



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA:

**PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR
EXPOSICIÓN A RUIDO LABORAL EN TRABAJADORES DE TALADROS DE
PERFORACIÓN DE HIDROCARBUROS**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Seguridad,
Salud e Higiene Industrial.

Autor (a)

Ing. Ruiz Garófalo Odalis Marlit

Tutor (a)

Ing. Salas Monteros José Mauricio;Mg.

AMBATO – ECUADOR

2026

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Ruiz Garófalo Odalis Marlit declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre **PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR EXPOSICIÓN A RUIDO LABORAL EN TRABAJADORES DE TALADROS DE PERFORACION DE HIDROCARBUROS**. Como requisito para optar al grado de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 22 días del mes de mayo de 2026, firmo conforme:

Autor: Ruiz Garófalo Odalis Marlit

Firma:

Número de Cédula: 2100946355

Dirección: Sucumbíos, Shushufindi.

Correo Electrónico: omrg18199@gmail.com

Teléfono: 0986504102

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del Trabajo de Titulación PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR EXPOSICIÓN A RUIDO LABORAL EN TRABAJADORES DE TALADROS DE PERFORACIÓN DE HIDROCARBUROS ECUADOR presentado por RUIZ GAROFALO ODALIS MARLIT para optar por el Título Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinadores que se designe.

Ambato, 22 de mayo del 2026

.....

Ing. Salas Monteros José Mauricio; Mg.

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR EXPOSICION A RUIDO LABORAL EN TRABAJADORES DE TALADROS DE PERFORACION DE HIDROCARBUROS son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 22 de mayo del 2026

.....

Ruiz Garófalo Odalis Marlit

2100946355

APROBACIÓN DE EXAMINADORES

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR EXPOSICION A RUIDO LABORAL EN TRABAJADORES DE TALADROS DE PERFORACIÓN DE HIDROCARBUROS previo a la obtención del Título de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 22 de mayo del 2026

.....

Ing. Lara Calle Andrés Rogelio, Mg.

EXAMINADOR

.....

Dr. D'pool Fernández César José, Mg.

EXAMINADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por haberme concedido el don de la vida y la salud, permitiéndome avanzar con firmeza en cada meta trazada a lo largo de mi camino.

A mis padres, cuyo amor, esfuerzo y apoyo incondicional han sido fundamentales para alcanzar este logro. A mi padre, quien con su constancia, sabiduría, paciencia y amor ha sido mi guía en cada paso, acompañándome siempre con su ejemplo y dedicación. Y a mi madre, por su entrega, sus sabios consejos y su incansable trabajo, que me han inspirado a seguir adelante y a comprender que todo esfuerzo, tarde o temprano, tiene su justa recompensa.

AGRADECIMIENTO

A la universidad Indoamérica que con su grupo de docentes me ha brindado los detalles necesarios para poder cumplir con el objetivo de posgrado, a mis Superiores laborales que me brindaron el apoyo necesario para poder cumplir con los objetivos establecidos en este proyecto.

Índice de Contenido

Portada	i
Autorización del repositorio digital	ii
Aprobación del tutor	iii
Declaración de autoría	iv
Aprobación de tribunal	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCION	1
CAPITULO II	5
INGENIERÍA DEL PROYECTO	5
2.1 Diagnóstico de la situación actual de la empresa	5
2.1.1 Identificación de la empresa	5
2.1.2 Diagnóstico de exposición al ruido	8
2.1.3 Evaluación del riesgo por exposición a ruido ocupacional en puestos de perforación petrolera	11
2.2 Modelo Operativo (esquematización)	12
CAPÍTULO III	16
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	16
3.1 Presentación de la propuesta final	16
3.1.1 Análisis de Ruido Ambiental – Locación SHS AG-51 (Rig SLR 402)	16
3.1.2 Introducción de la propuesta	20
Justificación	20

