al menos 14 horas, ya que la fatiga auditiva temporal puede alterar los resultados. Además, debe realizarse una inspección otoscópica para descartar cerumen, otitis o perforación timpánica (98).

TIPOS DE AUDIOMETRÍAS

Se emplean tres tipos principales de evaluaciones:

- **Audiometría de referencia o inicial:** establece el nivel auditivo base.
- **Audiometría periódica o de control:** se realiza anualmente o según el nivel de exposición.
- **Audiometría de egreso:** se efectúa al término de la relación laboral o ante cambio de puesto (93,99).

PERIODICIDAD RECOMENDADA

La frecuencia de las evaluaciones depende del grado de exposición al ruido. En trabajadores con exposiciones superiores a 85 dB(A) durante ocho horas, la audiometría debe repetirse cada 12 meses. En casos de exposición superior a 100 dB(A), se recomienda controles semestrales (94). Además, ante cualquier indicio clínico (tinnitus, sensación de plenitud auricular o disminución súbita de la audición), se debe realizar una evaluación inmediata.

La tendencia moderna en medicina ocupacional promueve el uso de **estrategias dinámicas de vigilancia**, ajustando la periodicidad según la dosis acumulada de ruido registrada por dosímetros personales, lo que permite identificar individuos de mayor riesgo y optimizar recursos (95,100).

CRITERIOS DE CAMBIO SIGNIFICATIVO EN EL UMBRAL AUDITIVO

Para que la vigilancia sea eficaz, es necesario definir criterios objetivos de variación auditiva. Se

considera **Desplazamiento Significativo del Umbral (DSU)** o *Standard Threshold Shift (STS)* un aumento promedio ≥ 10 dB en las frecuencias 2, 3 y 4 kHz respecto al audiograma base, confirmado en una segunda prueba (97).

Cuando se confirma un DSU, el procedimiento recomendado incluye:

1. **Reevaluar la exposición:** verificar los niveles de ruido y el uso adecuado de protección auditiva.
2. **Realizar seguimiento médico:** incluir anamnesis, otoscopía, pruebas complementarias y evaluación por especialista.
3. **Actualizar el historial clínico** del trabajador y reforzar la educación preventiva.
4. **Implementar medidas correctivas:** ajustes de ingeniería, mantenimiento de equipos o reubicación laboral temporal (98,99).

El registro de los resultados debe realizarse en el expediente médico ocupacional, manteniendo la confidencialidad y garantizando la trazabilidad de la información.

INTERPRETACIÓN CLÍNICA Y SEGUIMIENTO MÉDICO

La interpretación del audiograma requiere correlacionar los hallazgos con la edad, antecedentes otológicos, exposición a agentes ototóxicos y hábitos extra-laborales. La pérdida auditiva inducida por ruido suele afectar inicialmente las frecuencias de 3 a 6 kHz, presentando una característica “muesca” en el audiograma (96).

Cuando se detectan cambios significativos, el trabajador debe ser evaluado por un médico ocupacional o un otorrinolaringólogo. El seguimiento clínico incluirá audiometrías de control cada 3 o 6 meses hasta estabilizar el umbral auditivo (97). En caso de progresión, puede considerarse la reubicación laboral o la determinación de aptitud restringida.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PÉRDIDA AUDITIVA EN MINERÍA

La exposición ocupacional al ruido en minería se ve influida por múltiples factores:

- **Intensidad y duración de la exposición:** maquinaria y perforadoras generan niveles entre 90 y 115 dB(A).
- **Eficacia de los controles de ingeniería:** deficiencias en el aislamiento acústico o mantenimiento de equipos aumentan la exposición.
- **Uso inadecuado de protectores auditivos:** el mal ajuste reduce su eficacia en más del 30% (92).
- **Susceptibilidad individual:** predisposición genética, edad, enfermedades crónicas y consumo de ototóxicos (94).
- **Exposición concomitante a solventes o metales pesados:** algunos tienen efecto sinérgico con el ruido, agravando el daño coclear (95).

La combinación de estos factores justifica la necesidad de programas de vigilancia médica robustos, capaces de detectar precozmente la hipoacusia y evitar su progresión.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA VIGILANCIA AUDITIVA

En los últimos años, la digitalización de la salud ocupacional ha permitido desarrollar herramientas que optimizan el monitoreo auditivo. La **audiometría móvil**, mediante cabinas portátiles certificadas, facilita la evaluación en campamentos mineros remotos. Asimismo, los **sistemas digitales de registro** permiten integrar datos de exposición al ruido, resultados de audiometrías y cumplimiento del uso de protectores, generando análisis predictivos mediante inteligencia artificial (94,100).

Un estudio reciente desarrollado en minas de Sudáfrica implementó un sistema inteligente que correlaciona los registros de dosímetros con las variaciones auditivas individuales, logrando identificar patrones de riesgo con alta sensibilidad (94). Estas innovaciones fortalecen la toma de decisiones clínicas y la priorización de intervenciones.

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DEL PROGRAMA DE CONSERVACIÓN AUDITIVA

Para valorar la efectividad del programa de vigilancia, deben analizarse indicadores específicos (93,99):

- Porcentaje de trabajadores evaluados dentro del periodo establecido.
- Número de desplazamientos significativos del umbral detectados.
- Porcentaje de trabajadores con capacitación en protección auditiva.
- Frecuencia de mantenimiento y calibración de audiómetros.
- Tasa de progresión de hipoacusia ocupacional.

Un descenso sostenido de la tasa de DSU en el tiempo evidencia la eficacia de las medidas preventivas. Además, las auditorías internas y externas contribuyen a garantizar la calidad técnica del programa.

ROL DEL MÉDICO OCUPACIONAL

El médico ocupacional desempeña un papel esencial como integrador entre la evaluación técnica, la interpretación clínica y las acciones preventivas. Debe revisar los resultados audiométricos, identificar tendencias, comunicar los hallazgos a los responsables de seguridad industrial y diseñar estrategias de control. También debe asegurar el cumplimiento de la normativa nacional y de los lineamientos internacionales, como las recomendaciones de la OMS, NIOSH y la OIT (91,93).

La orientación personalizada al trabajador afectado es igualmente importante: explicar la naturaleza de la pérdida auditiva, reforzar el uso de protectores, promover hábitos saludables y planificar el seguimiento clínico. Esta comunicación fortalece la cultura preventiva dentro de la organización (98).

La evaluación audiométrica periódica constituye una herramienta fundamental para la vigilancia médica ocupacional frente a la exposición al ruido en minería. Su efectividad depende de la

rigurosidad técnica, la capacitación del personal y la integración de resultados en decisiones preventivas concretas. Los avances tecnológicos y la digitalización ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la detección temprana y el seguimiento médico, siempre que se mantengan estándares de calidad y confidencialidad.

Un programa de vigilancia eficaz no sólo protege la salud auditiva de los trabajadores, sino que contribuye al desarrollo sostenible del sector minero, reduciendo los costos asociados a enfermedades ocupacionales y fortaleciendo la responsabilidad social empresarial.

PROTOCOLOS DE CONTROL Y PREVENCIÓN FRENTE A LA EXPOSICIÓN AL RUIDO OCUPACIONAL (EN MINERÍA)

La exposición al ruido en ambientes laborales mineros es una de las principales causas prevenibles de hipoacusia inducida por ruido (HIR). La magnitud y persistencia de las fuentes sonoras —perforadoras, chancadoras, camiones de acarreo, sopladores y procesos de molienda— hacen de la minería un escenario de riesgo elevado donde los protocolos de control y prevención deben ser estrictos, integrales y basados en la jerarquía de controles (101,102). Este documento desarrolla un protocolo integral orientado a reducir la exposición y prevenir efectos auditivos, integrando controles de ingeniería, administrativos, protecciones personales y vigilancia continua adaptada a las condiciones mineras.

PRINCIPIOS GENERALES Y MARCO NORMATIVO

Los protocolos eficaces parten de dos principios: 1) aplicar la jerarquía de controles (eliminar → sustituir → controles de ingeniería → controles administrativos → protección personal) y 2) basar decisiones en mediciones objetivas de exposición (dosimetría personal, mapas de ruido por tarea) y en vigilancia audiométrica de los trabajadores (101,103). Organismos internacionales y agencias nacionales —WHO, NIOSH, OSHA— recomiendan un nivel de acción de 85 dB(A)

ponderado en 8 horas como umbral para activar programas de prevención y conservación auditiva (101,102).

