

**Consecuencias de la exposición a altos niveles de ruido en operadores de maquinaria pesada en el sector minero: Una Investigación Documental 2017-2025**

**Gregorio Córdoba Palacios, Martha Catalina Arias Bernal, Verenith Vega García**

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo**

**Director**

**Yohanna Milena Rueda Mahecha**

**Magíster en Educación**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo**

**2025**

### **Dedicatoria**

Dedicamos este logro principalmente a Dios, por habernos llenado de fortaleza y moralidad, para poder cumplir nuestras metas y logros tan importantes en nuestras vidas.

A cada una de nuestras familias, quienes han sido nuestro apoyo y pilar fundamental en este proceso de profesionalización para salir adelante, aunque con esfuerzo, dedicación y trabajo para alcanzar nuestras metas.

### **Agradecimientos**

Nuestro reconocimiento a nuestros padres por brindarnos sabiduría, guiarnos y apoyarnos en nuestros estudios como una gran herencia. También por ser comprensivos, pacientes, y ante todo por aportar a nuestra vida los valores fundamentales que nos hicieron como personas gratas, responsables e hicieron de nosotros seres humanos aguerridos y comprometidos.

Agradecemos a la Universidad Santo Tomás por todos los aportes brindados y por formarnos académicamente. A los tutores y compañeros de estudio por ser parte de nuestra etapa académica, a la docente Yohanna Milena Rueda Mahecha, quien con su conocimiento y apoyo nos permitió avanzar en este proceso.

## Contenido

Introducción .....	14
1. Consecuencias de la exposición a altos niveles de ruido en operadores de maquinaria pesada en el sector minero: Una Investigación Documental .....	16
2. Planteamiento del problema .....	16
2.2 Formulación del problema .....	18
2.3 Justificación.....	19
2.4 Objetivos.....	21
2.4.1 Objetivo general .....	21
2.4.2 Objetivos específicos .....	21
3. Marco referencial.....	21
3.1 Antecedentes.....	22
3.1.1 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	22
3.1.2 Antecedentes nacionales.....	23
3.2 Marco teórico .....	27
3.2.1 Conceptos generales del sonido y ruido .....	27
3.3 Marco conceptual .....	36
3.3.1 Definición y clasificación del ruido .....	36
3.3.2 Medidas de exposición y criterios técnicos .....	37
3.3.3 Anatomía y fisiología auditiva .....	38
3.3.4 Mecanismo del daño auditivo inducido por ruido .....	38
3.3.5 Pérdida Auditiva Inducida por Ruido (NIHL).....	39
3.3.6 Efectos no auditivos del ruido .....	39

3.4 Marco legal.....	40
4. Diseño metodológico.....	42
4.1 Alcance y limitaciones .....	43
4.4 Fuentes de información.....	44
4.5 Análisis de estudios recuperados.....	45
4.6 Participantes .....	45
4.7 Herramientas .....	46
4.8 Procedimientos .....	46
4.9 Aspectos éticos.....	48
5. Desarrollo .....	49
5.1 Identificación de los efectos fisiológicos por exposición al ruido .....	49
5.2 Marco normativo sobre la exposición ocupacional al ruido y su cumplimiento en el sector minero.....	52
5.3 Caracterización de las medidas preventivas y de control implementadas frente al ruido ocupacional en el sector minero .....	63
5.3.1 Comparación entre minería subterránea y a cielo abierto .....	64
5.3.2 Eficacia y barreras de los controles de ingeniería .....	64
5.3.3 Costos aproximados en Colombia .....	65
5.3.4 Controles administrativos y EPP en Colombia .....	65
5.3.5 Ventajas y limitaciones.....	66
5.3.6 Marco de gestión del riesgo y jerarquía de controles en Colombia.....	66
5.3.7 Comparación eficacia esperada vs. real.....	67
5.3.8 Brechas tecnológicas y avances internacionales .....	67

6. Conclusiones.....	68
<b>7. Recomendaciones.....</b>	<b>72</b>
Referencias.....	77
Apéndices.....	90

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Valores limites permisibles para ruido continuo o intermitente .....</i>	35
<b>Tabla 2.</b> <i>Comparativa de límites de exposición ocupacional al ruido según organismos nacionales e internacionales.....</i>	37
<b>Tabla 3.</b> <i>Comparativa de Normas Nacionales e Internacionales sobre Ruido en la Minería ....</i>	62

**Lista de figuras**

**Figura 1.** *Estructura anatómica del oído*..... 38

**Figura 2.** *Metodología prisma* ..... 48

**Lista de apéndices**

**Apéndice A.** *Matriz de búsqueda*

*Nota:* véase archivo en fuente externa

### Resumen

El estudio se basa en una revisión bibliográfica centrada en las consecuencias de la exposición a altos niveles de ruido en operadores de maquinaria pesada del sector minero. Se analizan factores fisiológicos y psicológicos vinculados a esta exposición, considerando el ruido como una sensación desagradable que afecta el bienestar laboral y la calidad de vida. Para identificar los riesgos del entorno minero, se examinan causas y consecuencias de la exposición continua a ruido mediante diversas fuentes documentales. Se reconoce que la Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido (HNIR) se desarrolla cuando una persona permanece expuesta de manera constante a niveles superiores a los seguros, situación frecuente entre operadores de maquinaria pesada.

La investigación aborda el contexto minero actual, resaltando estrategias de mitigación, eliminación o sustitución del riesgo auditivo, así como los efectos, derivaciones y medidas preventivas posibles. También se analiza el grado de inversión del sector en protección auditiva y en acciones destinadas a reducir la exposición.

Asimismo, se identificó que las normativas nacionales e internacionales fijan 85 dB(A) como límite seguro para una jornada laboral de ocho horas; sin embargo, en minería estos valores suelen superarse, alcanzando entre 90 y 100 dB(A). Este escenario se agrava por la limitada implementación de programas de conservación auditiva, la falta de capacitación y el uso inconsistente de protectores. La aplicación parcial de controles técnicos y monitoreos dificulta la prevención efectiva, por lo que se requiere fortalecer la gestión del riesgo y asegurar el cumplimiento normativo para proteger la salud auditiva de los trabajadores.

**Palabras clave:** ruido, seguridad y salud en el trabajo, sector minero, riesgo laboral, HNIR

### **Abstract**

This study is based on a literature review focused on the consequences of exposure to high noise levels for heavy machinery operators in the mining sector. It analyzes physiological and psychological factors linked to this exposure, considering noise as an unpleasant sensation that affects workplace well-being and quality of life. To identify the risks in the mining environment, the causes and consequences of continuous noise exposure are examined using various documentary sources. It is recognized that Noise-Induced Sensorineural Hearing Loss (NIHL) develops when a person is constantly exposed to noise levels exceeding safe limits, a common situation among heavy machinery operators.

The research addresses the current mining context, highlighting strategies for mitigating, eliminating, or replacing hearing risks, as well as the effects, implications, and possible preventive measures. The level of investment in the sector in hearing protection and actions aimed at reducing exposure is also analyzed.

Furthermore, it was identified that national and international regulations set 85 dB(A) as the safe limit for an eight-hour workday. However, in mining, these values are often exceeded, reaching between 90 and 100 dB(A). This situation is exacerbated by the limited implementation of hearing conservation programs, a lack of training, and inconsistent use of hearing protection. The partial application of technical controls and monitoring hinders effective prevention, making it necessary to strengthen risk management and ensure regulatory compliance to protect workers' hearing health.

**Keywords:** noise, occupational safety and health, mining sector, occupational risk, NIHL

## Glosario

*Decibel (dB)*: representa la unidad relativa de una señal bastante utilizada por la claridad al momento de calcular y comparar niveles de indicaciones eléctricas.

Los logaritmos son muy usados debido a que las señales en decibeles (dB) pueden ser fácilmente sumadas o restado y también por la razón de que el oído humano responde naturalmente a nivel de señal en una forma aproximadamente logarítmica. (Pérez, 2014 pág.11)

*Minería a cielo abierto*: “es aquella que busca el alcance de recursos naturales presentes en la superficie de la tierra y no de forma subterránea. (Comisión Nacional de los Derechos Humanos” [CNDH], 2021, pág. 3)

*Minería subterránea*: tiene que ver con las operaciones y actividades mineras desarrolladas bajo tierra o subterráneamente. (Ministerio de minas y energía, [Min energía], 2003)

*Tinnitus*: conocido como acúfeno, es un síntoma que se caracteriza por la sensación de sonidos que, en la mayoría de los casos, no son originados desde una fuente sonora externa. “Cerca de 15% a 20% de la población general presenta en algún momento de su vida tinnitus y esta cifra aumenta con la edad”. (Instituto Nacional de la Sordera y Otros Trastornos de la Comunicación [NIDCD]), 2023, pág. 8)

*Pérdida de audición a causa del ruido*: puede ser considerada como inmediata o puede tomar mucho tiempo hasta que uno la descubra. También puede ser permanente o temporal y alcanza a afectar uno o ambos oídos. (NIDCD, 2025)

*Riesgo para la seguridad y salud en el trabajo*: representa la posibilidad de que cualquier persona resista un daño o una lesión debido a los peligros que se enfrentan en el entorno laboral.

El riesgo se establece combinando la probabilidad de que suceda un evento que ostente peligro con la amenaza de las posibles consecuencias que traerá para la salud o la integridad de los trabajadores.

En otras palabras, no se trata solo de identificar si existe un peligro, sino de evaluar también qué tan probable es que ese riesgo llegue a causar una enfermedad o un accidente y cuán graves han de ser los daños si llegaran a ocurrir. (Organización Internacional de Normalización [ISO] 45001, 2018, Pág. 4)

*Ruido ocupacional:* se establece como el sonido no deseado presente en los lugares de trabajo, provocado por maquinaria, equipos, procesos industriales además de otras fuentes, que puede alcanzar niveles de presión sonora capaces de afectar la salud auditiva y general de los trabajadores, su riesgo principal es la pérdida auditiva inducida por ruido (PAIR), además puede generar estrés, fatiga, dificultades de comunicación y reducción del desempeño laboral (NIOSH, 1998).

*Seguridad laboral:* es una disciplina técnica que engloba el conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto eliminar o disminuir el riesgo de que se produzcan los accidentes de trabajo. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], s.f., párr.1)

*Sonido:* cualquier variación de presión que puede detectar el oído humano, un sonido es un fenómeno físico que consiste en la alteración mecánica de las partículas de un medio elástico, producida por un elemento en vibración, que es capaz de provocar una sensación auditiva. (Universidad Zaragoza, 2024).

## **Introducción**

En los entornos laborales industriales, como la minería, el ruido constituye uno de los factores de riesgo más significativos para la Seguridad y Salud en el Trabajo. La Organización Mundial de la Salud (2021) ha establecido que la exposición continua a niveles de ruido superiores a 85 decibeles puede causar pérdida auditiva irreversible. En Colombia, diversos estudios han evidenciado que un alto porcentaje de trabajadores en la minería experimentan pérdida auditiva debido a esta exposición, lo que no solo afecta su salud auditiva, sino también su productividad y bienestar general. (García, et al., 2020)

Este trabajo versa sobre el análisis de lo que concierne a la exposición prolongada al ruido, especialmente las consecuencias fisiológicas y psicológicas, en los operadores de maquinaria pesada que laboran en la minería. Esta problemática adquiere relevancia debido a que el ruido tiene implicaciones variadas en el ser humano porque no compromete solo el aspecto auditivo, sino que, pueden ocasionar alteraciones en el sistema cardiovascular, psicológico, neurológico, amén del impacto en la productividad, concentración y todo lo que se relaciona con el bienestar del trabajador.

Se tuvo en cuenta la normatividad colombiana que establece los límites permitidos de exposición al ruido en ambientes laborales, como el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 8321 de 1983. De igual manera, se fundamentó en investigaciones previas que demostraron que, en materia de medidas preventivas, persisten deficiencias notables, como la falta de programas de conservación de la audición, que acusan establecer estrategias enfocadas en la protección auditiva a nivel general y, de manera específica, a favor de quienes desarrollan sus labores, como trabajadores, en entornos donde, por sus características, es evidente la existencia de ruido.

En este contexto, se optó por realizar una revisión bibliográfica y documental como estrategia metodológica para explorar de manera rigurosa los hallazgos científicos y técnicos relacionados con la exposición al ruido ocupacional. Esta elección metodológica permite analizar e interpretar las causas y efectos de dicha exposición desde una perspectiva amplia, sustentada en la evidencia, y constituye un paso fundamental para proponer recomendaciones orientadas a la prevención y control del riesgo. Dado el carácter exploratorio y analítico de esta indagación, se trabajó con un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, el cual resulta pertinente para comprender las implicaciones del fenómeno en contextos laborales específicos.

La presente investigación tiene como objetivo general analizar las consecuencias que genera la exposición a altos niveles de ruido en operadores de maquinaria pesada del sector minero. En coherencia con este propósito, se plantean tres objetivos específicos: en primer lugar, identificar los efectos psicológicos y fisiológicos asociados a dicha exposición; en segundo lugar, evaluar las medidas preventivas actualmente implementadas en el entorno laboral; y finalmente, proponer estrategias que contribuyan a mitigar el impacto del ruido y reducir el riesgo laboral en esta población trabajadora.

## **1. Consecuencias de la exposición a altos niveles de ruido en operadores de maquinaria pesada en el sector minero: Una Investigación Documental**

### **2. Planteamiento del problema**

Como actividad económica, la minería es un sector con participación significativa en el país, no solo por el aporte que hace al Producto Interno Bruto (PIB) según el boletín informativo Minería en Cifras para los primeros once meses del 2024, Se evidencia que los derivados del carbón siguen siendo los de mayor peso dentro de las exportaciones del sector minero, al representar el 57,0 % del valor total exportado. Les siguen el oro con un 32,5 %, otros minerales —incluido el platino— con un 5,2 %, el ferroníquel con un 4,2 % y las esmeraldas con un 1,1 %. Este liderazgo no solo se refleja en los ingresos por exportaciones, sino también en la capacidad del sector para generar empleo en diversas regiones del país. (Agencia Nacional de Minería [ANM], 2025). Pese a lo anterior y al margen de sus beneficios, esta industria conlleva en su actuar bastantes riesgos laborales que, por su diversidad y peligrosidad, merecen atención especial dentro de los programas de seguridad y salud en el trabajo.

Sin duda, uno de los principales factores de riesgo que conlleva esta actividad, es la exposición prolongada al ruido que genera la operación de maquinaria utilizada en procesos extractivos, que está clasificado como riesgo físico y que es muy común que sobrepase los límites establecidos como permisibles por las normas nacionales e internacionales, lo que, evidentemente afecta de manera directa la salud auditiva de los trabajadores. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006)

Equipos como excavadoras, perforadoras, martillos hidráulicos, compresores y tuneladoras, habitualmente utilizados en esta industria, producen niveles sonoros que van desde los 80 dB a 110 dB, cifras que exceden el umbral recomendado por la Organización Mundial de la

Salud (2021) y la normatividad nacional en la materia. Esta circunstancia de estar expuesto de manera continua a tan altos niveles puede terminar en alteraciones auditivas relacionadas a dichos efectos como la tinnitus, pérdida de sensibilidad auditiva temporal o permanente y, finalmente, en hipoacusia irreversible lo que, no solo afecta su capacidad de concentración, produce fatiga y aumenta el riesgo de accidentes laborales, sino que, afecta la calidad de vida del trabajador.

Sin desconocer que en el entorno minero existen otros riesgos que ameritan atención, como temperaturas extremas, vibraciones que degeneran en lesiones y problemas musculoesqueléticas, la presente investigación se centra en lo referente al ruido como agente nocivo según la evidencia científica para la función auditiva y muchas veces ignorado por su carácter silencioso, pero que es progresivo y, cuando se evidencian los síntomas, en muchos casos es porque ya hay un avance significativo, con consecuencias graves e irreversibles (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021), no solo en lo referente al oído como órgano esencial para el ser humano, sino su incidencia en otros aspectos, por ejemplo, en la respuesta que da el organismo a esta clase de situaciones de exposición prolongada, como es el aumento en los niveles de cortisol (hormona del estrés) que viene asociado con la ansiedad y la depresión, fatiga mental e irritabilidad en la persona. (Babisch, 2002)

Diversas investigaciones que exponen alta existencia de hipoacusia, especialmente la neurosensorial, ocasionada por el ruido, tal es el caso de Masterson, et al. (2013) e igualmente Collazo, et al. (2015), quienes señalan que una persona al estar constantemente expuesta al ruido tiene como consecuencia la pérdida en su capacidad de oír, la cual, para el caso concreto de la hipoacusia sensorial, es irreversible.

En los trabajadores del sector minero, especialmente, aunque no los únicos, es evidente que están expuestos a ruidos desproporcionados por las características de la actividad que incluye

la interacción con maquinaria pesada y otros elementos que contribuyen a un alto nivel de ruido. A pesar de lo anterior, se identifican brechas significativas en la implementación de medidas de prevención y control, así como el seguimiento médico, como se aprecia en dos estudios publicados en Redalyc sobre auditorías a dos empresas mineras de la Guajira (Colombia) en los que, en una de agregados, en Albania, se detectó que no cumplía con estudios, mapas de ruido y lo relacionado con la medición del ruido (Caro et al., 2021) y, en otra, también de agregados, se notó que no implementó monitoreo sonoro ni suministró protección auditiva (Pérez & Martínez, 2020). La primera situación implica incumplimiento en relación de la Resolución 0627 de 2006 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006) y, la segunda constituye una falta frente a lo establecido en el Decreto 2254 de 2017. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017).