3.1.2 Componentes del programa	21
3.1.3 Resultados esperados de la futura implementación	17
3.1.4 Modelo Operativo del Programa de Conservación Auditiva	18
3.2 Plan de implementación	19
3.3 Cronograma de aplicación y análisis de costos (Curva S)	20
CAPÍTULO IV	26
EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	26
RESULTADOS	26
4.1 Proceso de ejecución.....	26
4.2 Justificación de la ejecución.....	27
4.3 Desarrollo y seguimiento	28
4.4 Implementación del programa de conservación auditiva (PCA)	31
4.5 Curva S comparativa planificado vs. Ejecutado	33
4.6 Interpretación de resultados	35
4.6.1 Caracterización de la muestra.....	35
4.6.2 Caracterización de la exposición por área y actividad	35
4.6.3 Resultados de mediciones en áreas críticas	38
4.6.4 Resultados de mediciones de ruido ambiental.....	40
4.6.5 Resultados de la encuesta al personal.....	43
4.6.6 Comparación de indicadores antes y después de la implementación del PCA.....	44
4.6.7 Análisis estadístico de los resultados antes y después de la intervención.....	47
CAPITULO V	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.2 Comparación con trabajos similares	53

5.3 Limitaciones del estudio	53
5.4 Implicaciones prácticas	54
Recomendaciones:.....	54
Referencias bibliográficas.....	55

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Evaluación de riesgos por exposición a ruido en puestos tipo de perforación petrolera mediante IPERC</i>	11
Tabla 2. <i>Resultados del monitoreo de ruido ambiental en locaciones de perforación del Rig SLR 402</i>	19
Tabla 3. <i>Componentes del programa de prevención de la hipoacusia inducida por ruido laboral</i>	22
Tabla 4. <i>Plan de mantenimiento preventivo para reducción de ruido en taladros y equipos auxiliares</i>	23
Tabla 5. <i>Ficha operativa 1</i>	26
Tabla 6. <i>Ficha operativa 2</i>	27
Tabla 7. <i>Ficha operativa 3</i>	28
Tabla 8. <i>Ficha operativa 4</i>	29
Tabla 9. <i>Ficha operativa 5</i>	30
Tabla 10. <i>Procedimiento de Instalación de barreras acústicas</i>	31
Tabla 11. <i>Procedimiento de aplicación de sistema de señalización</i>	34
Tabla 12. <i>Control de rotación de personal</i>	36
Tabla 13. <i>Procedimiento de adquisición, entrega y control de uso de equipos de protección auditiva</i>	39
Tabla 14. <i>Criterios de selección de tapones auditivos para el Programa de Prevención de Hipoacusia</i>	16
Tabla 15. <i>Plan de capacitación para la prevención de hipoacusia inducida por ruido laboral</i>	17
Tabla 16. <i>Entrenamiento práctico en uso y cuidado de protectores auditivos</i> ...	16
Tabla 17. <i>Cronograma en formato Gantt</i>	20
Tabla 18. <i>Cronograma de aplicación del programa de control de ruido</i>	20

Tabla 19. <i>Análisis financiero</i>	21
Tabla 20. <i>Comparativo económico</i>	25
Tabla 21. <i>Indicadores, fórmulas, metas y frecuencia de control</i>	30
Tabla 22. <i>Indicadores y metas</i>	31
Tabla 23. <i>Comparativa de presupuesto ejecutado vs planificado</i>	33
Tabla 24 <i>Monitoreo interno</i>	38
Tabla 25 <i>Mediciones ambientales</i>	40
Tabla 26. <i>Procedimiento de obtención y cálculo de los indicadores de exposición a ruido laboral</i>	41
Tabla 27 <i>Comparativo antes y después.</i>	44
Tabla 28 <i>Comparativa antes–después del programa de conservación auditiva</i>	45
Tabla 29 <i>T Student</i>	47
Tabla 30. <i>Correlación de Pearson</i>	48
Tabla 31. <i>Comparación de indicadores de exposición a ruido antes y después de la implementación del programa de prevención</i>	49
Tabla 32. <i>Síntesis conclusiva de resultados de la medición de ruido ocupacional y su relación con la normativa ecuatoriana</i>	50

Índice de Imágenes

Imagen 1. Área de estudio	5
Imagen 2. Estructura organizacional General.....	6
Imagen 4. Barreras acústicas portátiles.....	33
Imagen 5. Señalética acústica por niveles de ruido	36
Imagen 6. Tapones de doble protección	41
Imagen 7. Modelo Operativo	19