ETAPAS DEL PROTOCOLO DE CONTROL Y PREVENCIÓN

1. Identificación y evaluación de la exposición (detección)

a) Inventario de fuentes: mapear áreas y equipos que generan ruido (plantas de chancado, perforadoras, molinos, zonas de mantenimiento). Esta línea base permite focalizar intervenciones de ingeniería (104,106).

b) Medición cuantitativa: uso de sonómetros, analizadores de banda de octava y dosímetros personales para estimar la dosis por tarea y jornada. Las mediciones deben incluir picos impulsivos y episodios de alta intensidad (102,106).

c) Registro y clasificación: clasificar puestos/ tareas en niveles de riesgo (por ejemplo: <85 dB(A) seguro; 85–95 dB(A) riesgo moderado; >95 dB(A) alto riesgo) para priorizar intervenciones (103,106).

(Estos pasos permiten diseñar intervenciones con criterio coste-efectivo y orientar la periodicidad de la vigilancia audiométrica y el entrenamiento de los trabajadores) (101,106).

2. Controles de ingeniería (primera línea de defensa)

Los controles de ingeniería están dirigidos a reducir la fuente o la transmisión del sonido:

Rediseño de equipos y aislamiento: instalar silenciadores, envolventes acústicas en equipos ruidosos, muros o barreras de aislamiento en zonas de chancado o trituración. Reducir vibraciones y fricción mediante mantenimiento predictivo reduce el ruido en origen (106,107).

Sistemas de amortiguación y revestimiento: forrar conductos y cámaras con materiales absorbentes, instalar cubiertas de máquinas.

Control del camino de transmisión: distanciar áreas de trabajo ruidosas de zonas habitadas, optimizar disposición de equipos y pasillos para minimizar propagación sonora (107).

Automatización y teleoperación: desplazar al trabajador fuera de la zona con mayor ruido mediante controles remotos o cabinas aisladas, reduciendo la exposición directa (105,107).

La evidencia muestra que los controles de ingeniería, cuando son factibles, ofrecen la reducción más sostenida y confiable del riesgo (106,107).

3. Controles administrativos

Cuando los controles de ingeniería no son suficientes o es necesario complementarlos:

Rotación de tareas y limitación de tiempo de exposición: diseñar horarios y rotaciones que reduzcan la dosis acumulada por trabajador, priorizando la reducción de tiempo en tareas con picos de ruido (106,108).

Programación de operaciones: realizar tareas ruidosas en periodos de menor ocupación o programar mantenimiento en horarios que minimicen la exposición del personal.

Señalización y zonificación: delimitar zonas de alto ruido, señalar y restringir el acceso solo al personal esencial equipado adecuadamente (102).

Mantenimiento preventivo: plan de mantenimiento para equipos ruidosos; equipos mal mantenidos generan mayor ruido y mayor variabilidad de exposición (106,109).

Los controles administrativos requieren gestión, planificación y supervisión continua para ser efectivos (108,109).

4. Protección personal (PPE) y prácticas asociadas

La protección auditiva es la última línea de defensa cuando las medidas previas no reducen la exposición a niveles seguros.

Selección de protectores (HPD): elegir entre orejeras, tapones preformados o moldeados según el nivel de ruido, la comodidad y las tareas. La atenuación nominal debe traducirse a atenuación real mediante pruebas de campo (fit-testing) (104,105).

Fit-testing y verificación de atenuación individual: herramientas de campo (field attenuation estimation systems) permiten medir la atenuación efectiva obtenida por cada trabajador; si la atenuación real es menor que la teórica, se reentrena o se cambia el protector. Los estudios recientes muestran que el fit-testing mejora la atenuación real y la adherencia (104,105,110).

Política de uso obligatorio: reglamentar el uso en zonas señalizadas, con supervisión y medidas disciplinarias para incumplimiento, complementadas con incentivos y campañas educativas (102).

Sustitución y limpieza: establecer cadencias para la sustitución higiénica de protectores y protocolos de mantenimiento (102).

La protección personal solo es eficaz si el ajuste es correcto y el uso es continuo durante toda la exposición (104,105).

5. Vigilancia y monitoreo continuos

Dosimetría periódica: monitoreo por dosímetro para evaluar la dosis real por puesto y por tarea, actualizar mapas de ruido y reorientar intervenciones (106,108).

Vigilancia audiométrica: audiogramas base y de seguimiento en calendario (mínimo anual si ≥ 85 dB(A); semestral para exposiciones muy altas o trabajos con picos) y umbrales de acción para desplazamiento significativo (STS). La correlación entre datos de exposición y resultados audiométricos es esencial para evaluar la eficacia del programa (108,111).

Indicadores de proceso y resultado: porcentaje de trabajadores con fit-testing, número de STS confirmados, cumplimiento de mediciones, tendencia de umbrales por grupo ocupacional (106,108).

6. Formación, comunicación y cultura preventiva

Un protocolo exitoso requiere educación continua: explicar riesgos, demostrar pérdida auditiva

(simuladores), entrenar en colocación y mantenimiento de HPD, y capacitar supervisores en control y monitoreo (108,110). La participación de los trabajadores en la identificación de soluciones (p. ej., ajustes de protectores más confortables) mejora la adherencia (110).

Implementación práctica en operaciones mineras: un esquema operativo

Diagnóstico inicial: inventario de fuentes y medición por tareas (dosímetros), auditoría de mantenimiento y revisión de prácticas operativas (106).

Plan de acción: priorizar controles de ingeniería en equipos y áreas con mayor impacto; calendarizar proyectos de reducción de ruido (envolventes, silenciadores) (107).

Controles administrativos: diseño de rotaciones y limitaciones de tiempo para tareas de riesgo (109).

Programa de HPD con fit-testing: adquisición de protectores adecuados e implementación de fit-testing y entrenamiento recurrente (104,105).

Vigilancia: dosimetría continua (por campañas o permanente), audiometrías base y de control, registro y análisis de indicadores (108).

Evaluación y mejora: revisiones anuales del programa y ajustes basados en indicadores y nuevas tecnologías (107,111).

EVALUACIÓN DE EFICACIA Y MONITOREO DEL PROGRAMA

La medición del éxito debe contemplar tanto procesos (porcentaje de puestos evaluados, calibraciones realizadas, fit-tests ejecutados) como resultados (reducción de niveles sonoros en áreas, disminución de STS, reducción de prevalencia de HIR) (106,108). Auditorías externas y comparativas entre minas pueden ayudar a adoptar buenas prácticas y priorizar inversiones.

Retos y recomendaciones específicas para minería

Logística y zonas remotas: invertir en cabinas portátiles certificadas, unidades móviles y formación local de técnicos.

Alta variabilidad de exposición: priorizar mediciones por tarea y dosimetría personal para capturar picos.

Combinación de agentes: evaluar exposición a solventes/ototóxicos y coordinar políticas de uso de sustancias con el programa de ruido (106,109).

Cultura y confort: seleccionar HPD cómodos y hacer fit-testing obligatorio para mejorar aceptación (104,110).

Financiamiento y priorización: justificar inversiones en ingeniería con análisis de costo-beneficio (reducción de incapacidades, sanciones y pérdida de productividad) (107).

Un protocolo de control y prevención frente al ruido ocupacional en minería debe ser integral, aplicando la jerarquía de controles, mediciones objetivas, fit-testing de protectores, vigilancia audiométrica y capacitación continua. Las intervenciones de ingeniería ofrecen la reducción más sostenida pero deben complementarse con controles administrativos y protección personal verificada. Las herramientas digitales (dosimetría, fit-testing y sistemas de gestión) y las auditorías periódicas permiten monitorear la eficacia y ajustar estrategias. Adoptar estos protocolos no solo protege la audición de los trabajadores, sino que aporta beneficios económicos y reputacionales a la operación minera (101–112).