Debido a lo anterior, es indispensable analizar la situación de manera integral, en primer lugar, para entenderla y, en segundo lugar, para proponer soluciones, tendientes a la disminución de los efectos y consecuencias del ruido en la salud de los operadores del sector minero. En este sentido, el presente trabajo busca aportar y contribuir, desde la revisión de la documental existente, al desarrollo de políticas y estrategias que faciliten y fortalezcan la prevención, protección y seguridad auditiva en entornos laborales de los trabajadores mineros. Esta necesidad coincide con lo planteado por Morata et al. (2016), quienes resaltan la importancia de implementar programas robustos de conservación auditiva en actividades con elevados niveles de exposición al ruido. Ante ello se presenta la pregunta problematizadora que guiará el estudio hasta su final.

## **2.2 Formulación del problema**

¿Cuáles son las consecuencias físicas de la exposición a altos niveles de ruido en operadores de maquinaria pesada en el sector minero, entre 2017-2025?

### 2.3 Justificación

En el sector minero, los operadores de máquina pesada, se encuentran expuestos durante el desarrollo de sus actividades laborales al ruido ocupacional, siendo este uno de los riesgos potenciales durante su jornada, debido a la exposición continua a niveles sonoros que superan los límites recomendados a nivel internacional, condición que aumenta de probabilidad de pérdida auditiva inducida por ruido, además de incide desfavorablemente en el desempeño laboral y calidad de vida de dichos trabajadores. (NIOSH, 2024)

Diferentes investigaciones han documentado que la exposición continua a niveles elevados de ruido puede ocasionar hipoacusia, entendiéndose está como pérdida auditiva neurosensorial progresiva e irreversible. Esta afectación es particularmente frecuente en el sector minero, donde la maquinaria pesada y los procesos de perforación generan altos niveles de presión sonora (OMS, 2021). Así mismo, un análisis en Estados Unidos identificó que trabajadores del sector minero y de extracción de petróleo presentaban tasas elevadas de pérdida auditiva, donde el ruido intenso y constante forma parte del ambiente laboral. subrayando la importancia de implementar programas de prevención y seguimiento más efectivos, adaptados a los riesgos específicos de cada actividad (Lawson et al., 2019).

Aunado a lo anterior, es común que la mencionada pérdida auditiva, acarree disminución de la capacidad de concentración del individuo lo que conlleva a errores y desmejora en la calidad del trabajo y ocasionando accidentes laborales y afectación psicológica, representada, comúnmente, en irritabilidad, fatiga, estrés, entre otros, siendo claro que la exposición a ruido constante impacta la salud fisiológica pero también el entorno social y emocional del individuo que lo soporta.

Por más que la Seguridad y Salud en el Trabajo ha presentado avances tanto normativos como técnicos, persisten vacíos en la prevención y el control del riesgo en las empresas del sector minero, donde se hace evidente la falta de procedimientos establecidos y estrategias encaminadas a la protección auditiva frente a la exposición al ruido ocupacional, reflejando la ausencia de formación adecuada para los trabajadores y en el uso insuficiente de equipos de protección personal. Aunque ya se cuenta con lineamientos institucionales que definen cómo debe gestionarse el ruido en los entornos laborales, como la Resolución 0627 de 2006 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006) y el Decreto 2254 de 2017 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017), se hace necesaria una articulación tripartita entre los sectores académico, técnico y empresarial que permita el diseño e implementación de políticas y estrategias respaldadas por evidencia, pensadas para mejorar las condiciones laborales relacionadas con la exposición al ruido en la actividad minera (Casal-Pardo et al., 2022).

A nivel nacional, existen disposiciones como el Decreto 1072 de 2015 (Ministerio de Trabajo, 2015), la Resolución 8321 de 1983 (Ministerio de Salud, 1983) y la Ley 1562 de 2012 (Congreso de la República, 2012), que establecen los niveles máximos de exposición al ruido e imponen la obligatoriedad de implementar de medidas de control para prevenir afectaciones a la salud de los trabajadores. A pesar de esto, el cumplimiento de estas directrices es básico e incompleto en el campo minero, lo que representa un desafío institucional que debe tener como meta, la realización total y efectivo de lo que se tiene establecido por las normas legales. (Casal-Pardo et al., 2022).

Con base en lo expuesto, esta investigación, pretende aportar información importante para el diseño e implementación de programas y estrategias preventivas que promuevan el bienestar auditivo, con el propósito de mejorar las condiciones laborales de los trabajadores del sector

minero. Como expectativa, se espera que los hallazgos contribuyan en el fortalecimiento e implementación de la seguridad en el trabajo, la salud y se genere una conciencia en el sector tendiente a la reducción del impacto negativo del ruido en la población trabajadora.

## **2.4 Objetivos**

### ***2.4.1 Objetivo general***

Analizar las consecuencias de la exposición a altos niveles de ruido ocupacional en operadores de maquinaria pesada en el sector minero a través de una investigación bibliográfico-documental entre 2017-2025.

### ***2.4.2 Objetivos específicos***

Identificar los efectos fisiológicos asociados a la exposición prolongada al ruido en los operadores de maquinaria pesada en la minería.

Determinar el marco normativo nacional e internacional, en los aspectos relacionados con la exposición ocupacional al ruido y cumplimiento en el sector minero.

Caracterizar las medidas preventivas y de control que se han implementado en el sector minero para la mitigación de los riesgos derivados del ruido ocupacional.

## **3. Marco referencial**

En el marco referencial, se hace alusión a estudios o investigaciones, nacionales e internacionales que hacen referencia a los aspectos y conceptos básicos que se tratarán en la presente investigación.

En los humanos, el sistema auditivo o de audición, que hace parte del sistema anatómico, se compone por el oído externo, el oído medio y el oído interno que, al interactuar, posibilitan la captura, interpretación, análisis y selección del sonido o sonidos.

### 3.1 Antecedentes

#### 3.1.1 *Antecedentes internacionales*

Frente a los antecedentes internacionales destaca un estudio realizado en Argentina, en la ciudad de Córdoba en el año 2000, donde se evaluó la exposición sonora y su impacto sobre la salud y calidad de vida de la población residente, se aborda además dos ejes problemáticos: por un lado se refiere a los niveles sonoros, se elaboró un mapa estático de distribución de niveles sonoros permitiendo observar la distribución de los niveles de ruido en una zona determinada, por otro lado, por medio de un sondeo de opinión, se realizó una valoración teniendo en cuenta el ruido del tránsito, tomando como punto de partida, un sondeo de opinión con base en el diseño de un índice de molestia, que posteriormente se cuantificó y en el que también se incluyó un aparte relacionado con el impacto en la salud y el porcentaje del grado de inconformidad entre personas molestas y altamente molestas, arrojando como conclusión que es necesario implementar, dirigidas a toda la población, campañas informativas y educativas en las que se instruya sobre los riesgos que acarrearán vivir constantemente con altos niveles de ruido y, de esta manera, invitarlos a tomar conciencia de las consecuencias y abordar el problema de manera responsable.

Como conclusión los autores precisaron que se debe implementar una campaña informativa y educativa dirigida a toda la población, que demuestre cuáles son los riesgos de vivir inmersos en niveles de ruido elevado, con el objeto de concientización sobre la problemática asociada a riesgos asociados a la exposición continua a altos niveles de ruido. (Nicola & Ruani, 2000).

El estudio que se expone a continuación, realizado en el año 2008 en La Habana (Cuba), relaciona a trabajadores que se ven expuestos a ruido de carácter industrial, concretamente una carpintería industrial llamada Aluminio, usando como método controles periódicos para determinar el grado de exposición y poder establecer la afectación auditiva y sugerir

recomendaciones para su protección. Además, busca determinar el grado de afectación auditiva por ruido en los trabajadores expuestos al riesgo, para ello se cuantificaron los niveles de ruido existentes en los diferentes puestos de trabajo, se crearon historias clínicas, exámenes otoscópicos y pruebas audiométricas para definir el daño acústico y la presencia de hipoacusia profesional en los obreros estudiados. El estudio concluyó que el ruido constituye un contaminante de gran importancia en esta industria, además este riesgo laboral se encontró por encima del nivel de seguridad, además recomendó implementar medidas que reduzcan el nivel de ruido en los puestos de trabajo donde existían niveles superiores a los permitidos y exigir el uso obligatorio de los medios de protección auditiva en los trabajadores. (Hernández y González, 2008)

En el año 2023 se realizó en la ciudad de Macas (Ecuador), un estudio sobre la afectación del ruido en la industria minera, sobre una revisión sistemática de las principales afectaciones que presenta para la salud de los trabajadores, en el que se busca identificar los factores más comunes que causan enfermedades ocupacionales, centrándose en el riesgo asociado al ruido, basado en la recopilación de distintos artículos de carácter científico que guardan relación con el estudio y análisis de la generación de ruido en el entorno minero o actividades industriales. Se revisaron quince (15) bibliografías en las que se investigaron causas y consecuencias de los altos niveles de ruido que se ocasionan en la minería, concluyendo que no se cumple, con la normatividad en cuanto al tiempo de exposición, medidas de control y el riesgo que afrontan los trabajadores, al estar permanentemente sometidos a altos niveles de ruido. (Ordóñez Guaycha, et al., 2023).

### ***3.1.2 Antecedentes nacionales***

En el año 2011, un grupo de estudiantes de la Universidad Nacional decidió acercarse al día a día de los trabajadores de la construcción en Bogotá para entender cómo percibían los riesgos de su labor. Al conversar con ellos y observar su rutina, descubrieron algo que todavía hoy se

repite en muchos escenarios laborales: los trabajadores suelen enfocarse en los peligros visibles e inmediatos, aquellos que pueden ocasionar un accidente en cuestión de segundos, pero dejan en un segundo plano los riesgos silenciosos, esos que no duelen al instante pero que con el tiempo pueden dejar secuelas profundas en su salud.

Incluso cuando enfrentan tareas nuevas o poco familiares, reconocen que existen riesgos, pero la experiencia acumulada les da una sensación de control que termina llevándolos a minimizar posibles daños (González, 2011).

Estos hallazgos son especialmente relevantes para este estudio sobre la Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido (HNIR). La forma en que se percibe el riesgo influye directamente en la manera en que se entiende —o se subestima— la exposición al ruido. Y este riesgo, aunque no genera dolor inmediato ni señales visibles, avanza de manera silenciosa y acumulativa, afectando poco a poco la capacidad auditiva.

En 2015, otro estudio centrado en el ruido generado por maquinaria de construcción permitió ver de cerca las consecuencias de esta exposición continua. A través de encuestas y análisis de datos, los investigadores recogieron testimonios de trabajadores que experimentaban desde fatiga auditiva hasta pérdidas auditivas leves o moderadas. También aparecían efectos que iban más allá del oído, como cansancio generalizado, irritabilidad o dificultades para dormir (Ávila et al., 2015).

El estudio también resaltó diversas medidas preventivas, desde mejorar las condiciones de trabajo hasta intervenir directamente en las fuentes de ruido, recordando que la HNIR no solo puede prevenirse, sino que requiere un compromiso permanente tanto del trabajador como de la empresa.

Un año antes, en 2012, otro grupo de investigadores se había centrado en comprender mejor el ruido industrial y en cómo este podía afectar la audición de quienes trabajan expuestos a él durante largos periodos. Sus conclusiones fueron claras: es necesario fortalecer las normas existentes, educar a los trabajadores sobre los riesgos auditivos y entender que prevenir siempre será más efectivo que intentar corregir un daño irreversible (Gómez et al., 2012). Este antecedente refuerza la idea de que la HNIR no aparece de un día para otro; es una afectación que se desarrolla con el tiempo y que exige procesos de control y vigilancia constantes.

Ese mismo año, en la mina de carbón San José, en el cerro Tasajero de Cúcuta, se midieron los niveles de ruido de equipos típicos de la minería subterránea: perforadoras, ventiladores, martillos neumáticos. Los resultados fueron contundentes: niveles elevados y constantes, suficientes para causar daños evidentes en la audición de los trabajadores y aumentar el riesgo de diversas enfermedades laborales (Castro y Monroy, 2012). Este caso demuestra que la HNIR no es un problema exclusivo de la construcción; es una realidad que afecta a múltiples sectores donde el ruido es parte esencial de la jornada.

Al analizar estos hallazgos desde los lineamientos establecidos en la Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo (GATI-HNIR), se hace aún más evidente la urgencia del tema. Esta guía, elaborada para servir como herramienta de prevención, diagnóstico, vigilancia y manejo de la HNIR, es hoy el referente técnico más importante para proteger la salud auditiva en el país.

Entre sus principales orientaciones se encuentran, el establecer límites claros de exposición, como 85 dBA para una jornada de 8 horas, y ajustar los tiempos cuando los niveles superan ese valor, además realizar mediciones precisas del ruido, combinando sonometría y dosimetría para entender realmente a qué está expuesto cada trabajador.

También se busca implementar una vigilancia audiológica periódica, con audiometrías al ingreso, durante la permanencia en el cargo y al finalizar la exposición, aplicar una jerarquía de controles, donde la prioridad sea actuar sobre la fuente del ruido, luego sobre el ambiente, después mediante medidas administrativas y, finalmente, como última barrera, recurrir a los protectores auditivos.

Además se plantea promover la educación y la sensibilización, para que cada trabajador reconozca los riesgos, use adecuadamente los elementos de protección y pueda identificar señales tempranas de daño auditivo.

Sin embargo, cuando estos lineamientos se comparan con la realidad observada en los estudios previos, aparece una brecha evidente. A pesar de la existencia de la GATI-HNIR como guía nacional, muchos lugares de trabajo continúan, restándole importancia a los efectos del ruido, basando la seguridad exclusivamente en la experiencia de los trabajadores e incluso limitándose a entregar protectores auditivos, sin acompañarlos de acciones más profundas, además realizando mediciones incompletas o esporádicas, descuido de los programas de vigilancia audiológica. (Rangel et, al 2019)

En este sentido, la GATI-HNIR no solo indica lo que debería hacerse, sino que evidencia lo que todavía no se ha logrado implementar, permitiendo comprender por qué la HNIR sigue siendo una de las enfermedades ocupacionales más comunes y silenciosas.

Todo lo anterior deja en evidencia que la exposición al ruido continúa siendo un riesgo crítico en sectores como la construcción, la industria y la minería, exponiendo los vacíos en la percepción del riesgo, en la aplicación de medidas efectivas de prevención y en el cumplimiento de los programas de vigilancia recomendados por la GATI-HNIR. Esta integración de elementos

crea un entorno propicio para que la HNIR aumente, afectando la salud, la calidad de vida y el bienestar laboral de miles de trabajadores.

La HNIR, al ser progresiva e irreversible, requiere una detección temprana y un manejo oportuno, de este modo la importancia de que tanto los trabajadores como las empresas asuman un compromiso real con la prevención y la protección auditiva. (Rangel et, al 2019)

Con base en estos antecedentes, el presente estudio busca profundizar en la comprensión de la HNIR, reconociéndola como un problema que impacta no solo a nivel laboral, sino también como un asunto relevante para la salud pública. El objetivo es aportar información y herramientas que contribuyan a fortalecer la prevención, mejorar la percepción del riesgo y promover ambientes de trabajo más seguros para quienes enfrentan diariamente la exposición al ruido.

## **3.2 Marco teórico**

### ***3.2.1 Conceptos generales del sonido y ruido***

Según la Ocupational Safety and Health Administration (OSHA, 2022), el sonido es una vibración mecánica que, en forma de ondas, se propaga a través de un medio físico, como el aire, el agua, elementos sólidos, etc., generalmente con una frecuencia bien definida, organizada, armónica, que puede ser agradable o útil dependiendo de las circunstancias y, cuando las ondas llegan al tímpano por medio del canal auditivo, los movimientos de las onda sonora hace que el tímpano vibre y trasmite estas a los huesecillos martillo, yunque y estribo, los cuales amplifican y envían las vibraciones del sonido a la cóclea tiene una membrana elástica a lo largo de su estructura que es conocida como “membrana basilar” porque sirve de base para estructuras clave del sistema auditivo, las ondas pasan por las células ciliadas que son parecidas a unas cerdas las cuales se inclinan y dan paso a la apertura de unos canales que parecen poros y cuando esto sucede se

liberan sustancias químicas en las células liberando una señal eléctrica; el nervio auditivo lleva esta señal al cerebro lo que lo convierte en sonidos que se reconocen y se entienden.

Paradójico a lo anterior, López et al (2000) definen al ruido como un sonido desagradable y molesto, con niveles excesivamente altos que son potencialmente nocivos para la audición, clasificado según la Guía Técnica Colombiana (GTC 45), como riesgo físico porque produce alteraciones en la salud, cuando hay exceso respecto de los niveles establecidos que, de acuerdo con OMS (2017), afirma que los niveles de exposición al ruido de una persona no deben superar los 70 decibels, ya que el oído humano puede tolerar y asimilar ese nivel de sonido sin verse afectado pero cualquier sonido por arriba de ese volumen sonoro es peligroso y posiblemente genere daños permanentes a la audición.