Índice de gráficos

Gráfico 1. Modelo Operativo.....	13
Gráfico 2. <i>Curva S</i>	23
Gráfico 3. <i>Riesgos identificados</i>	36
Gráfico 4. Niveles de riesgo identificados.....	37
Gráfico 5. <i>Niveles de presión sonora</i>	39
Gráfico 6. Mapa de isofonías de la locación de perforación.....	39
Gráfico 7. <i>Resultados de la encuesta</i>	43

Índice de Anexos

Anexo A. <i>Matriz de criterios de selección de tapones auditivos</i>	58
Anexo B. <i>Plan de capacitación trimestral para la prevención de hipoacusia</i> ..	59
Anexo C. <i>Ficha de entrenamiento práctico en uso y cuidado de protectores auditivos</i>	61
Anexo D. <i>Cronograma Gantt de implementación (12 semanas)</i>	62
Anexo E. <i>Cronograma de aplicación y análisis financiero del programa</i>	63
Anexo F. <i>Matriz RACI de responsables del PCA</i>	64
Anexo G. <i>Tablero de indicadores clave de desempeño (KPI)</i>	65
Anexo H. <i>Procedimiento técnico de obtención de indicadores de exposición</i> ...	66

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA: PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR EXPOSICIÓN A RUIDO LABORAL EN TRABAJADORES DE TALADROS DE PERFORACION DE HIDROCARBUROS.

AUTOR (A): Ing. Ruiz Garófalo Odalis Marlit

TUTOR (A): Ing. Salas Monteros José Mauricio; Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo Programa de Prevención de la Hipoacusia Inducida por la Exposición al Ruido Laboral en Operadores de Taladros de Perforación de Hidrocarburos fue implementado en el cantón Shushufindi de la provincia de Sucumbíos, como un esfuerzo por detectar y prevenir los problemas de hipoacusia en trabajadores expuestos a alta presión sonora en los procesos de perforación. La metodología instalada contempla la evaluación de riesgos utilizando matriz IPERC, las mediciones de presión sonora, en las áreas de operaciones y encuestas para detectar síntomas de hipoacusia y del uso de equipos de protección personal. El diagnóstico que fue ejecutado en el presente estudio da lugar a niveles de ruido superiores a 85 dBA, en zonas críticas, hasta 93 dBA, en generadores y 89 dBA, en la boca de pozo; además identificamos el 52% de adherencia al uso de protectores auditivos y un 38% de una muestra auditiva con presencia de síntomas auditivos en ellos.

Frente a estos resultados se planteó un Programa de Conservación Auditiva, basado en la metodología PHVA que considera controles de ingeniería, control de medidas administrativas, el uso obligatorio de EPP, capacitación y vigilancia audiométrica. La implementación de este programa para conservar y proteger la audición del trabajador expuesto nos permitió evidenciar disminución del ruido en zonas críticas de hasta 72 dBA, aumento en la adherencia a los equipos de protección personal hasta un 91% y disminución de los síntomas auditivos al 14% y atestiguó la efectividad del programa en la salud auditiva de este colectivo laboral expuesto.

DESCRIPTORES:

Exposición al ruido, hipoacusia inducida, industria hidrocarburífera, pérdida auditiva.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

MASTER'S DEGREE IN SECURITY, HEALTH AND INDUSTRIAL HYGIENE

AUTHOR: RUIZ GAROFALO ODALIS MARLIT

TUTOR: MG. SALAS MONTEROS JOSE MAURICIO

THEME

**PREVENTION PROGRAM FOR NOISE-INDUCED HEARING LOSS IN HYDROCARBON
DRILLING OPERATORS**

ABSTRACT

The current research work focuses on the Prevention Program for Noise-Induced Hearing Loss in Hydrocarbon Drilling Operators in the Shushufindi town, Sucumbíos province. Its purpose is to identify and prevent hearing loss issues among workers who are exposed to high noise levels during drilling operations. The research methodology included risk assessment using the IPERC matrix, sound pressure measurements in operational areas, and surveys to detect symptoms of hearing loss and the use of personal protective equipment (PPE). The diagnosis carried out in this study revealed noise levels exceeding 85 dBA in critical zones, reaching up to 93 dBA near generators and 89 dBA at the wellhead. Additionally, 52% of workers used hearing protectors, while 38% of the auditory sample exhibited symptoms of hearing loss. In response to these findings, a Hearing Conservation Program was developed based on the PDCA (Plan-Do-Check-Act) methodology, incorporating engineering controls, administrative measures, mandatory PPE use, training, and audiometric monitoring. The program's implementation resulted in reducing noise levels in critical zones to as low as 72 dBA, boosting the use of personal protective equipment to 91%, and lowering the incidence of hearing symptoms to 14%, thereby validating its effectiveness in safeguarding the hearing health of the exposed workers.