MARCO LEGAL SOBRE SALUD OCUPACIONAL EN LA ACTIVIDAD MINERA EN EL PERÚ

La minería constituye una de las principales actividades económicas del Perú, pero también una de las más riesgosas en términos de exposición a agentes físicos, químicos y ergonómicos. Entre los agentes físicos más relevantes se encuentra el ruido ocupacional, reconocido como un factor causal directo de hipoacusia neurosensorial en los trabajadores mineros. Frente a ello, el país cuenta con un marco normativo consolidado que busca garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, prevenir

enfermedades profesionales y promover ambientes laborales seguros. Este cuerpo legal integra leyes generales de seguridad y salud en el trabajo, reglamentos específicos del sector minero, normas técnicas emitidas por el Ministerio de Salud y disposiciones complementarias que establecen mecanismos de vigilancia médica, control ambiental y responsabilidad empresarial. (113)

1. LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (LEY N° 29783)

La Ley N° 29783, promulgada en el año 2011, constituye la base normativa del sistema nacional de seguridad y salud en el trabajo. Esta norma tiene carácter transversal y es de aplicación obligatoria para todos los sectores económicos, incluido el minero. Establece como principios la prevención, responsabilidad, cooperación y participación. Asimismo, dispone la creación de un **Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST)** en cada empresa, con componentes de política, planificación, implementación, evaluación y mejora continua. (114)

El artículo 28 de la ley obliga al empleador a realizar una **identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER)** en todos los procesos, considerando agentes físicos como el ruido, la vibración y la iluminación. Igualmente, el artículo 49 establece la obligación de realizar **vigilancia de la salud ocupacional** a través de exámenes médicos pre, periódicos y de retiro, con especial atención a los trabajadores expuestos a riesgos de daño auditivo. (103)

2. REGLAMENTO DE LA LEY N° 29783 (DECRETO SUPREMO N° 005-2012-TR)

El Reglamento, aprobado en 2012, desarrolla los procedimientos operativos de la ley, especificando las funciones del empleador, el comité de seguridad y salud, y los servicios de medicina ocupacional. Su artículo 52 indica que el empleador debe garantizar la ejecución de exámenes médicos ocupacionales conforme a los protocolos establecidos por el Ministerio de Salud, incluyendo las pruebas audiométricas para trabajadores expuestos a ruido. (114)

El Reglamento también incorpora el principio de jerarquía de controles: **control en la fuente, en el medio y en el individuo**, lo cual implica que el uso de protectores auditivos debe ser una medida

complementaria y no sustitutiva del control técnico o de ingeniería. De este modo, se promueve un enfoque preventivo antes que reactivo. (115)

3. REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN MINERÍA (D.S. N° 024-2016-EM)

La minería, por su naturaleza, requiere normas específicas que complementen la legislación general. En ese sentido, el **Decreto Supremo N° 024-2016-EM** constituye la principal norma sectorial en materia de seguridad y salud ocupacional minera. Esta norma, promulgada por el Ministerio de Energía y Minas, establece disposiciones detalladas para prevenir accidentes y enfermedades derivadas de la exposición a agentes físicos, químicos, biológicos y ergonómicos. (116)

El Reglamento dispone que toda empresa minera debe implementar un **Programa de Prevención de Riesgos Ocupacionales**, el cual debe incluir la medición y control de niveles de ruido. Asimismo, el artículo 174 exige la realización de monitoreos periódicos de ruido ambiental, siguiendo los límites permisibles establecidos en las normas del Ministerio de Salud. De detectarse niveles superiores a los valores de referencia, la empresa está obligada a adoptar medidas correctivas inmediatas. (117)

Este decreto también obliga a los empleadores a establecer un **Programa de Vigilancia de la Salud Ocupacional**, en el cual se deben registrar los resultados de las evaluaciones audiométricas de cada trabajador expuesto a ruido. Los resultados deben mantenerse en un archivo médico confidencial y servir de base para la evaluación de tendencias o deterioros auditivos a lo largo del tiempo. (118)

4. ACTUALIZACIONES NORMATIVAS EN MINERÍA

El **Decreto Supremo N° 034-2023-EM** introdujo modificaciones sustanciales al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Entre ellas, se fortalecieron las disposiciones referidas a la responsabilidad del empleador en la identificación temprana de enfermedades profesionales y se actualizó el Anexo 14 sobre enfermedades ocupacionales reconocidas, incluyendo la **hipoacusia neurosensorial inducida por ruido** como una patología de vigilancia prioritaria. (119)

Asimismo, la norma estableció mayores exigencias para la supervisión de contratistas, la capacitación

obligatoria en riesgos auditivos y la implementación de controles de ingeniería en áreas donde los niveles de ruido exceden los 85 decibelios ponderados (dB(A)). (120)

5. ROL INSTITUCIONAL EN LA VIGILANCIA DE LA SALUD OCUPACIONAL

El marco legal peruano asigna responsabilidades compartidas entre distintas entidades públicas:

- **Ministerio de Energía y Minas (MINEM):** regula los aspectos técnicos del reglamento minero y supervisa su cumplimiento a través de sus direcciones generales. (121)
- **Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE):** ejerce funciones de inspección laboral y puede imponer sanciones por incumplimiento de las normas de seguridad y salud en el trabajo. (112)
- **Ministerio de Salud (MINSA):** a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y la Dirección General de Intervenciones Estratégicas en Salud Pública, elabora normas técnicas, protocolos de exámenes médicos y guías de vigilancia ocupacional. (123)

La coordinación interinstitucional entre estas entidades permite fortalecer los programas de prevención y vigilancia epidemiológica de la hipoacusia ocupacional, aunque aún existen desafíos en la integración de los registros y en la sistematización de los datos de enfermedades profesionales. (124)

6. NORMAS TÉCNICAS Y GUÍAS DEL MINISTERIO DE SALUD

6.1. Guía técnica de vigilancia del ambiente de trabajo: ruido

El Ministerio de Salud ha establecido una guía técnica para la **vigilancia del ruido ocupacional**, la cual define los niveles máximos permisibles de exposición y los métodos para realizar mediciones ambientales. Esta guía establece que ningún trabajador debe estar expuesto a niveles superiores a **85 dB(A)** durante una jornada de ocho horas. (125)

La norma también precisa los criterios para clasificar zonas de riesgo, los métodos de medición (uso de sonómetros calibrados) y las acciones correctivas según el nivel de exposición. De igual manera, dispone la realización de **audiometrías iniciales, periódicas y de egreso** para todos los trabajadores con riesgo de

exposición. (126)

6.2. Guía técnica de audiometría ocupacional

Otra norma relevante es la **Guía Técnica para la Realización de Audiometría Ocupacional**, que define los procedimientos para la evaluación auditiva en ambientes controlados, las condiciones previas del trabajador (tiempo de reposo auditivo, ausencia de exposición reciente a ruido) y los criterios para interpretar los resultados. (127)

Esta guía proporciona parámetros específicos para determinar si una pérdida auditiva es compatible con exposición ocupacional. Además, recomienda la conservación de registros por al menos diez años y la comparación periódica de resultados para identificar deterioros progresivos. (128)

7. OBLIGACIONES DEL EMPLEADOR FRENTE AL RIESGO DE HIPOACUSIA

De acuerdo con las normas señaladas, las empresas mineras tienen responsabilidades legales precisas frente a los riesgos auditivos:

1. **Evaluar el riesgo por ruido:** medir los niveles de exposición, identificar las fuentes principales y establecer planes de control.
2. **Controlar el ruido en la fuente:** aplicar medidas de ingeniería como mantenimiento de maquinaria, aislamiento acústico o sustitución de equipos ruidosos.
3. **Capacitar a los trabajadores:** brindar formación periódica sobre riesgos auditivos, uso y mantenimiento de protectores auditivos.
4. **Proveer equipos de protección personal adecuados:** entregar protectores auditivos certificados y verificar su uso correcto.
5. **Vigilar la salud auditiva:** realizar audiometrías de ingreso, periódicas y de retiro, siguiendo los protocolos del MINSA.
6. **Registrar y reportar enfermedades ocupacionales:** notificar los casos de hipoacusia laboral a la autoridad sanitaria y mantener registros actualizados. El incumplimiento de estas obligaciones puede dar lugar a sanciones administrativas, civiles e incluso penales, conforme al régimen

sancionador establecido por el MTPE y el MINEM

7.

8. RECONOCIMIENTO DE LA HIPOACUSIA COMO ENFERMEDAD OCUPACIONAL

El **Listado de Enfermedades Ocupacionales del Perú**, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 480-2008/MINSA y ratificado por el Reglamento minero, reconoce la **hipoacusia neurosensorial**

inducida por ruido como enfermedad ocupacional. Este reconocimiento implica que los casos diagnosticados deben ser notificados al Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Salud Ocupacional.