### ***3.2.2 Fisiología auditiva y efectos del ruido en la salud***

En el entorno laboral, el ruido suele presentarse de diferentes formas, las cuales influyen en el nivel de riesgo auditivo, ya que afectan de distinta manera al sistema auditivo según la frecuencia y duración de la exposición, siendo estas:

- Continuo: con presión sonora constante, como el ruido de ventiladores industriales.
- Intermitente: con pausas regulares, como el paso de maquinaria pesada.
- Variable: con fluctuaciones impredecibles en intensidad.
- De impacto: picos intensos de corta duración, como golpes metálicos o explosiones.

Estas características determinan el grado de peligrosidad y como afecta al trabajador.

Entre los riesgos más importantes resultantes de la exposición prolongada al ruido se encuentra la Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido (HNIR), es un tipo de pérdida auditiva ocasionada por la exposición a altos decibeles en el lugar de trabajo de manera prolongada y continua, caracterizada por afectar principalmente al oído interno y sus estructuras como lo son el

VIII par craneal vestibulococlear, células ciliadas, canales semicirculares y cóclea. La pérdida de audición no solo produce efectos permanentes, además puede ocasionar discapacidad, afectando el desempeño laboral y social de las personas en su entorno. (Guía Técnica del Ministerio de Salud y Protección Social, 2011)

De acuerdo con el National Institute for Occupational Safety and Health NIOSH (2019), dijo, además de que el aparato auditivo humano y su división en tres partes o regiones: oído externo, oído medio y oído interno, que las cuales trabajan de manera coordinada para poder captar, amplificar y transformar las ondas sonoras en impulsos eléctricos. En la cóclea, las responsables de esta función son las células ciliadas y el daño de estas se constituye en la principal causa de pérdida auditiva ocasionada por el ruido.

En el mismo sentido Pham (2017), afirmó que, la exposición prolongada al ruido puede ocasionar daños temporales o permanentes y que, la situación más recurrente es el de hipoacusia inducida por ruido, que es el daño acumulado gradualmente por las células ciliadas.

Como lo afirma, Masterson et al. (2013), para entender el problema de la pérdida de capacidad auditiva, puede utilizarse el modelo de la fatiga auditiva que expone que la exposición al ruido de manera repetitiva, genera una pérdida de progresiva, debido al agotamiento celular y que los efectos no se limitan necesaria y exclusivamente al oído sino que, también, hay afectaciones o alteraciones de carácter cognitivo, fatiga crónica, estrés, dificultades para la comunicación que aumentan las posibilidades de errores y accidentes laborales.

El tema de este estudio investigativo es la hipoacusia, sin embargo, también se documentan efectos psicológicos y mentales que tienen como vínculo el ruido en entornos laborales que se asocian a la ansiedad, trastornos del sueño, aislamiento social e irritabilidad, impactos estos que

afectan la salud mental y la productividad del trabajador, tal como lo expuso la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en el año 2018.

La OSHA y el NIOSH, acorde con la jerarquía de controles propuesta por ellas, para la gestión de riesgos laborales, debe seguir un orden de prioridad que maximice la efectividad de las intervenciones:

- Eliminación del riesgo (cuando sea técnicamente viable).
- Sustitución por procesos o equipos menos ruidosos.
- Controles de ingeniería, como el aislamiento acústico o el uso de barreras físicas.
- Controles administrativos, como la rotación de turnos o la reducción de tiempos de exposición.
- Equipos de protección personal (EPP), como tapones auditivos o protectores tipo copa.

En el contexto minero, esta jerarquía sugiere que las acciones deben centrarse, inicialmente, en la reducción del ruido en la fuente, antes de recurrir, exclusivamente, al uso de protección personal, dado que este último constituye la forma menos efectiva de control según la jerarquía establecida (NIOSH, 2015).

### ***3.2.3 Modelos teóricos y normativos***

**3.2.3.1 Jerarquía de controles.** Tiene que ver con un instructivo muy utilizado para manejar los riesgos que se presenten en el trabajo, y posibilita la ayuda para generar una adherencia a los procesos seguros de protección individual y colectiva. Fundamentalmente, se establece que la estrategia más efectiva para prevenir un peligro consiste en su eliminación total. Si eso no fuese posible, el siguiente paso sería tratar de reemplazar esa amenaza por algo menos riesgoso. Luego, se podrían aplicar soluciones más técnicas, como modificar las máquinas o el lugar de trabajo para

hacerlo más seguro, por ejemplo. Después de ello, vienen las medidas de tipo organizativas, como cambiar horarios o la forma en que se hacen las tareas. Y, como último recurso, se encuentra el uso de equipos de protección personal, como los cascos o tapones para los oídos.

Asimismo, La OIT (2001) suscita un enfoque sistemático para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SST), subrayando la importancia de aplicar la jerarquía de controles para aminorar los riesgos laborales. Este enfoque prevalece en la eliminación del peligro, seguida por la sustitución, controles técnicos, controles administrativos y, finalmente, el uso de equipos de protección personal.

Para el caso de este estudio, sobre riesgos en la minería, cuando se habla del ruido, lo ideal primero es buscar formas de eliminarlo o reducirlo antes de depender solo de los protectores auditivos. Este método está respaldado por normas internacionales y es la base de muchas leyes que buscan cuidar la salud y seguridad de los trabajadores.

**3.2.3.2 Teoría de la fatiga auditiva.** La teoría de la fatiga auditiva se relaciona con la exposición prolongada a ruidos muy fuertes y puede afectar la capacidad para oír, provocando una disminución temporal o incluso permanente en la sensibilidad auditiva. Lo que ocasiona que, cuando se está expuesto a intensos sonidos durante tiempo prolongado, las células del oído interno se cansan y dejan de funcionar bien, lo que puede inducir hacia una pérdida de la audición que en principio es reversible, pero que con el tiempo y la exposición puede volverse definitiva, ya que los sonidos intensos provocan fatiga en las células ciliadas del oído interno, reduciendo su capacidad de respuesta (Basner, et al., 2014).

Se define el fenómeno de la fatiga auditiva en ambientes laborales como el del estudio sobre la minería, donde el ruido elevado y constante puede provocar daños en la audición de los

trabajadores, ya que la fatiga auditiva se manifiesta inicialmente como una reducción temporal en la capacidad para escucha en esta población, pero si la exposición continúa, consigue derivar en una pérdida auditiva permanente y neurosensorial.

Además, el ruido excesivo no solo afecta la audición humana, sino que también puede causar otros problemas de salud, problemas en la glándula tiroides, hipertensión y cardiopatía, reacciones musculares, y alteraciones en los sistemas nervioso, circulatorio y digestivo; según un estudio de la universidad javeriana de 2008 hace un acercamiento sobre las consecuencias físicas del ruido donde la presión arterial y el riesgo de hipertensión suele tener un incremento de padecimiento en trabajadores expuestos a altos niveles de ruido industrial en un periodo entre 5 y 30 años.

Adicional se localizan efectos psicológicos descritos como insomnio, la fatiga, episodios de estrés, depresión, ansiedad. Irritabilidad, agresividad, e incluso aislamiento social, y en el ámbito cognitivo bajo rendimiento de procesos cognitivos, ante tareas complejas como la lectura, análisis de información, solución de problemas y memorización.

**3.2.3.3 Normativa nacional sobre el ruido en Colombia.** Para el caso de Colombia, el marco legal preponderante está compuesto por leyes, decretos y resoluciones que imponen obligaciones en torno a evaluación, monitoreo y control del ruido, tales como, la Resolución 8321 de 1983 que regula el ruido ocupacional, la protección y conservación de la audición de los trabajadores; por otra parte la Resolución 0627 de 2006 establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental en Colombia además de define los límites máximos permisibles y los procedimientos de medición.

Otra reglamentación pertinente para este marco legal se define por medio de la Ley 1562 de 2012, en la que se establece lineamientos generales para la prevención de riesgos laborales, incluyendo aquellos relacionados con la exposición a ruido en el ámbito laboral, además de disposiciones para la prevención de enfermedades causadas por factores de riesgo ocupacional con el ruido.

Se debe tener en cuenta los aspectos que regula el Decreto 1072 de 2015, en el que obliga a identificar, medir y controlar el ruido como riesgo físico dentro del SG-SST.

Toda esta reglamentación mencionada establece los niveles máximos permisibles de exposición ocupacional de 85 dB(A) para 8 h/día de jornada laboral, además de los límites de emisión y ruido ambiental, así como los mecanismos de prevención y medidas obligatorias que deben implementarse para eliminar o mitigar el impacto en quienes se dedican a labores de minería.

En estudios publicados sobre auditorías a dos empresas mineras de la Guajira (Colombia), se puede definir en el primero denominado *Sostenibilidad Ambiental en Empresa Minera Dedicada a la Explotación de Agregados Pétreos en Albania, La Guajira*, este corresponde a un estudio descriptivo, no experimental y transeccional de campo. En este se identificaron fuentes emisoras de ruido fácilmente detectables, además no se contaba con información cualitativa ni cuantitativa sobre este factor de riesgo y el impacto que se genera por dicho riesgo, así mismo no se encontró evidencia de realización de estudios de ruido ambiental. (Doria, et al., 2022)

Para el segundo estudio denominado *La sostenibilidad ambiental como práctica clave para minimizar los impactos de la minería de sal en La Guajira, Colombia*, que tiene un enfoque de investigación descriptivo, explicativo y no experimental, tiene como objetivo analizar la sostenibilidad ambiental como una práctica clave adoptada por las empresas salineras para minimizar los impactos ambientales, este resume al ruido como uno de los impactos ambientales

de la minería de sal en Manaure, sin embargo se describe este riesgo, como de mínimo impacto, todo eso debido a la adopción de medidas efectivas de mitigación, la implementación de buenas prácticas, además del uso de silenciadores, protección auditiva y barreras físicas, que permiten proteger la salud de los trabajadores. (Pimienta, et al., 2025)

La aplicación de las disposiciones normativas en el sector minero, para los estudios presentados anteriormente nos permite identificar las limitaciones frente al cumplimiento normativo sobre ruido para el primer caso, mientras que para el segundo, se evidencia la puesta en marcha de las medidas efectivas de control, exponiendo de esta manera la necesidad de realizar vigilancia activa, cultura de prevención y la demanda imperativa a desarrollar de forma estandarizada y continua la normatividad legal vigente para el sector minero, en Colombia.

En Colombia se adoptó por medio de la Resolución 8321 de 1983, los valores límites permisibles máximos de 85 dB(A) durante un turno laboral de 8 horas, para el desarrollo de actividades laborales, a diferencia de lo que ocurre en otros países o normativas internacionales, esta disposición no incluye la reducción progresiva de los tiempos de exposición frente a niveles superiores de ruido, constituyendo una limitante en la protección integral de la salud auditiva de los trabajadores. (Ministerio de Salud, 1983)

La legislación colombiana indica, responsabilidad con la protección de la salud auditiva, sin embargo el sector minero da cuenta que no siempre se cumplen de manera uniforme los límites legales y las medidas preventivas. Esto pone en evidencia la necesidad de reforzar los mecanismos de monitoreo, propiciar la formación continua de los trabajadores e impulsar la adopción de estándares internacionales más rigurosos, incluyendo la reducción progresiva de exposición a niveles de ruido elevados. Solo de esta forma se busca brindar una protección integral y funcional

de la salud auditiva en el entorno laboral colombiano, integrando la normativa nacional a los estándares internacionales reconocidos.

La normativa colombiana que establece límites específicos para la exposición al ruido continuo o intermitente en el ámbito laboral, con la finalidad de proteger la salud auditiva de los trabajadores. La Resolución 8321 de 1983 del Ministerio de Salud de Colombia, define los valores límites permisibles según la intensidad del ruido y la duración de la jornada laboral, tal como se detalla a continuación:

**Tabla 1.**

*Valores límites permisibles para ruido continuo o intermitente*

Máxima duración de exposición	Nivel de presión sonora diaria dB(A)
8 horas	90
7 horas	
6 horas	92
5 horas	
4 horas y 30 minutos	
4 horas	95
3 horas y 30 minutos	
3 horas	97
2 horas	100
1 hora y 30 minutos	102
1 hora	105
30 minutos	110
15 minutos o menos	115

*Nota:* No se permite ningún tiempo de exposición a ruido continuo o intermitente por encima de 115 dB (A) de Presión sonora, esto de acuerdo con: Ministerio de Salud. (1983)., Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015) y Congreso de la República de Colombia. (2025).

### **3.3 Marco conceptual**

La exposición ocupacional al ruido constituye uno de los riesgos físicos más relevantes en actividades que dependen del uso de maquinaria pesada. Este tipo de equipos genera elevados niveles de presión sonora debido al funcionamiento de motores, sistemas hidráulicos, vibraciones estructurales e impactos propios del proceso productivo. Cuando los niveles de exposición superan los límites permisibles establecidos por la normativa nacional e internacional, pueden producirse alteraciones auditivas irreversibles y efectos fisiológicos, cognitivos y psicosociales que comprometen el bienestar de los trabajadores (OMS, 2021; Basner et al., 2021).

En este contexto, este marco conceptual tiene como propósito analizar los fundamentos teóricos que explican la relación entre la exposición ocupacional al ruido y las consecuencias para la salud de los operadores de maquinaria pesada. Para ello, se abordan las definiciones de ruido, su clasificación, los criterios técnicos de medición, los límites normativos, el funcionamiento del sistema auditivo, los mecanismos del daño inducido por ruido y las características de la Pérdida Auditiva Inducida por Ruido (NIHL). Este marco proporciona el sustento para interpretar los hallazgos de la evaluación del riesgo en la población estudiada.

#### ***3.3.1 Definición y clasificación del ruido***

La OMS (2021) define el ruido como un sonido no deseado que, debido a su intensidad, frecuencia o persistencia, puede generar efectos adversos en la salud física y mental. En Colombia, el Ministerio de Salud y Protección Social reconoce el ruido como un agente físico que puede generar daño auditivo permanente y afectar el bienestar general del trabajador (Ministerio de Salud y Protección Social, 2023).

El ruido se clasifica de acuerdo con dos criterios principales:

- Según su comportamiento en el tiempo:

Ruido continuo, asociado a maquinaria en operación constante.

Ruido intermitente, caracterizado por ciclos de sonido y silencio.

Ruido impulsivo, compuesto por picos breves y abruptos de alta presión sonora.

- Según su origen:

Ruido ambiental, generado por fuentes externas o comunitarias.

Ruido ocupacional, producto de procesos productivos como excavación, trituración y operación de maquinaria pesada.

### 3.3.2 Medidas de exposición y criterios técnicos

La medición del ruido ocupacional se basa en parámetros ampliamente aceptados:

- dB(A): ponderación que replica la sensibilidad del oído humano.
- Leq: nivel de presión sonora equivalente.
- TWA 8 h: promedio ponderado para una jornada laboral.
- Exchange rate (tasa de duplicación): incremento que reduce el tiempo máximo permitido (3 dB para NIOSH; 5 dB para OSHA) (NIOSH, 2024; OSHA, 2023).

**Tabla 2.**

*Comparativa de límites de exposición ocupacional al ruido según organismos nacionales e internacionales*

Norma / Organización	Límite 8 h (TWA)	Tipo de límite	Tasa de duplicación
NIOSH (2024) (EE. UU.)	85 dB(A) REL	Recomendado	3 dB
OSHA (2023) (EE. UU.)	90 dB(A) PEL	Permisible	5 dB
Resolución 2844 de 2007 (Colombia)	85 dB(A)	Lineamiento técnico nacional	3 dB

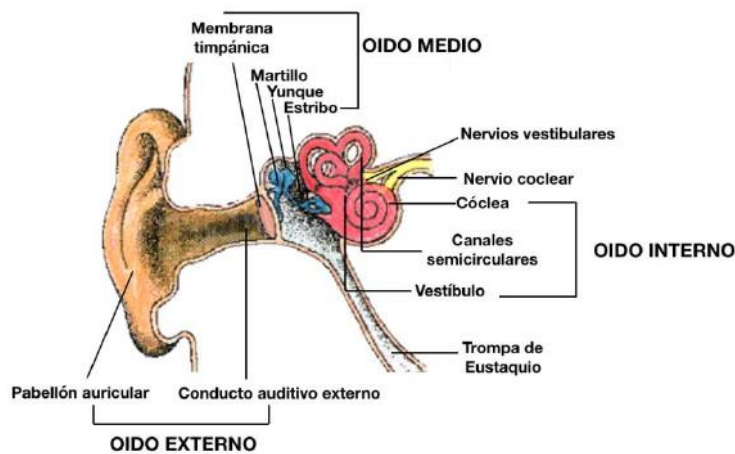
*Nota:* En Colombia se mantiene 85 dB(A) como límite de referencia para exposición ocupacional al ruido dentro del SG-SST, complementado por la Guía de Atención Integral para hipoacusia (Res. 2844/2007).