KEYWORDS: hearing loss, hydrocarbon industry, noise exposure, noise-induced hearing loss.



CAPÍTULO I

INTRODUCCION

La hipoacusia inducida por ruido laboral, también conocida como pérdida auditiva ocupacional, constituye un problema relevante de salud en los trabajadores de perforación de hidrocarburos y no debe considerarse un riesgo secundario. La pérdida auditiva, ya sea unilateral o bilateral, parcial o total, causada por la exposición prolongada a elevados niveles de ruido provenientes de maquinaria pesada como generadores, se desarrolla de manera acumulativa y progresiva a lo largo del tiempo.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, más de 1.500 millones de personas a nivel mundial presentan algún grado de pérdida auditiva, de las cuales aproximadamente 430 millones padecen trastornos auditivos de gravedad moderada en el oído con mejor audición (Organización Mundial de la Salud, 2025).

La contaminación acústica en la industria del petróleo y gas representa un riesgo significativo para la salud ocupacional, especialmente en lo relacionado con la capacidad auditiva de los trabajadores. En entornos industriales como plataformas marinas, refinerías y zonas de extracción, el ruido generado por equipos como compresores, bombas, turbinas y taladros de perforación supera de forma recurrente los 100 decibeles.

La falta de una gestión adecuada de la exposición al ruido puede provocar daños auditivos irreversibles a largo plazo. La Organización Mundial de la Salud advierte que la exposición continua a niveles sonoros superiores a 85 decibeles resulta perjudicial para el sistema auditivo interno (Organización Mundial de la Salud, 2025; Lee, 2024).

Un estudio desarrollado por el National Institute for Occupational Safety and Health evidenció que la prevalencia de pérdida auditiva en trabajadores del sector de extracción de petróleo y gas alcanzó el 14 %, cifra ligeramente inferior al promedio del 16 % registrado en el conjunto de las industrias. No obstante, determinados subsectores presentaron porcentajes superiores, lo que confirma la existencia de un riesgo considerable para la salud auditiva de los trabajadores de esta actividad económica (Masterson et al., 2019).

En el contexto latinoamericano, la hipoacusia inducida por ruido en la industria petrolera ha sido documentada en diversas investigaciones. Un estudio cualitativo realizado en Perú reportó que el 12,7 % de las enfermedades laborales tienen origen acústico, predominando la hipoacusia y la enfermedad de Raynaud. De manera similar, en Colombia se determinó que, durante un período de dos años, el 2,07 % de los trabajadores presentó enfermedades laborales asociadas a riesgos físicos, con énfasis en el sector de la construcción (Vinuela, 2022).

En Ecuador, se estima que alrededor del 30 % de los trabajadores se encuentra expuesto a niveles de ruido superiores a 85 decibeles ponderados A (Paz, 2020). Asimismo, se ha señalado que aproximadamente el 9 % de los trabajadores expuestos de forma continua a este nivel de ruido podrían desarrollar sordera tras 35 años de exposición; sin embargo, un incremento de tan solo 5 decibeles elevaría esta cifra hasta el 20 % (Flores, 2018).

En el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos, específicamente en las áreas de perforación de hidrocarburos, los taladros de perforación emplean maquinaria que supera los 85 decibeles de ruido, lo que evidencia una exposición auditiva considerablemente peligrosa. En estas áreas laboran aproximadamente 75 trabajadores, cuyas jornadas alcanzan las 12 horas diarias, incluyendo períodos de descanso y alimentación. No obstante, la prolongada duración de la jornada laboral y la exposición continua a elevados niveles de presión sonora han contribuido a la aparición de problemas auditivos en el personal expuesto.