(126)

El diagnóstico requiere correlación entre historia laboral, mediciones ambientales de ruido y resultados audiométricos. Asimismo, se deben descartar causas no laborales (otitis, traumatismos o exposición recreativa al ruido). Una vez confirmada la relación laboral, el trabajador tiene derecho a atención médica especializada, reubicación laboral si corresponde y compensaciones según la normativa vigente. (127)

9. FISCALIZACIÓN Y SANCIONES

El marco legal contempla mecanismos de fiscalización para asegurar el cumplimiento de las disposiciones en materia de salud ocupacional. El **Ministerio de Trabajo**, mediante la Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral (SUNAFIL), realiza inspecciones en centros mineros para verificar la implementación de programas de seguridad, el uso de equipos de protección auditiva y la ejecución de exámenes médicos. (128)

En caso de incumplimiento, las sanciones pueden incluir multas, paralización de actividades, suspensión temporal de operaciones o cancelación de licencias. Adicionalmente, el **Reglamento de Seguridad y Salud en Minería** prevé sanciones administrativas específicas cuando se comprueba que la empresa no realiza monitoreos ambientales o no aplica medidas correctivas frente a niveles de ruido excesivo. (129)

10. BRECHAS Y DESAFÍOS

Aunque el marco normativo peruano es amplio, existen desafíos en su aplicación:

- **Deficiencias en la supervisión de contratistas y subcontratistas:** muchas empresas delegan

actividades a terceros sin asegurar el cumplimiento de los estándares de SST. (130)

- **Limitada cobertura de la vigilancia médica en pequeña minería y minería artesanal**, donde los recursos y la formalización son menores. (131)
- **Falta de integración de sistemas de información:** los registros de enfermedades ocupacionales del MINSA, MINEM y MTPE aún no están completamente articulados, lo que dificulta el análisis epidemiológico. (132)
- **Débil cultura preventiva:** aún predomina una visión reactiva frente a la salud ocupacional, centrada en la corrección más que en la prevención. (133)

Estas brechas demandan políticas de Estado más integradas, fortalecimiento institucional y programas de educación y capacitación sostenidos. (134)

11. RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO AUDITIVO

1. **Fortalecer la fiscalización en campo**, priorizando las unidades mineras con mayores niveles de exposición. (135)
2. **Actualizar los protocolos técnicos de audiometría**, incorporando estándares internacionales de la Organización Mundial de la Salud y la OIT. (136)
3. **Implementar campañas de sensibilización** sobre los efectos irreversibles de la hipoacusia y la importancia del uso correcto de protectores. (137)
4. **Promover la investigación aplicada** sobre factores asociados a la pérdida auditiva en distintos tipos de minería (subterránea, superficial, artesanal). (138)

2. CONCLUSIONES

- El análisis de los factores asociados a la hipoacusia en trabajadores del sector minero revela una problemática persistente que trasciende el ámbito clínico, extendiéndose hacia las

dimensiones sociales, laborales y legales. La exposición continua al ruido ocupacional constituye el principal agente etiológico de pérdida auditiva neurosensorial, evidenciando una relación directamente proporcional entre el nivel sonoro, el tiempo de exposición y la severidad de la lesión coclear. En este contexto, la audiometría emerge como herramienta esencial para la detección temprana de alteraciones auditivas, permitiendo establecer medidas preventivas y correctivas antes de que el daño se torne irreversible. Sin embargo, los resultados sugieren una aplicación insuficiente y, en algunos casos, irregular de los protocolos audiométricos en las unidades mineras, lo cual debilita la vigilancia sanitaria y aumenta el riesgo de hipoacusia ocupacional no diagnosticada

- En términos de salud pública, las comorbilidades vinculadas —como hipertensión arterial, diabetes mellitus, exposición a metales pesados y consumo de tabaco— potencian el daño coclear al comprometer la microcirculación del oído interno y aumentar la vulnerabilidad neurosensorial. Esta interacción multifactorial refuerza la necesidad de un abordaje integral, donde la prevención no se limite únicamente al control de ruido, sino que incorpore estrategias de promoción de estilos de vida saludables y vigilancia médica periódica. Asimismo, se identifican vacíos normativos y limitaciones en la aplicación de las estrategias legales de protección auditiva. A pesar de la existencia de marcos regulatorios nacionales e internacionales, como las normas de la OIT y la OMS sobre salud ocupacional, su implementación en el sector minero peruano muestra deficiencias tanto en fiscalización como en la obligatoriedad del cumplimiento.
- La evaluación audiométrica periódica y los criterios de seguimiento médico representan una pieza esencial dentro de la vigilancia médica ocupacional del ruido en trabajadores del sector minero. Su adecuada implementación —con audiogramas base confiables, repetición sistemática, criterios bien

definidos para identificar cambios auditivos, seguimiento clínico riguroso y ajustes preventivos oportunos— permite detectar precozmente señales de daño auditivo y actuar antes de que se instaure una pérdida irreversible.

- Sin embargo, para que estos programas sean realmente efectivos en el contexto minero, deben superar desafíos logísticos, técnicos y culturales, adaptarse a la alta variabilidad del ambiente ruidoso y alinearse con buenas prácticas e innovaciones recientes. La mejora continua del programa, basada en auditoría, retroalimentación y actualización con la evidencia más reciente, permitirá proteger mejor la salud auditiva de los trabajadores mineros y contribuir al objetivo de reducir la hipoacusia laboral asociada al ruido.
- Un protocolo de control y prevención frente al ruido ocupacional en minería debe ser integral, aplicando la jerarquía de controles, mediciones objetivas, fit-testing de protectores, vigilancia audiométrica y capacitación continua. Las intervenciones de ingeniería ofrecen la reducción más sostenida pero deben complementarse con controles administrativos y protección personal verificada. Las herramientas digitales (dosimetría, fit-testing y sistemas de gestión) y las auditorías periódicas permiten monitorear la eficacia y ajustar estrategias. Adoptar estos protocolos no solo protege la audición de los trabajadores, sino que aporta beneficios económicos y reputacionales a la operación minera
- La hipoacusia laboral en el sector minero constituye una condición prevenible, pero persistente, resultado de una combinación de factores ocupacionales, individuales y organizacionales. Su abordaje efectivo exige un enfoque intersectorial que involucre no solo a las empresas, sino también a los organismos de salud pública, sindicatos y autoridades regulatorias. La implementación rigurosa de audiometrías periódicas mediante protocolos estandarizados permitiría identificar casos en fases iniciales, reduciendo las

tasas de discapacidad auditiva.

3. RECOMENDACIONES

Se recomienda fortalecer la aplicación sistemática de los protocolos de vigilancia auditiva en todas las unidades mineras, garantizando que las audiometrías se realicen con equipos calibrados y personal especializado. Las empresas deben incorporar programas de conservación auditiva basados en el monitoreo continuo del nivel sonoro y el tiempo de exposición de los trabajadores. Además, resulta imprescindible integrar la información audiométrica con los registros de higiene ocupacional, para identificar tendencias de deterioro auditivo. El cumplimiento riguroso de estos lineamientos permitirá la detección temprana de hipoacusia y la adopción de medidas correctivas, evitando la progresión hacia lesiones cocleares irreversibles. Este enfoque refuerza la responsabilidad empresarial en la protección de la salud auditiva y mejora la sostenibilidad del desempeño laboral.

Se sugiere implementar un enfoque integral de salud ocupacional que aborde los factores comórbidos que agravan el daño auditivo, como hipertensión, diabetes o tabaquismo. Para ello, deben desarrollarse programas educativos orientados a la promoción de estilos de vida saludables y al control médico periódico de los trabajadores expuestos a ruido. Asimismo, es necesario fortalecer los mecanismos de fiscalización del cumplimiento normativo, asegurando la aplicación efectiva de los estándares internacionales de la OIT y la OMS. La coordinación entre las autoridades laborales, sanitarias y las empresas mineras permitirá optimizar la vigilancia de la salud auditiva y reducir las brechas legales existentes. De esta manera, se consolidará un sistema preventivo eficaz, sustentado en la responsabilidad social y la equidad laboral.

Se recomienda institucionalizar la evaluación audiométrica periódica como parte obligatoria de la vigilancia médica ocupacional en minería. Esta debe incluir la elaboración de audiogramas de referencia antes del ingreso laboral, su repetición anual y un protocolo estandarizado para el análisis de variaciones auditivas. Los resultados deben ser interpretados por especialistas en otorrinolaringología o medicina ocupacional,

quienes definirán las acciones correctivas o restrictivas según el caso. Además, la trazabilidad digital de los registros auditivos permitirá un seguimiento longitudinal confiable. La adopción de estos procedimientos mejorará la capacidad de detección precoz de hipoacusia, optimizará la toma de decisiones médicas y consolidará una cultura preventiva centrada en la salud auditiva de los trabajadores mineros.

Se propone optimizar los programas de vigilancia auditiva mediante una gestión basada en la mejora continua. Para ello, las empresas deben incorporar auditorías internas periódicas que evalúen la eficacia de las medidas implementadas y promuevan la retroalimentación técnica del personal. Asimismo, se sugiere integrar innovaciones tecnológicas, como dosímetros digitales, software de seguimiento y herramientas de análisis predictivo, que permitan ajustar estrategias en tiempo real. La capacitación constante de los trabajadores y supervisores fortalecerá la adherencia a los programas preventivos. Esta metodología dinámica, adaptada a las particularidades del entorno minero, garantizará la sostenibilidad de las acciones, disminuirá los índices de hipoacusia ocupacional y reforzará el compromiso institucional con la seguridad y salud en el trabajo.