### 3.3.3 Anatomía y fisiología auditiva

El sistema auditivo consta del oído externo, medio e interno, encargados de captar, transmitir y procesar el sonido. Su funcionamiento se desarrolla en tres etapas: captación, transmisión-amplificación y transducción neurosensorial (OSHA, 2022). En la cóclea, las células ciliadas internas transforman la energía mecánica en impulsos eléctricos que viajan hacia la corteza auditiva (Huidobro et al., 2020).

#### Figura 1.

*Estructura anatómica del oído.*



Tomado de (Huidobro, et ál, 2020, p.3).

### 3.3.4 Mecanismo del daño auditivo inducido por ruido

El ruido ocasiona daño principalmente en el oído interno, este daño afecta las células ciliadas externas, responsables de la amplificación coclear, además de las células ciliadas internas, encargadas de la transducción sensorial.

Las sinapsis entre células ciliadas y el nervio auditivo, generando neuropatía sináptica o sinaptopatía (Liberman & Kujawa, 2023).

Los mecanismos incluyen estrés mecánico, fatiga metabólica, formación de radicales libres y disminución del flujo sanguíneo coclear, lo cual conduce a lesión progresiva e irreversible.

### ***3.3.5 Pérdida Auditiva Inducida por Ruido (NIHL)***

La NIHL es una disminución progresiva y generalmente irreversible de la capacidad auditiva causada por exposición prolongada a niveles elevados de ruido. Según la norma ISO 1999:2013, esta pérdida auditiva es bilateral, simétrica y acumulativa.

Dentro de los tipos de pérdida auditiva se encuentran:

- Conductiva: reversible en la mayoría de los casos.
- Neurosensorial: asociada a daño coclear; irreversible.
- Mixta: combinación de las anteriores (Hamiter, 2024).

En el caso de las manifestaciones clínicas se determinan las siguientes

- Tinnitus: dificultad para comprender el habla, especialmente en ruido.
- Notch audiométrico en 4 kHz, característico de exposición crónica.
- Sensación de oído tapado y pérdida gradual (Téllez et al., 2015).

### ***3.3.6 Efectos no auditivos del ruido***

El ruido también genera impactos fisiológicos y psicológicos no auditivos, dentro de los cuales se evidencian, efectos cardiovasculares como la hipertensión y aumento del riesgo coronario (Basner et al., 2021), alteraciones del sueño como la fragmentación y somnolencia diurna (WHO, 2022), afectaciones cognitivas como son la disminución de la atención y rendimiento (Basner et al., 2021), aparte de ello, se encuentra el incremento del riesgo de accidentes laborales, por interferencia en la comunicación, e incluso efectos psicosociales como el estrés, irritabilidad y

fatiga (OMS, 2021), reafirmando la necesidad de considerar el ruido como un riesgo multidimensional.

### **3.4 Marco legal**

En Colombia, como estado social de derecho se han realizado diversos procesos para controlar el ruido, con bases de conocimiento en acústica, aunque el campo del ruido es nuevo en el país y dista de los años de experiencia de otros países, en legislación y penalización en cuanto a las actividades no cumplan con las normativas.

Desde el año 1979 con la entrada en vigor de la Resolución 2400 y la Ley 9 del mismo año, se establecen en sus artículos disposiciones para la protección del trabajador y define los niveles permitidos a la exposición de ruido, vibraciones y cambios de presión que los trabajadores pueden estar expuestos, dentro de esta misma se fijan los valores límites para mediciones ambientales en calidad de aire en lugares de trabajo. (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979)

En el Decreto 1072 de 2015 del Ministerio del Trabajo establece disposiciones para la gestión de la seguridad y salud en el trabajos, establece los límites máximos de exposición especificando, los límites permisibles para diferentes tipos de trabajo y condiciones, medidos en decibelios (dB), la obligación de los empleadores de realizar evaluación de los riesgos relacionados con la exposición al medir y monitorear los niveles de ruido, la obligación de implementar medidas de control para reducir la exposición al ruido, programas de prevención y control de riesgos. (Ministerio del Trabajo, 2015).

Frente a diversos riesgos laborales, fortaleciendo la protección de los mismos referentes a la exposición al ruido, dictando responsabilidades a los empleadores para controlar dicho riesgo, todo esto por medio de las medidas preventivas, evaluaciones periódicas, la provisión de exámenes

médicos y creación de programas de vigilancia para asegurar la salud auditiva de los trabajadores expuestos, contemplados en la Ley 1562 de 2012. (Congreso de la República de Colombia, 2012)

También se tiene en cuenta, lo descrito en la Resolución 8321 de 1983 del Ministerio de salud, donde se establece que el nivel máximos permitidos para una jornada de 8 horas es 85 db (A), y para 100 dB (A), solo se permite una exposición de 15 minutos, en el ambiente laboral y en áreas de la salud pública, la clasificación de los niveles de ruido, la protección para los trabajadores, recomendaciones y medidas de control, evaluación del ambiente sonoro, vigilancia y sanciones, que desde el ministerio de Salud y el ministerio de trabajo, se debe garantizar el cumplimiento de dichos límites Ministerio de Salud, 1983).

La Resolución 2844 de 2007, por medio de la cual el entonces Ministerio de la Protección Social adoptó la Guía de Atención Integral en Seguridad y Salud en el Trabajo (GATI-SST), se convirtió en uno de los primeros esfuerzos técnicos del país para organizar de manera sistemática la gestión de la prevención y el control de riesgos laborales. Esta guía trazó orientaciones prácticas para identificar y evaluar peligros, proponer acciones correctivas y hacer seguimiento a los resultados, promoviendo desde entonces una cultura de mejora continua en las condiciones de trabajo.

En agosto de 2021, el Ministerio del Trabajo emitió un concepto jurídico en el que aclaró que la GATIS-SST, establecida en la Resolución 2844 de 2007, sigue vigente como documento orientador. Esto significa que, aunque normativas posteriores como el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019 fijan los requisitos actuales y obligatorios para los empleadores, la guía nunca fue derogada y continúa siendo un apoyo técnico relevante para la gestión preventiva. El Ministerio destacó que este documento sigue aportando al cumplimiento del ciclo del Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA).

A partir del concepto emitido en 2021, se reafirma la importancia de esta guía en el contexto actual. Su vigencia como herramienta orientadora permite a las empresas contar con un referente claro para planificar, registrar y hacer seguimiento a los HNIR, facilitando el cumplimiento de las exigencias del Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019. En consecuencia, su aplicación contribuye a fortalecer los procesos de vigilancia, control y mejora continua que sustentan un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo eficaz.

Bajo la Resolución 0627 de 2006 se regula el ruido ambiental en Colombia en donde se establecen límites permisibles del ruido en diferentes ambientes urbanos, comerciales e industriales, no está dirigido directamente al marco al entorno laboral interno. (Ministerio de Ambiente, 2006).

#### **4. Diseño metodológico**

Este estudio cualitativo se enfoca en caracterizar los fenómenos sociales relacionados con la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). Específicamente, este trabajo aborda las consecuencias del ruido en la salud de los trabajadores de la industria minera, centrándose en los operarios de maquinaria pesada.

Según Ramos Galarza (2020), las investigaciones con alcance descriptivo de tipo cualitativo se centran en narrativas constructivas que buscan describir las representaciones subjetivas que emergen en grupos humanos que surgen en diversos grupos humanos. En este caso, el alcance descriptivo se enfoca en caracterizar las afectaciones auditivas señaladas en la literatura, pero sin intervenir directamente en el fenómeno.

La metodología de revisión documental permite recopilar, seleccionar y analizar las fuentes académicas y técnicas más relevantes. El criterio de inclusión abarca documentos publicados entre 2017 y 2025 que se relacionen directamente con la exposición al ruido, la seguridad y salud en el

trabajo, la minería, la hipoacusia y la maquinaria pesada. En este sentido, se excluyen textos que no aportan una evidencia científica verificable o que abordan la problemática desde un enfoque distinto al laboral.

Se aplica un análisis temático a la información cualitativa, que consiste en la organización e identificación de patrones recurrentes. Los hallazgos se agrupan en torno a categorías analíticas como: consecuencias fisiológicas, estrategias para la prevención y normatividad aplicable.

Esta estructura permite comparar los resultados para extraer conclusiones fundamentales que guiarán las estrategias de prevención. La investigación se nutre de artículos científicos, informes técnicos, libros especializados, normativa nacional e internacional, y tesis académicas seleccionadas.

Se trata de una recolección sistemática de información secundaria que permite integrar los hallazgos para proponer estrategias efectivas para la Seguridad y Salud en el trabajo frente al riesgo de exposición al ruido en trabajadores operarios de maquinaria pesada en el sector minero.

#### **4.1 Alcance y limitaciones**

La presente revisión se enfocó en la integración sistemática de evidencia procedente de diversas fuentes documentales para identificar ideas claves, comparar hallazgos y derivar posibles estrategias que dieron respuesta a la pregunta de investigación planteada, con un análisis cualitativo sin centrarse en la cantidad de datos recopilados, sino en la profundidad, pertinencia y contenido de la información obtenida sobre las principales consecuencias de la exposición a altos niveles de ruido en operadores de maquinaria pesada en el sector minero. Frente a las limitaciones se pudo evidenciar una literatura escasa en idioma español relacionada con el tema de estudio, lo cual motivó búsquedas complementarias en inglés.

## 4.2 Ecuación de búsqueda

Durante la etapa de investigación de literatura se realizó con criterios específicos en idioma inglés, ya que las bases de datos arrojaron pocos resultados en idioma español y en inglés algunos de ellos no están relacionados con el objeto de investigación mismo por ende se relacionan las ecuaciones de búsqueda:

- (Noise or hazard) and (mining or machinery)
- (Heavy machinery or hazard) and (safety workers or noise)
- (Noise or induced) and (safety or Hearing Loss)
- (Noise or vibration) and (operators of heavy machinery or mining industry)
- Noise exposure in mining
- Discomfort due to exposure to noise

## 4.3 Criterios de elegibilidad

Para esta revisión, se establecieron donde los estudios escogidos abarcan el periodo de comprendido entre 2017 a 2025 y están redactados en inglés o español; debido al contexto mundial de la pandemia COVID- 19, la producción de literatura fue limitada. Se utilizaron estudios cualitativos para facilitar el análisis en el objeto de estudio.

## 4.4 Fuentes de información

Se realizaron consultas en bases de datos y páginas oficiales consultadas: Bases de datos de la Universidad Santo Tomás del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI), repositorios universitarios, organizaciones no gubernamentales, sitios web oficiales de entidades gubernamentales a nivel nacional e internacional.

#### **4.5 Análisis de estudios recuperados**

Se realizaron consultas en bases de datos y páginas oficiales consultadas: Bases de datos de la Universidad Santo Tomás del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI), repositorios universitarios, organizaciones no gubernamentales, páginas oficiales de entidades gubernamentales a nivel nacional e internacional. (Ver Apéndice A)

#### **4.6 Participantes**

Los artículos referenciados para investigación se consultaron en bases de datos científicas indexadas de acceso por medio del CRAI USTA Bucaramanga, relacionados con el objeto de estudio de esta investigación, teniendo en cuenta la metodología PRISMA. Para ello se seleccionaron, inicialmente las palabras claves, los cuales permitieron realizar la construcción de las ecuaciones de búsqueda para lo cual, se realizó una búsqueda avanzada mediante las palabras claves: ruido, pérdida de audición, minería, operadores, maquinaria pesada, minería subterránea, minería a cielo abierto, seguridad y salud en el trabajo y consecuencias.

Se identificaron artículos en los países con mayor relevancia en investigación de hipoacusia como, Estados Unidos, Sudáfrica, Colombia, España, los cuales son países con una alta actividad minera.

En los hallazgos se resaltan los aspectos de la pérdida auditiva por exposición prolongada al ruido en el manejo de maquinaria del sector para las actividades desarrolladas en la jornada laboral, adicional de otro tipo de patología que se deriva de este.

Se exponen las condiciones precarias en el sector, frente a diseño de elementos de protección personal acordes a la necesidad de la labor, los exámenes médicos ocupacionales que en su mayoría son básicos y no ahondan en la salud del operario por la exposición al este riesgo físico la vigilancia

epidemiológica para quienes muestran inicios de enfermedad laboral derivada de la exposición constante.

#### **4.7 Herramientas**

Se construyó una matriz general de resultados, donde se relacionaron los artículos más relevantes que aportaron con la información puntual de cada una de las investigaciones, las cuales se clasificaron por medio de datos recopilados mediante las bases de datos utilizadas para la investigación, dando respuesta a los objetivos planteados anteriormente.

La selección de las investigaciones se realizó por medio de un estudio de inclusión y exclusión, donde para la selección del artículo este debía tener una relación al objeto de estudio a desarrollarse, por otra parte la exclusión se realizó a investigaciones y/o artículos cuya información no era relevante para el estudio y no tenía relación con los objetivos ni el tema general del estudio.

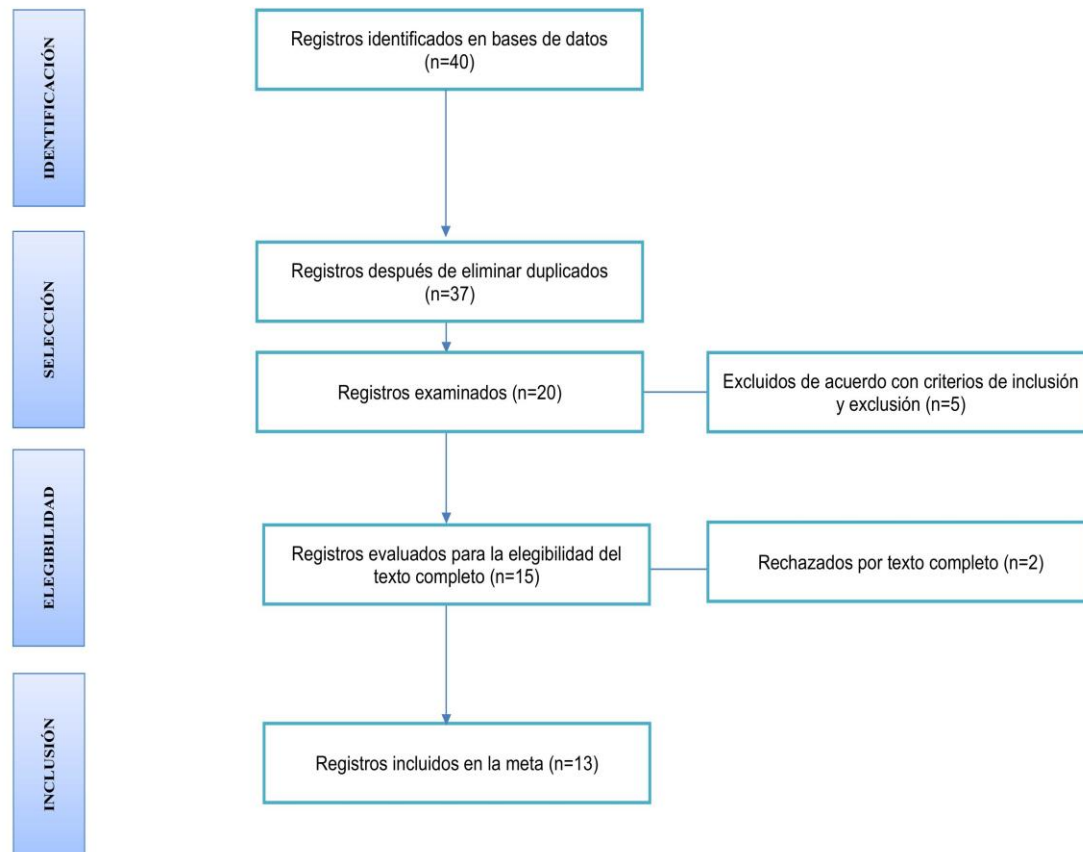
#### **4.8 Procedimientos**

A través de los artículos recopilados de las diferentes fuentes de búsqueda en las bases de datos se procedió a seleccionar las investigaciones relacionadas a las limitaciones de estudio con la finalidad de sustraer la información más relevante para sustentar el objeto de estudio que influyeren en la ocurrencia de la hipoacusia en operadores de maquinaria pesada en el sector minero, los cuales permitieron la identificación de aspectos que afectan el desarrollo de las actividades del sector minero no solo en la parte fisiológica sino en la parte psicológica.

La metodología de la revisión de alcance descrita anteriormente se llevó a cabo teniendo en cuenta la metodología Prisma, dentro de sus ítems, los siguientes: Título – Resumen - Criterios de Elegibilidad – Fuentes de Información – Estrategia de Búsqueda – Lista de Datos – Método de síntesis y Disponibilidad de Datos. En este sentido, el proceso de análisis e identificación de la

información fue guiado por la metodología PRISMA, representada en la Figura 2. Con los cuales se realizó el procedimiento que se detalla a continuación:

- *Etapa de identificación:* en esta fase se encontraron 40 referencias relacionados con los criterios de búsqueda, en las bases de datos Google académico, Scielo, Pubmed, EBSCO, Gale, Taylor & Francis y Science Direct. Los recursos de información utilizados pueden observarse en el Apéndice A.
- *Etapa de selección:* a las fuentes identificadas en la etapa de selección se encontró que 3 fuentes eran duplicadas, dejando 37 estudios, a estos se le aplicó el criterio de inclusión y exclusión mencionados, quedando 20, así mismo se excluyeron 5 estudios los cuales no cumplían con los criterios de inclusión del estudio.
- *Etapa de elegibilidad:* en la etapa de elegibilidad se escogieron los que tenían el texto completo 15 registros, identificando también aquellos rechazados por no tener el texto completo 2.
- *Etapa de inclusión:* finalmente en la etapa de inclusión se examinaron 13 fuentes, las cuales se tuvieron en cuenta para el desarrollo de los objetivos propuestos.