Justificación

El desarrollo de un programa de prevención de hipoacusia inducida por exposición a ruido laboral es **importante** porque aborda una problemática crítica dentro del entorno petrolero, donde los niveles sonoros asociados a las operaciones de perforación superan con frecuencia los límites permisibles. Preservar la salud auditiva de los trabajadores no solo contribuye a proteger su bienestar físico, sino que garantiza la continuidad operativa y reduce el riesgo de errores asociados a la pérdida de la percepción auditiva en campo.

El **impacto** del programa radica en su capacidad para disminuir la incidencia de hipoacusia ocupacional mediante la identificación temprana de riesgos, la implementación de medidas de control y la mejora del cumplimiento normativo. Desde el punto de vista técnico, la propuesta se alinea con la legislación vigente en seguridad y salud ocupacional, que exige gestionar agentes físicos como el ruido mediante monitoreo, ingeniería de control y protección personal.

La **utilidad** del programa se evidencia en el fortalecimiento de los procesos de capacitación y concientización interna, promoviendo conductas preventivas como el uso adecuado de protectores auditivos y la identificación precoz de síntomas de afectación auditiva. Esto permitirá reducir la demanda de atención médica generada por patologías auditivas, mejorar el desempeño del personal y consolidar una cultura preventiva en las operaciones de perforación de hidrocarburos.

La **factibilidad** de la propuesta se sustenta en el compromiso institucional de la empresa Schlumberger (SLB) por mejorar las condiciones laborales y cumplir estándares internacionales de salud ocupacional. La disponibilidad de recursos económicos y el respaldo de la gerencia permiten implementar estrategias de mejora continua que facilitan la ejecución del programa y su integración en los procesos corporativos.

Los **beneficiarios** directos serán los trabajadores de las plataformas de perforación, especialmente aquellos que operan maquinaria pesada y permanecen en zonas de alta exposición sonora. De manera indirecta, también se beneficiarán sus familias, las empresas contratantes y el sistema de salud, al reducirse los costos asociados al tratamiento de una discapacidad prevenible como la hipoacusia ocupacional.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un programa de prevención de la hipoacusia inducida por exposición a ruido laboral en los trabajadores de taladros de perforación de hidrocarburos, en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos, Ecuador.

Objetivos específicos:

Evaluar el nivel de exposición al ruido en el personal de los taladros de perforación de hidrocarburos.

Identificar las zonas con mayor riesgo de generar hipoacusia, mediante el análisis de los puestos de trabajo.

Desarrollar medidas preventivas, y mejoras técnicas en los equipos y procesos que generan altos niveles sonoros, con el fin de reducir la exposición del personal.

Evaluar el impacto de acogida del programa de prevención y control de exposición al ruido por parte de los trabajadores.

CAPITULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

2.1 Diagnóstico de la situación actual de la empresa

2.1.1 Identificación de la empresa

La empresa objeto de estudio es SLB Industrial Ecuador, operadora de plataformas de perforación de hidrocarburos en la región amazónica, específicamente en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos. Su actividad principal es la perforación de pozos petroleros, bajo estándares internacionales de seguridad, eficiencia energética y sostenibilidad ambiental.

La empresa opera bajo un modelo de gestión integrado que articula procesos técnicos, administrativos y de seguridad industrial, con énfasis en la protección de la salud ocupacional de sus trabajadores.

En la imagen 1 se presenta el área de estudio. La investigación se desarrolló en la locación SHS W-88, operada por SLB Industrial Ecuador, ubicada en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos, a las coordenadas UTM 18M



Imagen 1. Área de estudio

Área de estudio Ruiz Odalis (2025)

En la Imagen 2 se presenta la estructura organizacional general de la empresa, evidenciando la relación jerárquica entre los órganos de gobierno, las gerencias estratégicas y los niveles operativos responsables de la implementación del Programa de Conservación Auditiva en los taladros de perforación.