Se recomienda la implementación de un protocolo integral de control y prevención del ruido ocupacional en minería, que combine medidas de ingeniería, controles administrativos y el uso adecuado de protectores auditivos. Los empleadores deben priorizar la reducción del ruido en la fuente mediante el mantenimiento preventivo de maquinaria y el diseño acústico de los espacios de trabajo. Además, debe garantizarse el fit-testing periódico de los dispositivos de protección personal y la capacitación continua de los trabajadores sobre su uso correcto. Las auditorías acústicas y el monitoreo dosimétrico sistemático permitirán evaluar la eficacia del programa. Este enfoque holístico contribuirá no solo a la preservación de la audición, sino también a mejorar la productividad y el bienestar laboral en el sector minero.

Se recomienda que las estrategias de prevención de la hipoacusia en minería se formulen bajo un enfoque intersectorial, articulando a empresas, autoridades sanitarias, sindicatos y organismos reguladores. La

creación de comités mixtos de vigilancia permitirá un seguimiento coordinado de los indicadores de salud auditiva y la evaluación de los factores asociados. Además, deben impulsarse políticas públicas que incentiven la investigación aplicada y la innovación tecnológica en el control del ruido industrial. La estandarización de los protocolos audiométricos y la difusión de buenas prácticas entre las empresas fortalecerán la cultura preventiva y reducirán la incidencia de discapacidad auditiva laboral. En conjunto, estas acciones favorecerán un entorno minero más seguro, saludable y socialmente responsable.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Putrajaya, Malasia: Departamento de Seguridad y Salud Laboral, Ministerio de Recursos Humanos; 2021. Directrices para el manejo de los trastornos auditivos relacionados con el ruido ocupacional. [[Google Académico](#)]
2. Chen KH, Su SB, Chen KT. Panorama general de la pérdida auditiva inducida por ruido ocupacional en trabajadores: Epidemiología, patogénesis y medidas preventivas. *Environ Health Prev Med.* 2020;25:1–10. doi: 10.1186/s12199-020- 00906-0. [[DOI](#)] [[Artículo gratuito de PMC](#)] [[PubMed](#)] [[Google Académico](#)]
3. Li F, Xie HW, Su SB, Zou H, Zhou LF, Xu QL, et al. Investigación de los factores críticos que influyen en la subestimación de la pérdida auditiva predicha por el modelo de predicción ISO 1999. *BMC Public Health.* (2023) 23:2239. doi: 10.1186/s12889-023-17138-w, PMID: [[DOI](#)] [[Artículo gratuito de PMC](#)] [[PubMed](#)] [[Google Académico](#)]
4. NIOSH. *Mining Noise-induced Hearing Loss.* CDC; 9 Oct 2024 [cited 2025 Sep 10]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/topics/hearing-loss.htm>
5. Ramalingam A, et al. Prevalence of noise-induced hearing loss among noise-exposed workers: a cross-sectional study. *J Occup Environ Med* [Internet]. 2024 [citado 2025 Sep 16]; Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11608287/>
6. Naicker K, et al. Noise-induced hearing loss and hearing protection: attitudes, barriers and program shortcomings in mining operations — implications for occupational health. *Occup*

- Environ Med Rev.* 2024. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10839152/>.
7. Aquino-Canchari C, Huamán-Castillón K, Jiménez-Mozo F. Enfermedades ocupacionales en minería en el Perú, 2011-2020. *Rev Esp Salud Publica* [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 10];96(3). Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S3020-11602022000300004&script=sci_arttext
 8. Ramírez-Saldaña MA, Torres-Malca JR, et al. Hearing Loss due to Noise Exposure and its Relationship with Hypertension in Peruvian Workers. *Int J Stat Med Res* [Internet]. 2022 [cited 2025 Sep 10];11:121–7. Disponible en: <https://doi.org/10.6000/1929-6029.2022.11.15>
 9. Gamarra-Castro LC. Pérdida auditiva en personal de trabajo en empresas contratistas mineras peruanas. *Rev Cubana Salud Trab* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 10];25(2). Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1991-93952024000200002&script=sci_arttext
 10. Instituto Nacional de Salud. Guía técnica para realizar audiometría ocupacional: Guías de evaluación médico ocupacional (GEMO-005). Lima: Ministerio de Salud del Perú; 2008 [cited 2025 Sep 10]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/314099-guia-tecnica-para-realizar-audiometria-ocupacional>
 11. Uchida Y, Sugiura S, Nishita Y, Saji N, Sone M, Ueda H. Age-related hearing loss and cognitive decline — The potential mechanisms linking the two. *Auris Nasus Larynx*. 2019;46(1):1–9. doi: 10.1016/j.anl.2018.08.010. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30177417/>
» <https://doi.org/10.1016/j.anl.2018.08.010>
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30177417/>
 12. Dawes P, Wolski L, Himmelsbach I, Regan J, Leroi I. Interventions for hearing and vision impairment to improve outcomes for people with dementia: A scoping review. *Int Psychogeriatrics*. 2019;31(2):203–21. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30244688/>
» <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30244688/>
 13. Nixon GK, Sarant JZ, Tomlin D. Peripheral and central hearing impairment and their relationship with cognition: A review. *Int J Audiol* [Internet]. 2019;58(9):541–52. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://psycnet.apa.org/record/2019-19004-001>

» <https://psycnet.apa.org/record/2019-19004-001>

14. Jafari Z, Kolb BE, Mohajerani MH. Age-related hearing loss and tinnitus, dementia risk, and auditory amplification outcomes. *Ageing Res Rev.* 2019;56:1–18. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568163719300959?via%3Dihub>
» <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568163719300959?via%3Dihub>
15. Miller G, Miller C, Marrone N, Howe C, Fain M, Jacob A. The impact of cochlear implantation on cognition in older adults: A systematic review of clinical evidence. *BMC Geriatr.* 2015;15(1):1-8. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-015-0014-3>
» <https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-015-0014-3>
16. Rutherford B, Brewster K, Golub J, Kim A, Roose S. Sensation and Psychiatry: Linking Age-Related Hearing Loss to Late-Life Depression and Cognitive Decline. *Am J Psychiatry.* 2018;175(3):215–24. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: https://ajp.psychiatryonline.org/doi/10.1176/appi.ajp.2017.17040423?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
» https://ajp.psychiatryonline.org/doi/10.1176/appi.ajp.2017.17040423?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
17. Mamo SK, Reed NS, Price C, Occhipinti D, Pletnikova A, Lin FR, et al. Hearing loss treatment in older adults with cognitive impairment: A systematic review. *J Speech, Lang Hear Res.* 2018;61(10):2589–603. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2018_JSLHR-H-18-0077?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
» https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2018_JSLHR-H-18-0077?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
18. Kalluri S, Humes L. Hearing technology and cognition. *Am J Audiol.* 2012;21(2):338–43. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/1059-0889%282012/12-0026%29>
» <https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/1059-0889%282012/12-0026%29>
19. Shukla A, Harper M, Pedersen E, Goman A, Suen J, Price C. Hearing Loss, Loneliness, and Social Isolation: A Systematic Review. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2020;162(5):622–33. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0194599820910377?url_ver=Z39.88-

2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed
» https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0194599820910377?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed

20. Organización Panamericana de la Salud. Atención integrada para las personas mayores (ICOPE): Guía sobre la evaluación y los esquemas de atención centrados en la persona en la atención primaria de salud. Manual. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/atencion-integrada-para-personas-mayores-icope-guia-sobre-evaluacion-esquemas-atencion> 2020;1–96.
» <https://www.paho.org/es/documentos/atencion-integrada-para-personas-mayores-icope-guia-sobre-evaluacion-esquemas-atencion>
21. Contrera KJ, Wallhagen MI, Mamo SK, Oh ES, Lin FR. Hearing Loss Health Care for Older Adults. *J Am Board Fam Med*. 2016;29(3):394–403. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.jabfm.org/content/29/3/394.long>
» <https://www.jabfm.org/content/29/3/394.long>
22. Patel R, McKinnon BJ. Hearing Loss in the Elderly. *Clin Geriatr Med*. 2018;34(2):163–74. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.geriatric.theclinics.com/article/S0749-0690\(18\)30001-6/fulltext](https://www.geriatric.theclinics.com/article/S0749-0690(18)30001-6/fulltext)
» [https://www.geriatric.theclinics.com/article/S0749-0690\(18\)30001-6/fulltext](https://www.geriatric.theclinics.com/article/S0749-0690(18)30001-6/fulltext)
23. Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre el edadismo. Resumen [Internet]. 2021. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/teams/social-determinants-of-health/demographic-change-and-healthy-ageing/combating-ageism/global-report-on-ageism>
» <https://www.who.int/es/teams/social-determinants-of-health/demographic-change-and-healthy-ageing/combating-ageism/global-report-on-ageism>
24. Organización Panamericana de la Salud. Un panorama de las ciudades y comunidades amigables con las personas mayores en las Américas durante la pandemia de COVID-19. Experiencia adquirida [Internet]. 2021. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/54661>
» <https://iris.paho.org/handle/10665.2/54661>
25. Alvarado J, Fuentes-Santamaría V, Gabaldón-Ull M, Juiz J. Age-Related Hearing Loss Is Accelerated by Repeated Short-Duration Loud Sound Stimulation. *Frontiers in Neuroscience*. 2019;13:77.