**Figura 2.***Metodología prisma*

#### 4.9 Aspectos éticos

Para la realización de la presente investigación, se realizaron las consultas por el recurso institucional CRAI, referenciando a los diferentes autores e investigaciones relacionadas, respetando los derechos de autor, en esta investigación no se contó con participación de personas para muestras poblacionales, por lo cual no fue necesario el aval del comité de ética.

## 5. Desarrollo

Para el avance de los objetivos planteados se utilizó un enfoque descriptivo que permite describir, analizar las consecuencias que surgen a exposición prolongada al ruido, a través de estudios realizados y con soluciones ya planteadas, siguiendo la ruta metodológica de forma electrónica brindada por la Universidad por medio del CRAI.

### 5.1 Identificación de los efectos fisiológicos por exposición al ruido

En primer lugar, se identifica que el ruido generado por los trabajos mineros es un problema de Seguridad Y Salud en el Trabajo, ya que la exposición constante y prolongada puede causar diversas afecciones físicas y mentales. En un artículo de Casal-Pardo et al. (2022), se describen algunas consecuencias de la exposición prolongada en escenarios con altos niveles de ruido, especialmente en el ámbito minero, donde se ha documentado una alta prevalencia de pérdida auditiva en los trabajadores. Por ejemplo, un estudio realizado por Rojas-Mesa et al. (2018) en la industria minera reporta que la hipoacusia afecta a un 40 % de la población trabajadora.

En un artículo reciente, Zhao et al (2021) señalan que el ruido en el entorno laboral no solo afecta la audición, sino que también puede alterar la presión arterial y otros indicadores relacionados con la salud cardiovascular. Sus hallazgos recuerdan que la hipoacusia inducida por ruido conocida internacionalmente como HNIR suele ser de tipo neurosensorial y se desarrolla después de años de exposición continua a niveles elevados, generalmente superiores a los 80 dB. Esta conclusión coincide con lo que han encontrado múltiples estudios en la última década.

De manera complementaria, una revisión sistemática publicada también en 2021 en Current Pollution Reports muestra que el ruido en el trabajo tiene efectos tanto auditivos como no auditivos. Los investigadores evidenciaron una clara relación entre la intensidad del ruido y

problemas cardiovasculares, como la hipertensión. En otras palabras, cuanto mayor es la exposición a ruidos por encima de 80 dB(A), mayor es el impacto en la salud del trabajador.

A estos resultados se suma un metaanálisis realizado en 2021 por la OMS y la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en los cuales se evaluaron los riesgos asociados a la exposición laboral a ruidos iguales o superiores a 85 dB(A). Aunque el estudio señala que la evidencia disponible aún es limitada, muestra una tendencia clara hacia el aumento de enfermedades como la cardiopatía isquémica y la hipertensión en trabajadores expuestos a largos periodos.

De forma similar, una cohorte representativa de trabajadores estadounidenses analizada por Guo et al. (2023) reveló que quienes están sometidos a ruidos intensos y durante más tiempo tienen hasta un 51 % más de probabilidades de desarrollar enfermedades cardiovasculares. Este estudio refuerza la idea de que el ruido no es solo un riesgo auditivo, sino un factor que repercute en múltiples dimensiones de la salud.

Un estudio publicado por Zhou et al (2024) en *Frontiers in Public Health* aporta una mirada más actual sobre este problema. Los autores encontraron que la combinación de ruido y polvo, muy frecuente en sectores como la construcción o la minería, incrementa aún más el riesgo de daño auditivo, lo que confirma que estas exposiciones simultáneas pueden acelerar o agravar la hipoacusia en los trabajadores.

Además, un estudio de Palacios-Ramírez (2019) sobre la exposición al ruido en el puesto de trabajo de perforista en una mina subterránea en el distrito minero de Zaruma-Portovelo en Ecuador, determinó que existe una sobreexposición al ruido. En este estudio se encontró que la tarea de perforación, que dura 120 minutos, genera una exposición de 107.5 dB(A), lo que resulta en una exposición de 101.5 dB(A) para una jornada de 8 horas. Esto llevó a la recomendación de

realizar estudios y análisis ocupacionales para detectar posibles afecciones cardiológicas, mentales y respiratorias.

En un estudio de aplicación realizado en Urbacoc Colombia (2021), se reveló una variación en la lateralidad auditiva de la población trabajadora. El estudio mostró que un 45,05 % de los trabajadores tiene mayor claridad auditiva en el oído derecho, lo que sugiere una prevalencia de afectaciones auditivas significativas.

Adicionalmente, la investigación documentó que un 63,06 % de los empleados presenta afecciones de salud que pueden influir en su rendimiento laboral. Entre los problemas más comunes se encuentran el dolor de cabeza, la fatiga, el estrés, el insomnio y los trastornos cardíacos. Se encontró que el 72,07 % de los trabajadores opera una herramienta por un periodo de entre 3 y 4 horas. Este nivel de exposición podría causar, a corto plazo, afectaciones en el sistema vestibular, que es el responsable del equilibrio.

En la investigación realizada en la empresa la Cantera Agregados Antioquia Planta Bello (2021), las mediciones auditivas con el sonómetro han evidenciado que todas las áreas de la cantera a cielo abierto presentan altos niveles de ruido, superando los 85 dB e incluso alcanzando los 97 dB en algunos puntos. Se demuestran cuatro casos de operadores de maquinaria pesada con acumulación de exposición de ruido continuo que abarca desde los seis hasta los nueve años en el cargo, con edades que oscilan entre los 25 y 47 años, quienes han manifestado disminución auditiva y deben de subir el volumen de equipos electrónicos, problemas para seguir conversaciones entre dos o más personas y que cuentan con familiares en primer grado de consanguinidad con afectación auditiva.

## **5.2 Marco normativo sobre la exposición ocupacional al ruido y su cumplimiento en el sector minero**

Para alcanzar el segundo objetivo, se revisó la normativa nacional e internacional que regula la exposición al ruido en el trabajo, con el propósito de analizar su aplicación en el sector minero colombiano. Este sector, por la naturaleza de sus labores, expone a los trabajadores a altos niveles de ruido de manera constante, lo que hace más complejo cumplir con lo que dictan las normas. En consecuencia, el análisis incluyó la pertinencia de estas disposiciones, además el grado en que realmente se cumplen en la práctica, poniendo el acento en cómo contribuyen a cuidar la salud, la seguridad y el bienestar de quienes trabajan en estas operaciones.

La normativa principal que desarrolla los lineamientos sobre la exposición al ruido y los efectos en la salud auditiva de los trabajadores mineros en Colombia permite conocer en primera instancia, La Ley 9 de 1979, denominada Código Sanitario Nacional, esta constituye el fundamento legal para la protección pública contra la exposición a riesgos físicos, como el ruido, establece la obligación de controlar la exposición a dicho riesgo, en todos los lugares de trabajo en Colombia. (Congreso de la República de Colombia, 1979). Investigaciones documentadas en Colombia, evidencian que en la minera se registran fuentes de emisoras de ruido que sobrepasan los parámetros establecidos, ocasionando trastornos auditivos relevantes, además se describe la falta de reportes de métodos de muestreo, no se detallan medidas higiénicas, ni programas de Seguridad y Salud en el Trabajo (Corrales, et al. 2021)

Por otra parte se considera la Resolución 2400 de 1979, en la que se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo, determinando en dicha resolución, los lineamientos específicos de medidas de ingeniería y administrativas para

reducir el ruido, así como los métodos de medición y control de este, como también del cumplimiento en los establecimientos de trabajo en Colombia.

Puntualmente dentro de esta resolución en el capítulo IV. De Los Ruidos y Vibraciones, en el Artículo 88, se determina que: En todos los establecimientos de trabajo en donde se produzcan ruidos, se deberán realizar estudios de carácter técnico para aplicar sistemas o métodos que puedan reducirlos o amortiguarlos al máximo; además indica que el nivel máximo admisible para ruidos de carácter continuo en los lugares de trabajo, será el de 85 decibeles de presión sonora, medidos en la zona en que el trabajador habitualmente mantiene su cabeza, se resalta de igual forma, que si la intensidad del ruido excede este límite, es obligatorio efectuar un estudio ambiental que permita determinar el nivel de presión sonora y la frecuencia. (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979).

La relevancia de esta resolución en el sector minero se fundamenta en abordar de manera específica los riesgos inherentes a esta actividad, estableciendo un sistema de prevención y control en la Seguridad y Salud en el Trabajo, y de esa manera proteger a los trabajadores. Cataño Zapata et al. (2021), señalan en su estudio Diseño de sistema de vigilancia epidemiológica para la prevención de la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido ocupacional en la Mina Los Balsos, Yolombó, que existen deficiencias en la implementación de medidas de control y en el uso de protección auditiva en las operaciones mineras, se registran valores entre 88 y 98 dB(A) en operaciones como perforación y manipulación de maquinaria pesada, además se evidencia que en minería no se cumplen de forma adecuada la normatividad sobre ruido.

El Ministerio de Salud emite en el año 1983, la Resolución 8321 del mismo año, por medio de la cual se establecen normas sobre la protección y conservación de la audición, la salud y el bienestar de las personas debido a la producción y emisión de ruidos, de aplicación general en

todos los ámbitos, en todo lugar y a toda clase de trabajo, además de regir para todos los empleados, contratistas y trabajadores, además se definen los valores límites permisibles para el ruido continuo o intermitente en el ambiente laboral (ver tabla 1), donde se permite una exposición diaria de 8 horas a 90 dB(A) pero no se permite ninguna exposición por encima de 115 dB(A), Sin tener en cuenta el tiempo. Para el caso de ruido de impacto, el nivel máximo permisible no debe exceder los 140 decibeles. Cuando hay múltiples periodos de exposición a diferentes niveles, se considera el efecto combinado de las exposiciones, ignorando los niveles inferiores a 90 dB(A), valores que se entienden como guías preventivas para el control de riesgos.

Sin embargo, al analizar el sector minero en Colombia, diferentes estudios técnicos y reportes de vigilancia epidemiológica han evidenciado que los niveles de ruido en operaciones con maquinaria pesada, trituración, perforación y voladuras suelen superar con frecuencia los 90 dB(A), llegando incluso a rangos cercanos o superiores a los 115 dB(A) en determinados procesos. Esto sugiere que, aunque la norma existe desde 1983, su aplicación en el sector minero ha sido limitada. En muchos casos, el cumplimiento se queda en disposiciones documentales sin un control técnico riguroso ni una vigilancia efectiva, lo que contribuye a la persistencia de casos de hipoacusia neurosensorial laboral en trabajadores expuestos al ruido (Ministerio de Salud, 1983; Instituto Nacional de Salud, 2018; Ministerio de Minas y Energía, 2021).

Por otra parte se presenta el Decreto 1295 de 1994, por medio del cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales, en este se establece el marco legal para la prevención y gestión de riesgos laborales, este decreto hace parte del Sistema de Seguridad Social Integral, que tiene como objetivo prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y accidentes laborales, la mitigación de riesgos físicos para este caso, el ruido y los trastornos auditivos en todos los sectores laborales, incluida la

minería. (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1994). En el entorno minero colombiano se determina principalmente por medio de afiliación de los trabajadores a las Administradoras de Riesgos Laborales (ARL), además de la ejecución de programas de prevención a riesgos físicos, para este caso del ruido. Sin embargo según informe de FASECOLDA, describe que una gran parte del sector de la minería ejerce en la informalidad, lo que disminuye y deteriora la vinculación formal, y efectiva a la ARL, además se concluye en este estudio que un 63% de la minería en Colombia, se considera informal, y que cerca del 64% de los trabajadores se encuentran afiliados al sistema (Zambrano, 2024).

Además, mediante la Resolución 0627 de 2006 se fija la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental para todo el territorio colombiano, estableciendo la clasificación de los sectores por niveles de ruido, los métodos de medición y los impactos en la salud. Resulta pertinente diferenciar que el ruido ocupacional hace referencia al que se genera y afecta directamente a los trabajadores en su lugar de trabajo como sucede en la minería por la operación de maquinaria pesada, mientras que el ruido ambiental corresponde al que se percibe en la comunidad y que proviene de fuentes externas, afectando a la población en general. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006).

En el año 2007, se expide la Resolución 2844, que tiene como objetivo adoptar las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia. Dentro las patologías para las que se adoptan estas guías se encuentra la Hipoacusia neurosensorial, inducida por ruido en el lugar de trabajo, condición especialmente relevante en el sector minero debido a la alta exposición sonora que caracteriza a esta actividad. No obstante, aunque dichas guías constituyen un referente técnico fundamental, en la práctica su aplicación en minería colombiana ha sido limitada, ya que muchas empresas carecen de la implementación sistemática de programas de vigilancia

epidemiológica específicos o de controles efectivos que garanticen la prevención y detección temprana de esta patología. (Ministerio de la Protección Social, 2007).

A su vez, la Ley 1562 de 2012, en la que se establece el Sistema General de Riesgos Laborales en Colombia, con el propósito de promover la salud y la seguridad de los trabajadores además de prevenir los accidentes y enfermedades laborales. Esta Ley se aplica a todos los sectores económicos y a todas las actividades que impliquen una relación laboral, contractual o de prestación de servicios, tanto en el sector público como en el privado. Para el caso del sector minero las actividades de explotación se clasifican como de Clase V (Riesgo Máximo), además para este sector, la inspección, vigilancia y control a cargo del Ministerio de Trabajo en el SG-SST tiene como propósito verificar el cumplimiento de las normas del Sistema General de Riesgos Profesionales. (Congreso de la República de Colombia, 2012). Sin embargo, en la práctica, diversos estudios y reportes han evidenciado falencias en los procesos de inspección y control, lo que limita la eficacia de la norma y genera brechas entre lo estipulado en la legislación y su aplicación real en las empresas mineras del país. (Congreso de la República de Colombia, 2012).

Del mismo modo, es importante conocer las disposiciones que define El Decreto 1886 de 2015, donde reglamenta la higiene y seguridad en las labores mineras subterráneas, Su objetivo es fijar los lineamientos mínimos para la prevención de riesgos y adoptar procedimientos de inspección, vigilancia y control en las labores mineras subterráneas y las actividades de superficie, y de esta manera preservar la seguridad y salud en el lugar de trabajo. Dentro de sus obligaciones el empleador debe identificar, medir, evaluar y controlar la exposición a ruido. (Ministerio de Minas y Energía. 2015). No obstante, diversos estudios y reportes de entes de control han señalado que, en Colombia, la implementación de estas medidas presenta limitaciones: mientras algunas empresas grandes cumplen con los programas de conservación auditiva y aplican controles de

ingeniería, en la minería a pequeña escala y en operaciones informales las acciones de control suelen ser insuficientes, lo que aumenta la vulnerabilidad de los trabajadores frente a la pérdida auditiva ocupacional.

Posteriormente, el Decreto 1072 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo en Colombia, establece la obligación de identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales en todas las organizaciones, lo cual constituye un lineamiento general aplicable a las empresas que se encuentren bajo su regulación (Presidencia de la República de Colombia, 2015). Aunque la norma no está orientada específicamente al sector minero, sí sienta las bases para que este tipo de industrias implemente sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST). En el caso colombiano, estudios como el de Salas y Cardona (2020) evidencian que, en varias minas de carbón de Cundinamarca, la aplicación del decreto se ha visto reflejada en la implementación parcial de programas de prevención de riesgos físicos, aunque aún persisten vacíos en el seguimiento a factores como el ruido ocupacional.

A su vez el Decreto 539 de 2022, donde se reglamenta las condiciones mínimas para prevenir riesgos en labores en minerías a cielo abierto además de preservar condiciones saludables y seguras en los lugares de trabajo, que garantice que los equipos funcionen correctamente, razón por la que se reduce la fuente posible de emisión de ruido. (Ministerio del Trabajo, 2022).

Según La Agencia Nacional de Minería (ANM), en el informe de gestión del primer semestre 2024, evidencia en las inspecciones el ordenamiento de planes de acción, además de correctivos en seguridad e higiene en labores de minería a cielo abierto, con el fin de garantizar entornos laborales seguros y saludables a los trabajadores. (Agencia Nacional de Minería, 2024).

El Ministerio del Trabajo de Colombia, a través de la Resolución 1843 de 2025, establece un marco normativo para las evaluaciones médicas ocupacionales y la protección de la salud de

los trabajadores. Esta norma contempla la identificación de factores de riesgo en el ámbito laboral y fija medidas de obligatorio cumplimiento para sectores de alto riesgo, entre ellos la minería. Sin embargo, diversos reportes señalan que la aplicación en el sector minero colombiano enfrenta limitaciones. Por ejemplo, un estudio de Cañón-Buitrago et al. (2021) sobre condiciones de salud en trabajadores mineros en Boyacá encontró que, aunque se realizan evaluaciones médicas periódicas, no siempre se cumple con el seguimiento a largo plazo ni con la implementación integral de programas de vigilancia epidemiológica. Esto evidencia que, si bien la norma establece directrices claras, en la práctica aún persisten brechas entre la regulación y el cumplimiento efectivo, especialmente en empresas pequeñas o informales. (Ministerio del Trabajo, Resolución 1843, 2025).