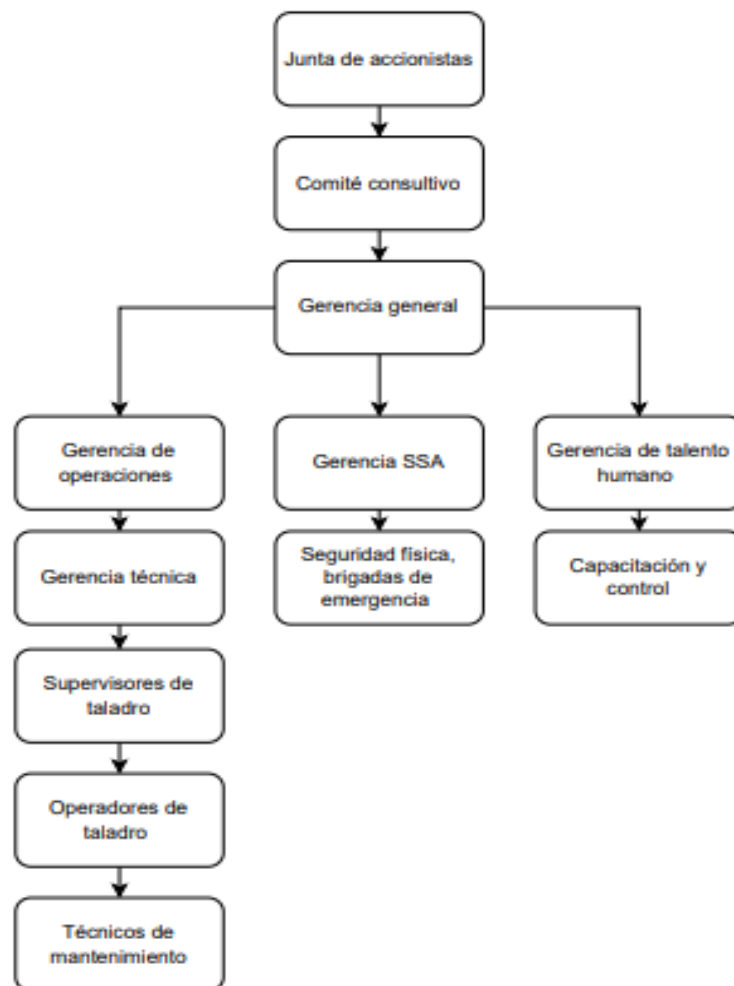


Imagen 2. Estructura organizacional General

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025)

La empresa presenta una estructura organizativa jerárquica y funcional, orientada a la operación de taladros de perforación de hidrocarburos en el cantón Shushufíndi. Según los organigramas revisados, se identifican tres niveles clave:

Nivel estratégico: Compuesto por la Junta de Accionistas, Comité Consultivo y Gerencia General, responsables de la toma de decisiones corporativas y políticas de seguridad industrial.

Nivel táctico: Incluye gerencias operativas, legales, financieras y de talento humano, encargadas de coordinar los procesos de perforación, mantenimiento, logística y salud ocupacional.

Nivel operativo: Integrado por supervisores, técnicos, operadores de taladro, personal de mantenimiento y seguridad física, quienes ejecutan directamente las actividades en campo.

Áreas de trabajo en la plataforma de perforación

La plataforma SHS W-88 está dividida en zonas funcionales, cada una con características acústicas distintas:

Zona de generadores:

Ubicada en el perímetro de la torre, alberga motores diésel de alta potencia (Caterpillar, Cummins) que operan de forma continua.

Boca de pozo:

Área central de perforación donde se ubican los taladros rotativos, bombas de lodo, sistemas de rotación y cabezales hidráulicos.

Sala de bombas:

Espacio cerrado con compresores, sistemas de presión y válvulas de control, con alta concentración de ruido mecánico.

Campamento y comedor:

Áreas de descanso y alimentación, con niveles de ruido significativamente menores, utilizadas para pausas auditivas.

Descripción de los puestos de trabajo en perforación

Puestos de trabajo en operaciones de perforación

Operador de taladro

Maneja el sistema de perforación y controla el cabezal rotatorio.

Supervisa el avance de la perforación y realiza ajustes técnicos.

Requiere conocimiento técnico especializado y experiencia operativa.

Ayudante de perforación

Apoya en maniobras de carga y descarga de tuberías.

Realiza limpieza de lodo y mantenimiento básico del equipo.

Opera bajo supervisión directa y tiene alta movilidad en el área de trabajo.

Técnico de mantenimiento

Ejecuta reparaciones de motores, bombas, compresores y sistemas hidráulicos.

Realiza inspecciones preventivas y correctivas.

Trabaja en coordinación con el equipo de perforación y seguridad industrial.