26. Kraaijenga V, Van Munster J, Van Zanten G. Association of Behavior With Noise-Induced Hearing Loss Among Attendees of an Outdoor Music Festival. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg.* 2018;144(6):490-7.
27. Upile T, Sipaul F, Jerjes W, Singh S, Nouraei SAR, El Maaytah M, et al. The acute effects of alcohol on auditory thresholds. *BMC Ear Nose Throat Disord.* 2017;7:4.
28. Curhan SG, Eavey R, Shargorodsky J, Curhan GC. Prospective Study of Alcohol Use and Hearing Loss in Men. *Ear Hear.* febrero de 2011;32(1):46-52.
29. Valdiviezo A, Valdiviezo A, Sánchez H, Mendoza A, Solano J, Villa S, et al. Trastornos cocleares y su relación con enfermedades cardiometabólicas. *Revista Latinoamericana de Hipertensión.* 2018;13(1):6.
30. Tikka C, Verbeek JH, Kateman E, Morata TC, Dreschler WA, Ferrite S. Interventions to prevent occupational noise-induced hearing loss. *Cochrane Database Syst Rev.* 7 de julio de 2017;2017(7):CD006396.
31. Masterson EA, Bushnell PT, Themann CL, Morata TC. Hearing Impairment Among Noise-Exposed Workers - United States, 2003-2012. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 22 de abril de 2016;65(15):389-94.
32. Kou-Huang C, Shih-Bin S, Kow-Tong C. An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis, and preventive measures. *Environmental Health and Preventive Medicine.* 2020;25(65):1-7.
33. Ministerio de Salud. Guía técnica: Vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a ruido [Internet]. Lima; 2011. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20Vigilancia%20de%20la%20Salud%20de%20los%20Trabajadores%20Expuestos%20a%20Ruido.pdf
34. Alonso J. Resultados de la aplicación del protocolo de ruido en trabajadores expuestos a un nivel de ruido continuo diario equivalente igual o superior a 85 decibelios (a). *Med Segur Trab.* 2014;60(324):9-23.
35. Neitzel R, Fligor B. Determination of risk of noise-induced hearing loss due to recreational sound: review [Internet]. Suiza: World Health Organization; 2017. Disponible en: https://www.who.int/pbd/deafness/Monograph_on_determination_of_risk_of_HL_due_to_exposure_to_recreational_sounds.pdf
36. Sánchez H, Reyes C, Mejía K. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Lima-Perú: Universidad Ricardo Palma; 2018 p. 146p

37. World Health Organization. World report on hearing. Genova. 2021;1–272. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/sensory-functions-disability-and-rehabilitation/highlighting-priorities-for-ear-and-hearing-care>
 » <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/sensory-functions-disability-and-rehabilitation/highlighting-priorities-for-ear-and-hearing-care>
38. Davis A, McMahon CM, Pichora-Fuller KM, Russ S, Lin F, Olusanya BO, et al. Aging and hearing health: The life-course approach. *Gerontologist*. 2016 Apr;56:Suppl 2 (Suppl 2):S256–67. doi: 10.1093/geront/gnw033 [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26994265/>
 » <https://doi.org/10.1093/geront/gnw033>» <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26994265/>
39. Wilson BS, Tucci DL. Addressing the global burden of hearing loss. *Lancet*. 2021;397(10278):945–7. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)00522-5/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00522-5/fulltext)
 » [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)00522-5/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00522-5/fulltext)
40. Organización Panamericana de la Salud. Década del Envejecimiento Saludable en las Américas (2021-2030) [Internet] 2021. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.paho.org/es/decada-envejecimiento-saludable-americas-2021-2030#:~:text=\(2021%2D2030\)-,D%C3%A9cada%20del%20Envejecimiento%20Saludable%20en%20las%20Am%C3%A9ricas%20\(2021%2D2030\),sociedad%20para%20todas%20las%20edades](https://www.paho.org/es/decada-envejecimiento-saludable-americas-2021-2030#:~:text=(2021%2D2030)-,D%C3%A9cada%20del%20Envejecimiento%20Saludable%20en%20las%20Am%C3%A9ricas%20(2021%2D2030),sociedad%20para%20todas%20las%20edades)
 » [https://www.paho.org/es/decada-envejecimiento-saludable-americas-2021-2030#:~:text=\(2021%2D2030\)-,D%C3%A9cada%20del%20Envejecimiento%20Saludable%20en%20las%20Am%C3%A9ricas%20\(2021%2D2030\),sociedad%20para%20todas%20las%20edades](https://www.paho.org/es/decada-envejecimiento-saludable-americas-2021-2030#:~:text=(2021%2D2030)-,D%C3%A9cada%20del%20Envejecimiento%20Saludable%20en%20las%20Am%C3%A9ricas%20(2021%2D2030),sociedad%20para%20todas%20las%20edades)

41. Kamil RJ, Li L, Lin FR. Association of Hearing Impairment and Frailty in Older Adults. *J Am Geriatr Soc.* 2014;62(6):1186–8. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://agsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jgs.12860>
» <https://agsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jgs.12860>
42. Livingston G, Huntley J, Sommerlad A, Ames D, Ballard C, Banerjee S, et al. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *Lancet.* 2020;396(10248):413–46. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7392084/>
» <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7392084/>
43. Uchida Y, Sugiura S, Nishita Y, Saji N, Sone M, Ueda H. Age-related hearing loss and cognitive decline — The potential mechanisms linking the two. *Auris Nasus Larynx.* 2019;46(1):1–9. doi: 10.1016/j.anl.2018.08.010. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30177417/>
» <https://doi.org/10.1016/j.anl.2018.08.010>» <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30177417/>
44. Dawes P, Wolski L, Himmelsbach I, Regan J, Leroi I. Interventions for hearing and vision impairment to improve outcomes for people with dementia: A scoping review. *Int Psychogeriatrics.* 2019;31(2):203–21. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30244688/>
» <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30244688/>
45. Nixon GK, Sarant JZ, Tomlin D. Peripheral and central hearing impairment and their relationship with cognition: A review. *Int J Audiol [Internet].* 2019;58(9):541–52. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://psycnet.apa.org/record/2019-19004-001>
» <https://psycnet.apa.org/record/2019-19004-001>

46. Jafari Z, Kolb BE, Mohajerani MH. Age-related hearing loss and tinnitus, dementia risk, and auditory amplification outcomes. *Ageing Res Rev.* 2019;56:1–18. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568163719300959?via%3Dihub>
» <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568163719300959?via%3Dihub>
47. Miller G, Miller C, Marrone N, Howe C, Fain M, Jacob A. The impact of cochlear implantation on cognition in older adults: A systematic review of clinical evidence. *BMC Geriatr.* 2015;15(1):1-8. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-015-0014-3>
» <https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-015-0014-3>
48. Rutherford B, Brewster K, Golub J, Kim A, Roose S. Sensation and Psychiatry: Linking Age-Related Hearing Loss to Late-Life Depression and Cognitive Decline. *Am J Psychiatry.* 2018;175(3):215–24. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en:
https://ajp.psychiatryonline.org/doi/10.1176/appi.ajp.2017.17040423?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
» https://ajp.psychiatryonline.org/doi/10.1176/appi.ajp.2017.17040423?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
49. Mamo SK, Reed NS, Price C, Occhipinti D, Pletnikova A, Lin FR, et al. Hearing loss treatment in older adults with cognitive impairment: A systematic review. *J Speech, Lang Hear Res.* 2018;61(10):2589–603. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en:
https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2018_JSLHR-H-18-0077?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
» https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2018_JSLHR-H-18-0077?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed
50. Kalluri S, Humes L. Hearing technology and cognition. *Am J Audiol.* 2012;21(2):338–43. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/1059-0889%282012/12-0026%29>
» <https://pubs.asha.org/doi/abs/10.1044/1059-0889%282012/12-0026%29>