Para complementar la evaluación del riesgo por ruido en el ámbito laboral colombiano la Norma Técnica Colombiana (NTC) 9612-2025 establece un proceso de evaluación basado en principios de medición sistemática, control de variables y análisis estadístico de una valoración rigurosa del riesgo por ruido que no se limita únicamente a determinar los niveles de presión sonora, sino que exige una comprensión integral del contexto laboral en el que ocurre la exposición. Esto incluye aspectos como la duración de las tareas, la variabilidad de los niveles de ruido a lo largo de la jornada y las características acústicas del entorno, incluyendo la selección de instrumentos de medición (sonómetros, dosímetros) y la calibración de los mismos antes y después de cada medición, además, establece un método para determinar el nivel de presión sonora equivalente durante 8 horas ( $L_{eq,8h}$ ), lo que permite calcular de manera precisa el nivel promedio de ruido al que un trabajador se ve sometido durante una jornada de 8 horas. (ICONTEC, 2025)

Esta norma (NTC) 9612-2025, maneja un enfoque estructurado, basado en estrategias parametrizables a distintos tipos de labores, permite obtener mediciones confiables, comparables

y sólidas. La aplicación adecuada de esta norma contribuye a la implementación de medidas orientadas a la prevención de la pérdida auditiva inducida por ruido, fortaleciendo así la gestión de ambientes laborales seguros y saludables. (ICONTEC, 2025)

La normativa nacional establece, que ha desarrollado un sistema legal en búsqueda de proteger la integridad y salud de los trabajadores frente al ruido ocupacional, determinando límites, métodos de control, y responsabilidades específicas para los empleadores, además de reconocer para el caso de la minería, siendo este un sector con riesgos inherentes, que enfrenta desafíos significativos, que requieren una atención integral y especial.

Para el ámbito normativo internacional, organizaciones y regulaciones a nivel global se orientan a proteger la salud de los trabajadores mineros, dentro de estas se encuentran, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que dispuso el Convenio 176 sobre seguridad y salud en las minas de 1995, destacando que es beneficioso prevenir todo accidente mortal, lesión o daño de la salud de los trabajadores o de la población, o perjuicio al medio ambiente que tenga su origen en las operaciones mineras, dentro de este convenio se está destaca, las medidas de prevención de riesgos de agentes físicos como es el ruido y como reducir al mínimo dichos riesgos. (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 1995)

En norte América, específicamente en Estados Unidos, la Administración de Seguridad y Salud de Minas (MSHA), regula los lineamientos para la exposición al ruido ocupacional en el sector de la minería, por medio de la norma 30CFR, Title 30 Mineral Resources, Chapter I (Code Of Federal Regulation) Parte 62, indicando en esta norma que se debe prevenir y reducir la progresión de la pérdida auditiva inducida por el ruido en el trabajo entre los mineros, además se define un límite de referencia de 85 dB(A) de exposición promedio ponderada en 8 horas y un límite de exposición permisible de 90 dB(A), cuando se alcanza o superan estos límites, deben

realizarse mediciones regulares de ruido por parte de los empleadores, además de aplicación de controles de ingeniería, administrativos, y demás medidas preventivas que contribuyan al mejoramiento de los procesos y cuidado de la salud de los trabajadores. (Mine Safety and Health Administration [MSHA], 2024)

Adicionalmente en Estados Unidos otros organismos, como son OSHA, que determina por medio de la norma 29 CFR 1910.95(2024), disposiciones para la prevención de riesgos por ruido ocupacional en trabajadores, siendo muchas de estas disposiciones comunes con la norma 30CFR de la MSHA, dentro de estos se encuentran, el límite de referencia de 85 dB(A) como promedio ponderado en 8 horas, el límite permisible de 90 dB(A) TWA, entre otros factores importantes de seguridad para los empleados.

Asimismo, es importante conocer que dentro de esos organismos también se encuentra el NIOSH quien emite estándares técnicos recomendados, en el año 2024 informa que el ruido peligroso es la causa principal de problemas de audición y pérdida de audición en los trabajadores mineros, que esta pérdida de audición inducida por ruido es permanente, además provoca consecuencias negativas para la salud de las personas que trabajan en las minas y que dicha organización por medio de su programa de minería (NIOSH Mining), está trabajando para abordar el ruido peligroso en las áreas superficiales y subterráneas de la industria minera, y así de esta manera ejecutar controles de ruido de manera más eficientes. (NIOSH, 2024).

En el caso de Perú, la regulación para el ruido ocupacional en minería se da por medio del Decreto Supremo N° 024-2016-EM, del Ministerio de Energía y Minas, que busca prevenir la ocurrencia de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, promoviendo una cultura de prevención de riesgos laborales en la actividad minera, en el que se establecen los límites de exposición al ruido asociados al tiempo de trabajo permitido,

siendo este de 85 dB(A) para 8 horas diarias, además se determina que se realizar monitoreo regular, controles de ingeniería y administrativos además del uso de protección auditiva y vigilancia médica con el objeto de prevenir riesgos de pérdida auditiva en el sector minero, este decreto fue modificado en algunos de sus artículos por el D S N° 023-2017-EM, en esta se establece como se deben aplicar medidas de control, a fin de proteger la salud auditiva de los trabajadores mineros, se incluye el uso de silenciadores, equipos de protección personal, además de guías y anexos para monitoreo de los mismos. (Ministerio de Energía y Minas, 2024).

No obstante, Colombia cuenta con un conjunto de normas amplio sobre la exposición al ruido en el ámbito minero, enfrentando desafíos importantes para su aplicación efectiva. La Resolución 8321 de 1983 determina límites claros para la exposición al ruido; pese a ello, estudios recientes muestran que muchas operaciones, especialmente las informales, no cumplen de manera consistente con estos estándares, superando con frecuencia los 90 dB(A) y acercándose a los niveles máximos permitidos por la normativa. (Ministerio de Salud, 1983) (Jaramillo Urrego, 2019)

En la práctica internacional, entidades como la MSHA y el NIOSH en Estados Unidos propone un límite de exposición de 85 dB(A) promedio ponderado durante una jornada laboral de 8 horas. MSHA determina que, cuando la exposición al ruido supera este nivel, se deben implementar programas de conservación auditiva que incluyan monitoreo, capacitación y uso de protectores auditivos (Moldex, n.d.). De igual manera, NIOSH recomienda que las exposiciones iguales o superiores a 85 dB(A) se integran de programas sistemáticos de conservación auditiva, con monitoreo de niveles de ruido, provisión de protectores y pruebas audiométricas periódicas (NIOSH, 2004)

Los resultados ponen en evidencia que, aunque la legislación colombiana reconoce la importancia de proteger la salud auditiva y define responsabilidades claras, su eficacia real se ve limitada por factores operativos, económicos y la informalidad del sector. En consecuencia, resulta imprescindible reforzar la supervisión, mejorar los programas de prevención y fomentar una cultura de seguridad que esté alineada con los estándares internacionales, garantizando así la protección efectiva de los trabajadores mineros.

**Tabla 3.**

*Comparativa de Normas Nacionales e Internacionales sobre Ruido en la Minería*

<b>Característica</b>	<b>Normatividad Colombiana</b>	<b>Normatividad Internacional (MSHA y NIOSH de EE. UU. y Perú)</b>
Límite Permisible de Exposición al Ruido (LPPR)	Res. 8321/1983: 90 dB(A) para 8 horas. No se permite exposición por encima de 115 dB(A). Res 2844 de 2007 Por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia.	MSHA (EE. UU.): Límite de 90 dB(A) ponderado en 8 horas. Nivel de acción de 85 dB(A). - NIOSH (EE. UU.): 85 dB(A) como límite recomendado. - Perú (D.S. 024-2016-EM): 85 dB(A) para 8 horas.
Exigencia de Programas de Conservación Auditiva (PCA) Medición Obligatoria	Dec. 1886/2015: Establece la obligación del empleador de identificar, medir, evaluar y controlar la exposición a ruido en minería subterránea. Res. 2400/1979: Exige estudios técnicos para reducir ruidos en los lugares de trabajo. - Dec. 1886/2015: Obliga a medir la exposición en labores mineras subterráneas. - Res. 0627/2006: Fija la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.	MSHA y NIOSH (EE. UU.): Obligatorio cuando la exposición es igual o superior a 85 dB(A). - Perú: Obligatorio a partir de 85 dB(A), incluyendo el uso de EPP y medidas de control. MSHA (EE. UU.): Exige mediciones de ruido regulares cuando se superan los niveles de acción. - Perú: Establece la obligación de un monitoreo regular del ruido.
Seguimiento Médico	Res. 2844/2007: Adopta guías de atención integral de salud ocupacional para la hipoacusia.	SHA y NIOSH (EE. UU.): Exigen audiometrías anuales para los trabajadores expuestos. - Perú: Requiere vigilancia médica para prevenir la pérdida auditiva.
Aplicabilidad Específica al Sector Minero	Dec. 1886/2015: Regula higiene y seguridad en minería subterránea. - Dec. 539/2022: Reglamenta condiciones mínimas para minería a cielo abierto. Ley 1562/2012: Clasifica la minería como de riesgo V (máximo).	OIT (Convenio 176): Aborda la seguridad y salud en las minas. - MSHA (30CFR): Regulación específica para el sector minero. Perú (D.S. 024-2016-EM): Normativa específica para la prevención de riesgos en la minería.

Nota. Como se puede ver en la tabla, la normativa colombiana es muy similar y, en algunos casos, más estricta que los estándares internacionales.

### **5.3 Caracterización de las medidas preventivas y de control implementadas frente al ruido ocupacional en el sector minero**

La exposición al ruido en la minería colombiana representa un riesgo ocupacional crítico, con el potencial de generar pérdida auditiva inducida por ruido (PAIR) y afectar la salud integral de los trabajadores. Si bien el estándar ideal, sustentado por referentes como el NIOSH (2019), prioriza una jerarquía de controles que comienza con la eliminación del riesgo en la fuente mediante ingeniería, la caracterización de su implementación real revela una brecha significativa y un escenario heterogéneo, profundamente marcado por la escala económica de la operación y el tipo de explotación.

En Colombia, estas medidas se encuentran reguladas que establece límites máximos de exposición sonora (85 dB para jornadas de 8 horas), y la Resolución 2346 de 2007, que obliga a realizar evaluaciones médicas ocupacionales periódicas y establecer controles efectivos para riesgos ocupacionales, incluido el ruido. La presente caracterización analiza no solo la disponibilidad de estas medidas, sino también su aplicación real, eficacia, barreras, costos y sostenibilidad, incorporando diferencias por tamaño de empresa (grandes vs. medianas y pequeñas) y tipo de minería (subterránea vs. a cielo abierto).

La aplicación de medidas difiere radicalmente entre grandes empresas y las medianas y pequeñas (PYMES). Las grandes mineras, con mayor capacidad de inversión y acceso a soporte técnico, implementan una combinación más equilibrada que incluye controles de ingeniería, no obstante, su eficacia real está supeditada a un mantenimiento riguroso y continuo; por el contrario, las PYMES medianas y pequeñas se enfrentan a limitaciones presupuestales severas y alta presión productiva, priorizan abrumadoramente controles administrativos (rotaciones, delimitación de zonas) y el uso de Elementos de Protección Personal (EPP), debido a su menor inversión inicial.

Esta elección, aunque económicamente comprensible, resulta en una eficacia limitada y variable a largo plazo, ya que estos controles no eliminan el ruido y su éxito depende de una supervisión constante y de la adherencia de los trabajadores, la cual es frecuentemente baja.

### ***5.3.1 Comparación entre minería subterránea y a cielo abierto***

La naturaleza de la explotación minera también influye en la selección y eficacia de las medidas de control. En minería subterránea, los niveles de ruido son generalmente más altos debido a la concentración sonora en túneles y galerías, por lo que se priorizan cabinas insonorizadas, barreras acústicas y mantenimiento preventivo de maquinaria. En contraste, en minería a cielo abierto, el ruido se dispersa más fácilmente; las medidas se enfocan en silenciadores, mantenimiento regular de los equipos y rediseño de procesos productivos para reducir la exposición de los trabajadores.

### ***5.3.2 Eficacia y barreras de los controles de ingeniería***

Estudios realizados en minas de carbón en Colombia muestran que la implementación de cabinas insonorizadas y silenciadores puede reducir niveles de ruido de 95 dB a aproximadamente 85 dB, cumpliendo la normativa nacional (Rodríguez & Gómez, 2018). Sin embargo, la efectividad de estas intervenciones está condicionada por factores como:

- Durabilidad y mantenimiento: el desgaste natural de los equipos disminuye su capacidad de protección.
- Costos elevados: muchas operaciones medianas y pequeñas carecen del presupuesto para inversiones de ingeniería.
- Capacitación limitada: la falta de personal entrenado para instalar y mantener los sistemas afecta directamente la eficacia de los controles

### ***5.3.3 Costos aproximados en Colombia***

Según la Federación Nacional de comercio (FENALCO) un estudio de viabilidad económica de controles de ingeniería para PYMES mineras en Colombia en 2022, afirman que el 78% de las medianas y pequeñas minas consultadas considera que la inversión costo- beneficio no es adecuada para la inversión de estos elementos relacionados y priorizan controles administrativos que requieran menor inversión inicial.

- Cabinas insonorizadas: COP 75–130 millones por unidad.
- Silenciadores industriales: COP 25–60 millones.
- Barreras acústicas: COP 500.000–1.200.000 por m<sup>2</sup>.
- Rediseño de procesos productivos: variable, COP 50–250 millones según complejidad.

### ***5.3.4 Controles administrativos y EPP en Colombia***

Las PYMES, debido a restricciones económicas, dependen en gran medida de controles administrativos y del uso de EPP. Entre las estrategias más comunes se encuentran la rotación de turnos, la implementación de pausas estratégicas, la delimitación de zonas de alto riesgo y la capacitación constante sobre riesgos auditivos. El uso de protectores auditivos, siguiendo las recomendaciones del Ministerio de Trabajo, se ha convertido en un complemento indispensable.

Si bien estas medidas no eliminan el ruido, reducen la exposición acumulativa. Su éxito depende de la supervisión constante, la adherencia de los trabajadores y su integración en programas de conservación auditiva (Saldaña & Tamez, 2020; Ramírez-Castillón et al., 2022)

### ***5.3.5 Ventajas y limitaciones***

Idealmente, los controles de ingeniería deberían reducir la exposición auditiva entre 10 y 15 dB, manteniendo los niveles por debajo de 85 dB. No obstante, en operaciones medianas y pequeñas, la reducción promedio observada es de 5 a 10 dB, debido a la falta de mantenimiento, limitaciones presupuestales y brechas técnicas, evidenciando la persistencia del riesgo ocupacional. Según la Agencia Nacional de Minería – ANM (2023) en el informe de brechas tecnológicas y de inversión en seguridad y salud en el trabajo en el sector minero colombiano señala que el 65% de las minas de escala pequeña y mediana no superan el 30% de implementación de controles de ingeniería, atribuyéndolo a la alta rotación de maquinaria arrendada y a la priorización de inversiones en productividad sobre prevención.

### ***5.3.6 Marco de gestión del riesgo y jerarquía de controles en Colombia***

El control del ruido en Colombia se enmarca en un sistema integral de gestión del riesgo laboral que incluye:

- Identificación de peligros: medición de niveles sonoros conforme a la norma ISO 9612:2025.
- Evaluación de riesgos: análisis de la exposición diaria, frecuencia y duración de las jornadas, y susceptibilidad individual.
- Jerarquía de controles: priorización de controles de ingeniería, seguida de controles administrativos y EPP.
- Integración en la matriz de peligros: asignación de cada control a la fuente, medio o receptor del ruido.

- Planificación en el Sistema de Vigilancia Epidemiológica: auditorías internas, revisión anual de desempeño, seguimiento audiométrico y actualización de estrategias de control.

### ***5.3.7 Comparación eficacia esperada vs. real***

Idealmente, los controles de ingeniería deberían reducir la exposición auditiva entre 10 y 15 dB, manteniendo los niveles por debajo de 85 dB. No obstante, en operaciones medianas y pequeñas, la reducción promedio observada es de 5 a 10 dB, debido a la falta de mantenimiento, limitaciones presupuestales y brechas técnicas, evidenciando la persistencia del riesgo ocupacional.

### ***5.3.8 Brechas tecnológicas y avances internacionales***

En Colombia se identifican limitaciones importantes como la escasa automatización en minas pequeñas, ausencia de sensores IoT de monitoreo continuo, limitada disponibilidad de protectores auditivos con cancelación activa. En operaciones sudamericanas se han implementado también cabinas, insonorizadas y equipos de baja emisión. Sonora mostrando disminuciones, consistente en la exposición diaria de los operadores (Sánchez-Ruiz et al, 2021) complementando los programas de conservación auditiva con los exámenes médicos, periódicos

Avances internacionales incluyen cascos inteligentes, protectores con cancelación activa, maquinaria silenciosa y sistemas de monitoreo remoto, los cuales aún no se adoptan de manera generalizada en el país.