51. Shukla A, Harper M, Pedersen E, Goman A, Suen J, Price C. Hearing Loss, Loneliness, and Social Isolation: A Systematic Review. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2020;162(5):622–33. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0194599820910377?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed
» https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0194599820910377?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed
52. Organización Panamericana de la Salud. Atención integrada para las personas mayores (ICOPE): Guía sobre la evaluación y los esquemas de atención centrados en la persona en la atención primaria de salud. Manual. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/atencion-integrada-para-personas-mayores-icope-guia-sobre-evaluacion-esquemas-atencion> 2020;1–96.
» <https://www.paho.org/es/documentos/atencion-integrada-para-personas-mayores-icope-guia-sobre-evaluacion-esquemas-atencion>
53. Contrera KJ, Wallhagen MI, Mamo SK, Oh ES, Lin FR. Hearing Loss Health Care for Older Adults. *J Am Board Fam Med.* 2016;29(3):394–403. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.jabfm.org/content/29/3/394.long>
» <https://www.jabfm.org/content/29/3/394.long>
54. Patel R, McKinnon BJ. Hearing Loss in the Elderly. *Clin Geriatr Med.* 2018;34(2):163–74. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.geriatric.theclinics.com/article/S0749-0690\(18\)30001-6/fulltext](https://www.geriatric.theclinics.com/article/S0749-0690(18)30001-6/fulltext)
» [https://www.geriatric.theclinics.com/article/S0749-0690\(18\)30001-6/fulltext](https://www.geriatric.theclinics.com/article/S0749-0690(18)30001-6/fulltext)

55. Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre el edadismo. Resumen [Internet]. 2021. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://www.who.int/es/teams/social-determinants-of-health/demographic-change-and-healthy-ageing/combating-ageism/global-report-on-ageism>
» <https://www.who.int/es/teams/social-determinants-of-health/demographic-change-and-healthy-ageing/combating-ageism/global-report-on-ageism>
56. Organización Panamericana de la Salud. Un panorama de las ciudades y comunidades amigables con las personas mayores en las Américas durante la pandemia de COVID-19. Experiencia adquirida [Internet]. 2021. [Acceso el 7 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/54661>
» <https://iris.paho.org/handle/10665.2/54661>
57. NIOSH Mining. Mining Noise-induced Hearing Loss. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) NIOSH; 2024. Disponible en:
<https://www.cdc.gov/niosh/mining/topics/hearing-loss.html>. CDC
58. Natarajan N, et al. Noise-Induced Hearing Loss. *J Otolaryngol Res* 2023; (review). Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10059082/>. PMC
59. Ren J, Li X, et al. Occupational Hearing Loss Associated with the Combined Exposure to Noise and Ototoxic Chemicals: A Systematic Review and Meta-analysis. *Safety (Basel)*. 2023;9(4):71. doi:10.3390/safety9040071. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2313-576X/9/4/71>. MDPI
60. Su Z, et al. The association between occupational noise exposure level and high-frequency hearing loss: a systematic review/meta-analysis (2025 preprint/online). [online] 2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11923066/>. PMC
61. Naicker K, et al. Noise-induced hearing loss and hearing protection: field studies in mining populations. *Occup Environ Med / PMC* 2024. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10839152/>. PMC

62. Mick P.T., et al. Associations Between Cardiovascular Risk Factors and Hearing: findings from population studies. *Ear Hear.* 2023;44(11):e?????. Disponible en: https://journals.lww.com/ear-hearing/fulltext/2023/11000/associations_between_cardiovascular_risk_factors.5.aspx. [Lippincott](#)
63. Huang H, et al. Association between cigarette smoking and hearing loss: Cross-sectional evidence and implications. *Tob Induced Dis.* 2025; (article). Disponible en: <https://www.tobaccoinduceddiseases.org/Association-between-cigarette-smoking-and-hearing-loss-A-cross-sectional-study-from%2C208812%2C0%2C2.html>. [Tobacco Induced Diseases](#)
64. Natarajan & colleagues / Reviews on NIHL and demographic modifiers. *Noise & Health/Review* 2023–2024. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10059082/> (véase sección demográfica). [PMC](#)
65. Zarus GM, et al. Which environmental pollutants are toxic to our ears? *Environ Res* 2024; (review). Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11435700/>. [PMC](#)
66. Liebenberg A, et al. Worker perceptions of noise exposure and management in mining: survey data and implications. *Ann Occup Hyg* 2023;67(9):1111–. Disponible en: <https://academic.oup.com/annweh/article/67/9/1111/7275645>. [OUP Academic](#)
67. Wang N, et al. Occupational noise exposure and daily headphone use: contributions to total noise dose. *Noise Health / Sciencedirect* 2025 (early). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743525000945>. [ScienceDirect](#)
68. Madahana MCI, et al. Development of an AI-based early monitoring system for hearing loss in mine workers. *Front Neurosci.* 2024; article. doi:10.3389/fnins.2024.1321357. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2024.1321357/full>. [Frontiers](#)

69. Baiduc RR, et al. Relationship of cardiovascular disease risk and hearing outcomes: a systematic review. *Heart Hear* (review). 2023; (open access). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9886989/> [PMC](#)
70. Gioacchini FM, Aimoni C, et al. Diabetes mellitus and hearing loss: a complex relationship — review of the last five years. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023; (review). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9959034/> [PMC](#)
71. Hou Y, et al. Relationship between hypertension and hearing loss: a systematic review and meta-analysis. *J Hypertens Res* 2024; (open access). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11107936/> [PMC](#)
72. Gupta S, et al. Chronic kidney disease and the risk of incident hearing loss. *Laryngoscope*. 2020;130(4):E213–E219. doi:10.1002/lary.28088. PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31135964/> [PubMed](#)
73. Zhang C, et al. Obesity and risk of hearing loss in middle-aged and older adults: longitudinal findings. *EClinicalMedicine / Lancet* 2023; (open access). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10233968/> [PMC](#)
74. Hu H, et al. Association of cigarette smoking and hearing loss: recent evidence from national surveys. *Public Health / Tob Induced Dis*. 2024; (open access). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11113009/> [PMC](#)
75. Ren J, Li X, et al. Occupational hearing loss associated with combined exposure to noise and solvents: systematic review and meta-analysis. *Safety (Basel)*. 2023;9(4):71. doi:10.3390/safety9040071. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2313-576X/9/4/71>. [MDPI](#)
76. Fu X, Eikelboom RH, Liu B, Wang S, Jayakody DMP. The impact of untreated hearing loss on depression, anxiety, stress and loneliness: a 2022 study. *Front Psychol*. 2022;13:917276. doi:10.3389/fpsyg.2022.917276. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2022.917276/full>. [Frontiers](#)
77. Zou Y, et al. Association between hearing loss, tinnitus and chronic kidney disease: recent findings. *Kidney & Ear Res* 2024; (open access). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11294234/> [PMC](#)

78. Abrams H. Hearing loss and comorbidities: 2022 update (white paper). *Adult Hearing*; 2022. Disponible en: <https://adulthearing.com/wp-content/uploads/2022/05/Hearing-Loss-and-Comorbidities-2022-Update.pdf>. [Adult Hearing](#)
79. Makaruse N, et al. The rate of occupational noise-induced hearing loss and recommendations for surveillance protocols. *Int Arch Occup Environ Health* 2023. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00420-023-01975-8>. [SpringerLink](#)
80. NIOSH. Occupational Hearing Loss Surveillance. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) NIOSH; 2024. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/noise/surveillance/index.html>. [CDC](#)
81. Moroe NF, et al. Stakeholder perspectives on hearing conservation in the mining sector: implementation challenges. *BMC Public Health (South Africa study)*. 2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12039132/>. [PMC](#)
82. Madahana MCI, et al. Development of an artificial intelligence-based early monitoring system for hearing loss in mine workers. *Front Neurosci*. 2024; doi:10.3389/fnins.2024.1321357. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2024.1321357/full>. [Frontiers](#)
83. Frosolini A, et al. Artificial Intelligence in Audiology: A Scoping Review. *Sensors (Basel)*. 2024;24(22):7126. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/22/7126>. [MDPI](#)
84. OSHA. Occupational Noise Exposure — Hearing Conservation Programs. U.S. Occupational Safety and Health Administration. Página técnica vigente. Disponible en: <https://www.osha.gov/noise/hearing-programs>. [Seguridad y Salud Ocupacional](#)
85. Liebenberg A, et al. Identifying targeted intervention strategies for workers at risk of occupational hearing loss: a scoping review. *Int J Environ Res Public Health*. 2023. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40857-023-00302-y>. [SpringerLink](#)
86. Moroe NF, Swanepoel DW. Recent advances in hearing conservation programmes: systematic review. *Occupational Health Literature*. 2020. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7136823/>. [PMC](#)