El control del ruido en la minería colombiana requiere un enfoque integral, que combine intervenciones técnicas, medidas administrativas, EPP y programas de conservación auditiva. Las diferencias entre grandes empresas y PYMES son claras: las primeras logran implementar soluciones de mayor alcance, mientras que las segundas dependen de medidas accesibles, pero de eficacia limitada. Consolidar la cultura preventiva, mejorar la capacitación y asegurar la

sostenibilidad de los controles son pasos fundamentales para proteger la salud auditiva y el bienestar de los trabajadores del sector minero.

## 6. Conclusiones

Partiendo del alcance y del cumplimiento de los objetivos establecidos en el proyecto, se concluyó que todos los propósitos planteados fueron desarrollados a través del análisis normativo, técnico y contextual de la exposición diaria al ruido en el ámbito laboral, con énfasis en el sector minero colombiano. De esta manera, se logró determinar de manera integral el marco regulatorio, las condiciones reales de exposición y la necesidad de implementar estrategias de control y capacitación orientadas a la prevención de la pérdida auditiva inducida por ruido (PAIR).

En Colombia y en diversas regiones del mundo se identificó que existía una regulación clara respecto a la exposición ocupacional al ruido, fundamentada en el principio según el cual a mayor nivel de ruido debía disminuir el tiempo permitido de exposición, con el fin de preservar la salud auditiva de los trabajadores.

En el contexto nacional, quedó establecido que la Resolución 8321 de 1983 fijaba como límite de exposición 85 dB(A) durante 8 horas, aplicando una curva de intercambio de 3 dB, lo que significó que por cada incremento de 3 dB el tiempo permitido se redujera a la mitad (Ministerio de Salud, 1983). Asimismo, la Resolución 2400 de 1979 regulaba las condiciones de higiene y seguridad en los lugares de trabajo (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1979), mientras que el Decreto 1072 de 2015 reglamentaba el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, integrando el control del riesgo por ruido (Presidencia de la República, 2015). De igual manera, la Resolución 1886 de 2015 establecía lineamientos específicos para la protección auditiva en labores de minería subterránea (Ministerio de Trabajo, 2015).

En el ámbito internacional se evidenció que entidades como el NIOSH recomendaban límites similares de 85 dB(A) en 8 horas, también con curva de intercambio de 3 dB, lo que representaba un enfoque más restrictivo hacia la protección auditiva (NIOSH, 1998). Por el contrario, la OSHA mantenía un límite más permisivo de 90 dB(A) con curva de 5 dB, lo que implicaba tiempos más amplios de exposición aceptable, aunque con control a largo plazo (OSHA, 1971).

Durante el desarrollo del proyecto se definió también la diferencia conceptual entre el ruido ocupacional, enfocado en la valoración y el análisis de los efectos del ruido durante la jornada laboral (NIOSH, 1998), y el ruido ambiental, regulado en Colombia mediante la Resolución 627 de 2006, relacionado con sonidos provenientes de fuentes comunitarias o urbanas en un momento y entorno determinados (Secretaría Distrital de Ambiente, s.f.).

A partir de los resultados obtenidos en la revisión documental y técnica, se concluyó que la capacitación del personal desempeñó un papel fundamental en la prevención de la PAIR. La OSHA, por ejemplo, exigía que los programas de conservación auditiva incluyeran formación anual para trabajadores expuestos a niveles iguales o superiores a 85 dB(A), lo que se demostró eficaz para mejorar el uso correcto de protectores auditivos y reducir la progresión de la pérdida auditiva (OSHA, 2008).

Igualmente, se evidenció la importancia de ampliar las estrategias de prevención más allá del entorno laboral, dado que los trabajadores también estaban expuestos a fuentes recreativas de ruido que incrementaban el riesgo de daño auditivo. Los estudios revisados mostraron que los programas de entrenamiento orientados al ajuste adecuado de protectores auditivos y a la reducción de hábitos riesgosos en actividades recreativas mejoraron notablemente la adherencia a las

medidas de protección, disminuyendo tanto episodios de daño temporal como la incidencia de PAIR (Ramakers et al., 2016).

El análisis contextual del sector minero permitió concluir que las fuentes de ruido provenientes de perforadoras, taladros y camiones de acarreo superaban con frecuencia los 90–100 dB(A). La insuficiencia de capacitación y de controles de ingeniería se tradujo en consecuencias a largo plazo como hipoacusia neurosensorial irreversible, dificultades en la comunicación, aumento de accidentes laborales por pérdida de la capacidad para percibir señales auditivas de alarma y afectaciones psicosociales relacionadas con el aislamiento derivado de la disminución auditiva (OIT, 2018).

Según estudios realizados por la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA, 2005):

La pérdida auditiva como consecuencia del trabajo es provocada por una exposición prolongada a ruidos intensos. Su primer síntoma suele ser la incapacidad para escuchar los sonidos de tono alto. A menos que se resuelva el problema que plantea el exceso de ruido, la capacidad auditiva de la persona continuará deteriorándose, hasta llegar a tener problemas para detectar los sonidos de tono más bajo. Normalmente, este fenómeno se produce en ambos oídos. La pérdida de audición provocada por el ruido es irreversible. La pérdida de audición se puede producir sin una exposición prolongada. Una exposición breve a ruidos de impulsos (incluso a un único impulso fuerte), como los producidos por armas de fuego, pistolas de clavos o de remaches, puede tener efectos permanentes, como la pérdida de audición y la tinnitus continuo. Asimismo, los impulsos pueden perforar la membrana del tímpano. Esta perforación resulta dolorosa, pero puede curarse. (p. 1)

Adicionalmente, se analizaron las percepciones de los trabajadores respecto al uso de protectores auditivos. Los resultados mostraron que el 91.7% consideraba que la pérdida auditiva podía prevenirse utilizando protección auditiva y que el 95.8% creía que estos dispositivos protegían su audición. Sin embargo, aunque el 87.5% reportó uso constante, solo el 25% sabía cuándo reemplazar los tapones y el 75% afirmaba tener la capacidad de capacitar a otros sobre su uso. Estos hallazgos indicaron avances en la cultura de protección, pero también revelaron la necesidad de fortalecer el componente educativo y de seguimiento.

Con respecto a las actividades mineras de cielo abierto y subterráneas, se confirmó que las canteras de granito constituían uno de los entornos con mayores niveles de ruido, superando con frecuencia los 90 dB(A) durante jornadas de 8 horas debido al uso constante de maquinaria pesada, explosiones y transporte de material. En el sector minero colombiano, los informes del Ministerio de Minas y Energía (2018) y del Instituto Nacional de Salud (2020) evidenciaron un cumplimiento parcial de la normativa sobre exposición ocupacional al ruido. Se registraron niveles superiores a 90 dB(A) e incluso mayores a 100 dB(A), sobrepasando los límites establecidos por la Resolución 8321 de 1983. Este incumplimiento fue más evidente en la pequeña y mediana minería, donde se identificaron limitaciones técnicas y económicas para implementar controles de ingeniería y monitoreos continuos. Estas carencias se relacionaron con una vigilancia estatal insuficiente, dificultades presupuestales y una cultura preventiva débil, lo que incrementó la prevalencia de PAIR, la ocurrencia de incidentes laborales y el riesgo de sanciones.

En síntesis, se concluyó que la protección de la salud auditiva en el sector minero requería un abordaje integral, en el que confluyeran el cumplimiento efectivo de la normativa, la implementación de controles técnicos, el fortalecimiento de la formación preventiva y la vigilancia periódica de la exposición al ruido.

Esta perspectiva permite garantizar condiciones seguras y sostenibles para los trabajadores, disminuyendo la prevalencia de la pérdida auditiva inducida por ruido y promoviendo entornos laborales más saludables

## **7. Recomendaciones**

Se propone a través de la investigación realizada las siguientes recomendaciones:

Fortalecimiento de los Programas de Conservación Auditiva (PCA) y el uso adecuado de EPP:

- Implementar capacitaciones teórico-prácticas mensuales y permanentes, obligatorias para todo el personal expuesto a niveles iguales o superiores a 80 dB(A). Estas capacitaciones deben ir más allá de la instrucción teórica e incluir prácticas sobre el uso, ajuste y mantenimiento de los protectores auditivos de acuerdo con las especificaciones según la norma ISO 45001 (ISO, 2018). Además, se recomienda incorporar evaluaciones periódicas de competencias para verificar el dominio del uso del EPP por parte del trabajador.
- Establecer protocolos claros para el reemplazo y mantenimiento de los tapones auditivos, con lineamientos precisos sobre los tiempos de cambio y contemplar la definición de fechas de caducidad visibles y verificables. Se deberá garantizar la disponibilidad permanente de repuestos, para evitar interrupciones en la protección auditiva, además de llevar registros sistemáticos del consumo y reposición de EPP para asegurar la trazabilidad.
- Integrar procesos de educación sobre riesgos extralaborales, concientizando sobre el daño acumulativo de la exposición al ruido en actividades recreativas (música alta, uso de herramientas) y promoviendo hábitos de escucha segura. Para ello, se recomienda la implementación de campañas preventivas semestrales orientadas a promover estilos de vida que favorezcan la salud auditiva.

Aplicación de una jerarquía de controles efectiva:

- Priorizar controles de ingeniería en la fuente, como aislamiento acústico de equipos, mantenimiento preventivo de máquinas (como perforadoras y taladros) y diseño de cabinas cerradas y acolchadas para operadores de camiones de acarreo. También se recomienda la evaluación técnica de nuevas tecnologías de reducción de ruido específicas para maquinaria minera.
- Reforzar controles administrativos, mediante la reducción de los tiempos de exposición individual, establecer zonas de ruido delimitadas y señalizadas, y programar operaciones de ruido en turnos con menor personal presente. Además, se recomienda implementar rotaciones laborales basadas en la dosis diaria de ruido, con programación en franjas de menor afluencia de personal y visitantes.

Optimización del uso y la gestión de los Elementos de Protección Personal (EPP):

Se recomienda realizar una revisión personalizada de protectores auditivos considerando el nivel de ruido, el nivel de confort y las actividades del trabajador. No es suficiente con la dotación; debe asegurarse la idoneidad del equipo. Por ello se propone realizar pruebas de ajuste (“fit testing”) al menos una vez al año con el fin de garantizar la eficacia real del EPP.

Incrementar la vigilancia y el monitoreo:

- Realizar dosimetrías de ruido periódicas y representativas en todos los puestos de trabajo, no solo mediciones ambientales generales, permitiendo una evaluación real de la dosis de ruido que recibe cada trabajador. Se recomienda comparar estos datos con estándares internacionales como NIOSH para identificar brechas adicionales.
- Vincular los resultados del monitoreo con los exámenes audiométricos anuales, manteniendo actualizada la base del Sistema de Vigilancia Epidemiológica por el ruido,

permitiendo identificar tendencias, casos sospechosos y la efectividad del PCA. Además, debe establecerse el seguimiento estricto a trabajadores con hallazgos tempranos de hipoacusia.

Fortalecimiento de la cultura organizacional:

- Fomentar el empoderamiento al trabajador, promoviendo la participación activa en la identificación de riesgos y en la comunicación de fallas en los controles implementados.
- Capacitación continua orientada a la prevención del daño auditivo y a la adopción responsable del EPP.
- Evaluación periódica del cumplimiento de las medidas implementadas, integrando indicadores de desempeño dentro del sistema de gestión en seguridad y salud.
- Charlas y campañas internas que refuercen la importancia de la protección auditiva y fomenten comportamientos seguros y sostenibles.

Impacto, proyección y replicabilidad del estudio

La presente investigación evidencia un potencial de continuidad y expansión, los resultados obtenidos pueden aplicarse no solo en el entorno minero analizado, sino también en otros sectores industriales expuestos a niveles significativos de ruido ocupacional. Según los lineamientos internacionales en gestión del riesgo, la mejora continua constituye un eje esencial de los sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo (ISO, 2018). Bajo esta premisa, el trabajo realizado permite conservar una base metodológica sólida para avanzar hacia nuevas etapas de análisis, intervención y control.

Al concluir la modalidad de grado, se confirma el cumplimiento de los objetivos propuestos, reflejado en la caracterización detallada de los niveles de exposición al ruido, la

identificación de los principales factores de riesgo y la formulación de estrategias de intervención acordes con las recomendaciones de organismos especializados como la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) y el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, 1998). Este avance proporciona un marco técnico confiable que contribuye al fortalecimiento de los Programas de Conservación Auditiva y de los sistemas de vigilancia epidemiológica en contextos mineros.

Aun así, se reconoce la importancia de dar continuidad al proyecto mediante nuevas fases de investigación aplicada, orientadas a evaluar la efectividad real de las medidas propuestas. Diversas organizaciones internacionales destacan que la evaluación periódica y longitudinal es clave para comprender la progresión de la pérdida auditiva inducida por ruido y la eficacia de los controles implementados (NIOSH, 2019; OMS, 2021). En consecuencia, se recomienda continuar el proceso investigativo mediante: mediciones dosimétricas continuas y comparativas, que permitan evaluar cambios en los perfiles de exposición, además de evaluaciones audiológicas longitudinales, orientadas a identificar variaciones tempranas en el umbral auditivo y signos iniciales de sinaptopatía inducida por ruido, como señalan estudios recientes (Lieberman & Kujawa, 2017), e incluso realizar análisis costo–beneficio, para determinar la sostenibilidad y la posibilidad de replicar las intervenciones en otros frentes mineros y por último la integración de tecnologías emergentes, tales como sensores personales, monitoreo en tiempo real y modelos predictivos basados en datos, herramientas promovidas por la OIT para optimizar la gestión del riesgo ocupacional (OIT, 2020).

En síntesis, el proyecto no solo logra los objetivos planteados, sino que también constituye un punto de partida para investigaciones más amplias que consoliden estrategias sostenibles de protección auditiva. Su estructura metodológica puede ser replicada o adaptada en

distintos escenarios laborales, contribuyendo así al fortalecimiento de prácticas seguras y alineadas con los estándares nacionales e internacionales.

### Referencias

- Agencia Nacional de Minería. (2024). *Informe de gestión primer semestre 2024*. Agencia Nacional de Minería. <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/2024-08-08-Informe-Gestion-Primer-Semestre-2024.pdf>
- Agencia Nacional de Minería. (2025). *Boletín Minería en Cifras – enero 2025* (Boletín estadístico informativo). <https://mineriaencolombia.anm.gov.co/sites/default/files/docupromocion/Bolet%C3%ADn%20Miner%C3%ADa%20en%20Cifras%20-%20enero%202025.pdf>
- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA). (2005). *El impacto del ruido en el trabajo* (Hoja informativa n.º 57). Bilbao, España: Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo.
- Ávila Bravo, J. A.; Hurtado Guzmán, D. F.; Ruíz Narváez, N. R.; & Timarán Criollo, M. M. (2015, noviembre). Efectos en la salud de los trabajadores expuestos al ruido producido por la maquinaria de construcción vial [Tesis de especialización, CES]. Repositorio institucional CES.
- Babisch, W. (2002). *The noise/stress concept, risk assessment and research needs*. *Noise & Health*, 4(16), 1–11.
- Báez, R. (2018). *Pérdida auditiva inducida por ruido en trabajadores expuestos en su ambiente laboral* [Resumen de congreso o comunicación]. *Anales de la Facultad de Ciencias Médicas (Asunción)*, 51(1), 47–56. Recuperado de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/10/946440/06-hipoacusia-inducida-por-ruido-formateado-47-56final.pdf>
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). *Auditory and non-auditory effects of noise on health*. *The Lancet*, 383(9925), 1325–1332.

- Carhart, R. (1957). *Prueba de fatiga auditiva*. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba\\_de\\_fatiga\\_auditiva](https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba_de_fatiga_auditiva)
- Castro Duque, Y., & Monroy Sepúlveda, R. (2012). Evaluación del impacto acústico producido por equipos utilizados en minería subterránea de carbón. *Respuestas*, 17(2), 55–62. <https://doi.org/10.22463/0122820X.391>
- Cataño Zapata, V. A., Ríos Barrera, A. D., et al. (2021). *Diseño de sistema de vigilancia epidemiológica para la prevención de la hipoacusia neurosensorial inducida por ruido ocupacional en la Mina Los Balsos, Yolombó* (Trabajo de grado, Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez, Universidad de Antioquia).
- Casal-Pardo, B., Jasso-Gascón, N. E., Preciados-Sola, R., & Reinoso-García, K. (2022). *Pérdida auditiva y exposición laboral a ruido en minería: una revisión sistemática*. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 68(266), 36–55. <https://revista.isciii.es/index.php/MST/article/view/1237>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2024, octubre 9). *Mining noise-induced hearing loss*. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). <https://www.cdc.gov/niosh/mining/topics/hearing-loss.html>
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos México. (2021, 22 de julio). *Día Mundial contra la Minería a Cielo Abierto*. [https://www.cndh.org.mx/noticia/dia-mundial-contra-la-mineria-cielo-abierto#\\_ftn2](https://www.cndh.org.mx/noticia/dia-mundial-contra-la-mineria-cielo-abierto#_ftn2)
- Congreso de la República de Colombia. (1979). *Ley 9 de 1979*. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=1177>
- Congreso de la República de Colombia. (2025). Ley 2450 de 2025. Ley contra el Ruido en Colombia. Diario Oficial, 50.320.