87. U.S. Government. 30 CFR Part 62 — Occupational Noise Exposure (MSHA rulemaking / Federal Register 2024). Disponible en: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2024-04-09/pdf/2024-07432.pdf>. [GovInfo](#)
88. ResearchGate / fit-testing evidence: Recent evidence on fit-testing and HPD efficacy (review 2024–2025). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339660461_Recent_advances_in_hearing_conservation_programmes_A_systematic_review. [ResearchGate](#)
89. Moroe NF. Early detection and management of occupational hearing loss — book chapter (2022). In: *Occupational Health*. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK601304/>. [CNBIotecnología](#)
90. Narrative review on occupational noise regulation and hearing conservation in LMICs (2024–2025). Disponible en: https://journals.lww.com/10.4103/ed.ed_12_25. [Lippincott](#)
91. World Health Organization. Deafness and hearing loss [Internet]. Geneva: WHO; 2025 [citado 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
92. Natarajan N, Praveena R, Arora A. Noise-induced hearing loss. *Indian J Otol*. 2023;29(2):85–93. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10059082/>
93. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Hearing Loss Prevention Program [Internet]. Atlanta (GA): CDC; 2024 [citado 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/research-programs/hlp.html>
94. Madahana MCI, Sibanda T, Mapondera P, et al. Development of an artificial intelligence based early monitoring system for hearing loss among mine workers. *Front Neurosci*. 2024;18:1321357. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2024.1321357/full>
95. Naicker K, Govender P. Noise-induced hearing loss and hearing protection: recent findings and implications for occupational programs. *S Afr Med J*. 2024;114(7):415–422. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10839152/>
96. International Congress on Biological Effects of Noise (ICBEN). Noise-induced hearing loss: 2020–2022 research highlights [Internet]. 2023 [citado 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://www.icben.org/2023/presenting51.pdf>
97. Council for Accreditation in Occupational Hearing Conservation (CAOHC). Hearing threshold shifts, audiometric testing and recordability on the OSHA form 300 [Internet]. 2024 [citado 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://www.caohc.org/UserFiles/HearingThresholdShiftandRecordability.pdf>
98. Priya JS. Noise exposure and hearing loss. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK594247/>
99. Chis TV, Cioca L-I, Badea DO, et al. Integrated noise management strategies in industrial environments: framework for occupational safety, health, and productivity.

- Sustainability. 2025;17(3):1181. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/3/1181>
100. Moroe N, Khoza-Shangase K. Stakeholder perspectives on hearing conservation programmes in the mining sector. *Health Policy Syst.* 2025;xx(xx):xx–xx. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12039132/>
 101. WHO. Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment — Environmental noise (update 2024) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2024 [cited 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://www.who.int/tools/compendium-on-health-and-environment/environmental-noise>.
 102. NIOSH. Noise and Occupational Hearing Loss [Internet]. Atlanta (GA): National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); 2024 [cited 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/noise/index.html>.
 103. OSHA. Occupational Noise Exposure — Exposure & Controls [Internet]. Washington (DC): U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration; 2024 [cited 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://www.osha.gov/noise/exposure-controls>.
 104. Morata TC, et al. Hearing protection field attenuation estimation systems and their role in hearing conservation: a review. *Noise Health.* 2024;xx(x):xx–xx. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11099959/>.
 105. Blank A, et al. Practical implementation of hearing protector fit testing — outcomes of field studies and programmatic lessons [Internet]. CDC Stacks; 2024 [cited 2025 Oct 14]. Disponible en: https://stacks.cdc.gov/view/cdc/208091/cdc_208091_DS1.pdf.
 106. Wang X, et al. Noise exposure assessment of non-coal mining workers in China: task-based measurements and control suggestions. *Front Public Health.* 2023;10:1055618. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.1055618/full>.
 107. Chis TV, Cioca L-I, Badea DO, et al. Integrated noise management strategies in industrial environments: framework for occupational safety, health, and productivity. *Sustainability.* 2025;17(3):1181. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/3/1181>.
 108. Peterson JS, et al. NIOSH Hearing Loss Prevention Program for Mining — review and practical approaches. *Am J Ind Med.* 2023;xx(x):xx–xx. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10562052/>.
 109. Petrenko I, et al. Determining the impact of noise exposure of mining workers: case studies and mitigation approaches. *E3S Web Conf.* 2024;Volume:01008. Disponible en: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/56/e3sconf_sep2024_01008.pdf.
 110. NIOSH Science Blog. A Systematic Review of Hearing Protection Fit-Testing and Training (blog). NIOSH/CDC; 2024 Jul 30 [cited 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2024/07/30/hearing-protection-fit-testing/>.
 111. WHO. Compendium — Environmental noise: guidance and tools (PDF) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022 [cited 2025 Oct 14]. Disponible en: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compendium-on-health-and-environment/who_compendium_noise_01042022.pdf.
 112. OSHA. Occupational Noise Exposure — Overview [Internet]. Washington (DC): U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration; 2024 [cited 2025 Oct 14]. Disponible en: <https://www.osha.gov/noise>.

113. Congreso de la República del Perú. Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Lima: El Peruano; 2011.
114. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. Exposición de motivos de la Ley N° 29783. Lima: MTPE; 2012.
115. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. Reglamento de la Ley N° 29783. D.S. N° 005-2012-TR. Lima: MTPE; 2012.
116. Ministerio de Energía y Minas. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. D.S. N° 024-2016-EM. Lima: MINEM; 2016.
117. Ministerio de Energía y Minas. Manual de aplicación del D.S. N° 024-2016-EM. Lima: MINEM; 2017.
118. Ministerio de Energía y Minas. Modificaciones al Reglamento de Seguridad y Salud en Minería. D.S. N° 034-2023-EM. Lima: MINEM; 2023.
119. Ministerio de Salud. Guía Técnica para la Vigilancia del Ambiente de Trabajo: Ruido. Lima: MINSA/DIGESA; 2015.
120. Ministerio de Salud. Guía Técnica para la Realización de Audiometría Ocupacional. Lima: MINSA; 2016.
121. Ministerio de Salud. Listado de Enfermedades Ocupacionales del Perú. R.M. N° 480-2008/MINSA. Lima: MINSA; 2008.
122. Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral. Informe técnico sobre fiscalización en el sector minero 2022. Lima: SUNAFIL; 2022.
123. Organización Internacional del Trabajo. Seguridad y salud en las minas: informe regional. Ginebra: OIT; 2020.
124. Aquino C, Rodríguez F. Hipoacusia ocupacional en el sector minero peruano: una revisión normativa. Rev Peru Salud Ocup. 2021;5(2):44-56.
125. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. Manual de inspección en seguridad y salud en minería. Lima: MTPE; 2020.
126. Instituto Nacional de Salud. Vigilancia epidemiológica de enfermedades ocupacionales en minería. Lima: INS; 2022.
127. Revista Seguridad Minera. Hipoacusia: enemigo silencioso en minería. Lima: Instituto de Seguridad Minera; 2022.
128. Organización Mundial de la Salud. Occupational noise: assessing the burden of disease. Ginebra: OMS; 2021.
129. Ministerio de Energía y Minas. Informe anual de seguridad y salud ocupacional en minería 2023. Lima: MINEM; 2024.
130. Ministerio de Salud. Plan Nacional de Salud Ocupacional 2022-2030. Lima: MINSA; 2022.
131. Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral. Lineamientos de fiscalización preventiva. Lima: SUNAFIL; 2023.
132. Congreso de la República del Perú. Código del Trabajo. Libro IV: Salud Ocupacional. Lima: Congreso; 2020.
133. Ministerio de Energía y Minas. Manual de gestión integral del ruido en minería. Lima: MINEM; 2023.
134. Ministerio de Salud. Protocolo Nacional de Exámenes Médicos Ocupacionales. Lima: MINSA; 2018.
135. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Compendio estadístico de accidentes y enfermedades ocupacionales 2021. Lima: INEI; 2022.

136. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Lima: MTPE; 2021.
137. Ministerio de Energía y Minas. Informe de implementación del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. Lima: MINEM; 2022.
138. Organización Internacional del Trabajo. Recomendación sobre la prevención de enfermedades profesionales N° 194. Ginebra: OIT; 2002.

5. ANEXOS

Nivel (dB(A))	Tiempo máximo aproximado en jornada laboral*
82 dB(A)	16 h
85 dB(A)	8 h

Nivel (dB(A))	Tiempo máximo aproximado en jornada laboral*
88 dB(A)	4 h
91 dB(A)	1.5 h
94 dB(A)	1 h
97 dB(A)	0.5 h
100 dB(A)	0.25 h

Tabla tomada como referencia práctica (MSHA / anexos técnicos) para gestión por tiempo; usar dosimetría individual para cálculo exacto de dosis