Collazo Lorduy Teresa, Corzón Pereira Tania, Vergas de Gutiérrez Jesús Joaquín (2015) libro virtual de formación de otorrinolaringología, Capítulo 32. Pag 1 Recuperado el 9 de enero de 2025 Libro Virtual de Formación en Otorrinolaringología SEORL | booksmedicos

Corrales Aldana, H., Daza Daza, I., & Pulido Morea, M. E. (2021). *Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos a altos niveles de ruido en la industria minera: Revisión documental* [Tesis de especialización, Universidad ECCI]. Repositorio Institucional ECCI. [https://redcol.minciencias.gov.co/Record/ECCI2\\_0620c0647fcb7f5c79deb93fab7c6ef1/Details](https://redcol.minciencias.gov.co/Record/ECCI2_0620c0647fcb7f5c79deb93fab7c6ef1/Details)

Corredor rueda g.m, Ramirez Rubio n. m. (2008) efectos secundarios del ruido. una mirada más allá de la hipoacusia pág 22 Recuperado el 19 de agosto de 2025 de <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/c4d41508-bda3-48b3-bdf6-c581d42c4802/content>

Díaz, M. R. (2009). *Salud y seguridad en trabajos de minería*. Organización Internacional del Trabajo (OIT) / Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional (CINTERFOR). [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud\\_seg\\_mineria.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud_seg_mineria.pdf)

Doria Cardoso, R. D., Mindiola Rodríguez, M. A., & López Juvinao, D. D. (2022). *Sostenibilidad ambiental en empresa minera dedicada a la explotación de agregados pétreos en Albania, La Guajira*. *Interciencia*, 47(1/2), 8–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33970072002>

Electronic Code of Federal Regulations. (s. f.). *30 CFR Part 62—Occupational Noise Exposure*. U.S. Government Publishing Office. Recuperado el 12 de agosto de 2025, de <https://www.ecfr.gov/current/title-30/chapter-I/subchapter-M/part-62>

- European Agency for Safety and Health at Work. (2005). *The impact of noise at work* (Fact Sheet 57). Bilbao, Spain: European Agency for Safety and Health at Work.
- Flores Caamaño, G. I., Torres Cueva, E. L., Escobar Segovia, K. F., Ulloa, C. A., & Garcés León, D. G. (2018). Determinación de la exposición al ruido en el puesto de trabajo de perforista en una mina subterránea en el distrito minero Zaruma-Portovelo. *Carácter: Revista Científica de la Universidad del Pacífico*, 6(1).  
<https://repositorio.uees.edu.ec/items/1d245b37-752d-4b14-9271-a7404a88c5a5>
- Fulghum y Wiginton (2023). *Fatiga y agotamiento: causas, síntomas y tratamiento*. Webmd.com  
<https://www.webmd.com/es/balance/cuando-se-considera-excesivo-cansancio> *La minería subterránea: ¿En qué consiste? (s.f.)*. Consultado el 9 de enero de 2025.
- García, M., Rodríguez, L., & Pérez, A. (2020). *Evaluación de los riesgos auditivos en trabajadores de minas a cielo abierto en Colombia*. *Revista Salud y Trabajo*, 28(3), 45–53.
- Gamarra Castro, L. C., & Cahuide Romero Vázquez, M. (2024). Pérdida auditiva en personal de trabajo en empresas contratistas de mineras peruanas. Años 2018 y 2019. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 25(2), e405.  
<https://revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsyt/article/view/405>
- Gómez, E., Navas, D., Aponte, G., & Betancourt, L. (2014). *Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez Martínez, M., Jaramillo García, J. J., Ceballos, Y. L., Martínez Valencia, A., Velásquez Zapata, M. A., & Vásquez T, E. M. (2012). Ruido Industrial: Efectos en la salud de los trabajadores expuestos [Artículo de reflexión]. *CES Salud Pública*, 3(2), 174–183.  
Recuperado de CES Salud Pública

- González, Y. (2011). Evaluación de la percepción del riesgo en trabajadores de una empresa del sector de la construcción en Bogotá D.C. Facultad de enfermería. Maestría salud y seguridad en el trabajo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá
- Guo Xiacong, Davies Hugh W, Karim Ehsanul Mohammad, (2023) Intensity and duration of occupational noise exposure and cardiovascular disease in the United States: a nationally representative study, 2015 to 2020, <https://doi.org/10.1093/annweh/wxad065>
- Hernández Díaz, A., & González Méndez, B. M. (2008, septiembre). Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 53(208)
- Hernández Sánchez, H; Gutiérrez Carrera, M. Hipoacusia inducida por ruido: estado actual. *Rev Cub Med Mil*, Oct-Dic 2006. v.35 n.4.
- Huidobro, et ál. (2020). *Otorrinolaringología para médicos generales*. Departamento de Otorrinolaringología, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- ICONTEC. (2025). *NTC 9612:2025. Acústica — Determinación de la exposición ocupacional al ruido — Metodología*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. <https://www.icontec.org/>
- Ingeoexpert.<https://ingeoexpert.com/2019/01/18/la-mineria-subterranea-en-que-consiste/#:~:text=La%20miner%C3%ADa%20subterr%C3%A1nea%20consiste%20en,las%20acciones%20de%20la%20exploraci%C3%B3n.>
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. (2019). *Controls for noise exposure in mining*. National Institute for Occupational Safety and Health. <https://www.cdc.gov/niosh/mining/>
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2007). *Resolución 2346 de 2007: Por la cual se regula la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales y el manejo y contenido de los registros*

*de salud de los trabajadores.*

<https://www.ins.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCION%202346%20DE%202007.pdf>

Jaramillo Urrego, L. M. (2019). *Safety in small-scale underground coal mining in Colombia* [Tesis de maestría, Montanuniversität Leoben]. Montanuniversität Leoben. <https://pureadmin.unileoben.ac.at/ws/portalfiles/portal/4012401/AC15412409n01.pdf>

López, A., Fajardo, G. E., Rogelio, C., Mondragón, A., & RRobles, M. (2000). Hipoacusia por ruido: Un problema de salud y de conciencia pública. *Revista Facultad de Medicina*.

Lawson, S. M., Masterson, E. A., & Azman, A. S. (2019). Prevalence of hearing loss among noise-exposed workers within the mining and oil and gas extraction sectors, 2006–2015. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(10), 826–837. <https://doi.org/10.1002/ajim.23031>

Mayoclinic (2024, 20 de agosto). Cómo funciona el oído <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/hearing-loss/in-depth/ear-infections/art-20546801>

Martínez, J., & Peters, J. (2015). Contaminación Acústica y Ruido. *Ecologistas en Acción*, pág. 18

Masterson EA, Tak S, Themann CL. Prevalence of Hearing Loss in the United States by Industry. *American Journal Industrial Medicine*. 2013 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ajim.22082>

Milošević, I., Stojanović, A., Nikolić, Đ., Mihajlović, I., Brkić, A., Perišić, M., & Spasojević-Brkić, V. (2025). *Occupational health and safety performance in a changing mining environment: Identification of critical factors*. *Safety Science*, 184, 106745. <https://www->

sciencedirectcom.craiustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/pii/S0925753524003  
357

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). *Resolución 0627 de 2006 - Emisión de Ruido y Ruido Ambiental*. Recuperado de <https://www.anla.gov.co/eureka/index.php/normatividad/resoluciones/3546-resolucion-627-de-2006-emision-de-ruido-y-ruido-ambiental>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial, 49.528.

Ministerio de Salud de Colombia. (1983). *Resolución 8321 de 1983*. <https://www.minsalud.gov.co/>

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2006). *Guía de atención integral basada en la evidencia para hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en el lugar de trabajo (GATI-HNIR)*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/guia-atencion-integral-hipoacusia.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2007). *Resolución 2346 de 2007*. <https://www.minsalud.gov.co/>

Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Decreto 1886 de 2015*. Recuperado de <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30020042>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1979). *Resolución 2400 de 1979*. Recuperado de <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/2400%20-%201979.pdf>

- Ministerio del Trabajo. (2025). *Resolución 1843 de 2025 por medio del cual se regula la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales y se dictan otras disposiciones* (Resolución 1843). *Diario Oficial* No. 53 109 (6 mayo 2025). <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/1843.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (2024, 4 de junio). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Ed. 2024* [Libro]. Plataforma del Estado Peruano. Versión actualizada al 30/05/2024. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5631689-reglamento-de-seguridad-y-salud-ocupacional-en-mineria-ed-2024>
- Moldex. (s.f.). *MSHA Health Standards for Occupational Noise Exposure for Mining*. Recuperado de <https://www.moldex.com/resources/technical-briefs/msha-health-standards-for-occupational-noise-exposure-for-mining/>
- Morata, T. C., Themann, C. L., & Randolph, R. F. (s. f.). *Working in Noise with a Hearing Loss: Perceptions from Workers, Supervisors, and Hearing Conservation Program Managers*. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). OneMine. <https://onemine.org/documents/working-in-noise-with-a-hearing-loss-perceptions-from-workers-supervisors-and-hearing-conservation-program-managers>
- National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. (2023, 1 de mayo). *Tinnitus*. National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/tinnitus>
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2015). *Hierarchy of Controls*. Recuperado de <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/>

National Institute for Occupational Safety and Health. (2024, octubre 9). *Mining Noise-induced Hearing Loss*. Centers for Disease Control and Prevention. [https://www.cdc.gov/niosh/mining/topics/hearing-loss.html?utm\\_](https://www.cdc.gov/niosh/mining/topics/hearing-loss.html?utm_)

NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico (1992). Actualizado (27/09/2024) Recuperado el 06 de enero de 2025 <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/8-serie-ntp-numeros-261-a-295-ano-1992/ntp-287-hipoacusia-laboral-por-exposicion-a-ruido-evaluacion-clinica-y-diagnostico>

Navarro Torres, V. F. (2003). *Engenharia ambiental subterrânea e as suas aplicações a minas portuguesas e peruanas* [Tesis doctoral, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico]. Repositorio de la Universidade de Lisboa.

Nicola, M., & Ruani, A. (2000). *Evaluación de la exposición sonora y de su impacto sobre la salud y calidad de vida de la población residente en la zona oeste de la ciudad de Córdoba sobre los accesos principales a la zona central* (Tesis). Municipalidad de Córdoba, Dirección General del Ambiente; Observatorio Ambiental.

Ordóñez Guaycha, C. A., Carranco López, J. A., Bustos Pulluquitin, S. P., & Toalombo Vargas, V. M. (2023). *Estudio sobre la afectación del ruido en la minería, una revisión sistemática de las principales afectaciones que presenta para la salud de los trabajadores*. *Tesla Revista Científica*, 3(2), e251. <https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/tesla/article/view/251>

Organización Internacional del Trabajo. (2001). *Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo (ILO-OSH 2001)*. Recuperado de

<https://www.ilo.org/es/temas/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/sistemas-de-gestion-de-la-seguridad-y-la-salud-en-el-trabajo>

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2018). *Seguridad y salud en las minas a cielo abierto: Repertorio de recomendaciones prácticas* (2.<sup>a</sup> ed.). [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed\\_dialogue/@sector/documents/normativeinstrument/wcms\\_617125.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@sector/documents/normativeinstrument/wcms_617125.pdf)

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*.

Occupational Safety and Health Administration, (2022) OSHA Technical Manual (OTM)

Section III: Chapter 5 <https://www.osha.gov/otm/section-3-health-hazards/chapter-5#howwehear>. *Pérdida de audición inducida por el ruido* (s.f.). Consultado el 23 de enero de 2025. Nidcd. <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/perdida-de-audicion-inducida-por-el-ruido#1>

Organización Internacional del Trabajo. (1995). *Convenio sobre seguridad y salud en las minas, 1995* (núm. 176). [https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_ILO\\_CODE:C176](https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C176)

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Pérdida de audición inducida por ruido: hoja informativa*. <https://www.who.int>

PAHO, (2024). Organización Panamericana de la Salud. Recuperado el 26 de diciembre de 2024 <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55067>

Pereira Ramírez, A. P. (2022, diciembre 9). *El ruido laboral y su incidencia en los trabajadores de la mina Holding San Martín S.A.S. en el año 2022* [Trabajo de grado, Universidad

- Politécnico Grancolombiano]. Repositorio Alejandría.  
<https://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/6833>
- Pérez, Pedro F. (2014). Decibel. <http://www1.frm.utn.edu.ar/medidase2/>
- Pham NS (2017.) The management of pediatric hearing loss caused by auditory neuropathy spectrum disorder. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 25(5):396–399, doi: 10.1097/MOO.0000000000000390, recuperado el 9 de enero de 2025  
[https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornosotorrinolaringol%C3%B3gicos/hipoacusia/hipoacusia#Fisiopatolog%C3%ADa\\_v943878\\_es](https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornosotorrinolaringol%C3%B3gicos/hipoacusia/hipoacusia#Fisiopatolog%C3%ADa_v943878_es)
- Pimienta López, K., Millan Sarmiento, V., & López Juvinao, D. (2025). *Environmental Sustainability as a Key Practice in Minimizing the Impacts Caused by Salt Mining in La Guajira, Colombia*. *Sustainability*, 17(13), 6029. <https://doi.org/10.3390/su17136029>
- Pretzsch Anna , Seidler Andreas, Hegewald Janice, (2021) Health Effects of Occupational Noise  
[https://link.springer.com/article/10.1007/s40726-021-00194-4?utm\\_source](https://link.springer.com/article/10.1007/s40726-021-00194-4?utm_source)
- Rangel, S., Zea, D., (2019). Hipoacusia neurosensorial por exposición a ruido en el ambiente laboral: revisión sistemática, 2008-2018. Repositorio (2025, 21 de noviembre)  
<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/ea87a371-7c32-419d-b969-1a9829d4d768/content>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2017, 11 de junio). *¡Ssshhh... Es Día Mundial de la Descontaminación Acústica!*. Gob.mx.  
<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/ssshhh-es-dia-mundial-de-la-descontaminacion-acustica?idiom=es>
- Secretaría Distrital de Ambiente – Bogotá. (s.f.). Ruido ambiental: el ruido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del

sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas; ningún sonido en particular es predominante [Glosario]. Obtenido de la Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá.

Seguridad laboral, PrevenControl (2023), <https://prevencontrol.com/prevenblog/seguridad-laboral/>

Teixeira Liliane R, Pega Frank, Dzhambov Ángel M., Bortkiewicz Alicja, Correa da Silva Denise T., Andrade Carlos AF de, Gadzicka Elzbieta , Hadkhale Kishor , Iavicoli Sergio , . Martínez-Silveira Martha S , Pawlaczyk-Łuszczynska Małgorzata , Rondinone Bruna M , Siedlecka Jadwiga , Valenti Antonio , Gagliardi Diana, (2021, febrero) Efecto de la exposición laboral al ruido sobre la cardiopatía isquémica, el accidente cerebrovascular y la hipertensión: una revisión sistemática y un metaanálisis a partir de las estimaciones conjuntas de la OMS/OIT sobre la carga de morbilidad y lesiones relacionadas con el trabajo, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33612311/>

Téllez Salas Marco Alejandro, Suárez Ángel Diego, Yepes Cristancho Alejandra, (2015), mediciones de ruido ambiental y elaboración del plan de descontaminación por ruido en Villamaría, caldas, pág. 10

Torres Cueva, E. L., Flores Caamaño, G. I., Escobar Segovia, K. F., Ulloa, C. A., & Garcés León, D. G. (2018). *Determinación de la exposición al ruido en el puesto de trabajo de perforista en una mina subterránea en el distrito minero Zaruma-Portovelo. Carácter: Revista Científica de la Universidad del Pacífico*, 6(1).

UNIR. (2022, octubre 21). *¿Cómo se mide la productividad laboral y cómo mejorarla?* UNIR Revista. <https://www.unir.net/revista/empresa/productividad-laboral/>

Universidad Zaragoza, Unidad de Prevención de Riesgos Laborales, Ruido, Definiciones, (2024).

Uña, M., Martínez, E., & Betegón, A. (2000). Ruido. PROTOCOLOS DE VIGILANCIA SANITARIA ESPECÍFICA, pág. 62.

Zambrano, A. M. (2024). *Sistema de riesgos laborales: Trabajando por la seguridad de los mineros en Colombia*. Cámara de Riesgos Laborales – Fasecolda.  
<https://www.fasecolda.com>

Zhao Shiyu, Él Dongkui, Zhang Han Wei, Hou Hormiguelo, Yang Chengxin, Y Wending, He Ping (2021), Health study of 11,800 workers under occupational noise in Xinjiang  
[https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-021-10496-3?utm\\_sourc](https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-021-10496-3?utm_sourc)

Zhou Bin Zhang Jiaxiang (2024) Occupational epidemiological characteristics of noise-induced hearing loss and the impact of combined exposure to noise and dust on workers' hearing—a retrospective study [https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2024.1488065/full?utm\\_source](https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2024.1488065/full?utm_source)

## Apéndices

### **Apéndice A.** *Matriz de búsqueda*

Ver apéndice en archivos externos