Supervisor de turno

Coordina las actividades operativas y verifica el cumplimiento de protocolos.

Realiza reportes técnicos y controla el rendimiento del equipo humano.

Tiene acceso a todas las áreas operativas y toma decisiones en tiempo real.

Personal de seguridad física

Controla accesos, vigila el perímetro y verifica el cumplimiento de normas.

Actúa como enlace entre el equipo operativo y el área de gestión de riesgos.

Su labor se desarrolla principalmente en zonas externas o de menor actividad técnica.

2.1.2 Diagnóstico de exposición al ruido

En el marco de sus operaciones, se identificó que los trabajadores están expuestos a niveles de ruido ocupacional elevados, generados principalmente por equipos de perforación, sistemas de bombeo, compresores, generadores eléctricos y maquinaria auxiliar. Estos niveles superan los 85 dB(A) establecidos como valor límite de acción en la normativa ecuatoriana (Norma Técnica de Seguridad e Higiene del Trabajo, 2017) y en la Directiva Europea 2003/10/CE (RD 286/2006)

El procedimiento de diagnóstico se basó en la ISO 9612:2009, que establece la metodología para determinar la exposición diaria equivalente al ruido laboral (LAeq, d).

Se aplicaron mediciones en las áreas críticas de trabajo y se realizaron encuestas a los operarios para identificar síntomas auditivos y percepción de riesgo. En la evaluación se tuvo en cuenta además la incertidumbre de la medición descrita en la NTP 950 del INSST, con el fin de garantizar la fiabilidad de los resultados

2.1.3 Evaluación del riesgo por exposición a ruido ocupacional en puestos de perforación petrolera

la evaluación de riesgos por exposición a ruido laboral en los principales puestos tipo de la plataforma de perforación petrolera, obtenida a partir de la aplicación de la matriz IPERC. En esta tabla se agrupan los cargos con funciones similares, lo que permite analizar de manera representativa las condiciones reales de trabajo y los niveles de exposición al ruido.

Los resultados muestran que el operador de taladro es el puesto con mayor nivel de riesgo, alcanzando un valor crítico debido a la exposición continua a maquinaria rotativa y generadores, lo que puede generar daños auditivos irreversibles.

En contraste, los puestos de técnico de mantenimiento y ayudante de perforación presentan niveles de riesgo medio, asociados a exposiciones intermitentes o indirectas, lo que evidencia la necesidad de implementar medidas preventivas diferenciadas según el puesto de trabajo.

La evaluación de riesgos debido a la exposición a ruido en los puestos de trabajo tipo perforación petrolera, se realizó a través de la metodología IPERC, la cual es ampliamente utilizada en sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. Esta metodología permite descubrir los peligros presentes en las actividades laborales, establecer el nivel de riesgo existente y determinar las medidas de control adecuadas para poder reducir los daños a la salud de los trabajadores. En el presente estudio, se contemplaron variables tales como: tipo de puesto, actividades realizadas, fuentes de ruido localizadas en el entorno de trabajo, resultados de una exposición prolongada a ruido. El nivel de riesgo (NR) se estableció mediante la matriz combinación de probabilidad de ocurrencia x severidad del daño, y posteriormente se clasificó en niveles alto, medio o bajo, es decir, crítico en función de la exposición sonora a la que estaba sujeta cada puesto de trabajo tal como se esquematiza en la tabla 1.

Tabla 1. *Evaluación de riesgos por exposición a ruido en puestos tipo de perforación petrolera mediante IPERC*

Puesto tipo	Cargos incluidos	Actividades principales	Fuente de ruido	Nivel de riesgo	NR	Consecuencias	Controles existentes	Medidas propuestas
-------------	------------------	-------------------------	-----------------	-----------------	----	---------------	----------------------	--------------------

Operador de taladro	Cuñeros, encuelladores, perforadores	Operación del cabezal rotatorio y sistema de perforación	Maquinaria rotativa, generadores	Alto	9	Daño auditivo irreversible, hipoacusia inducida por ruido	Protectores auditivos, mantenimiento preventivo	Aislamiento acústico, monitoreo sonoro continuo, rotación de tareas
Técnico de mantenimiento	Mecánicos y eléctricos	Mantenimiento de equipos y sistemas	Generadores y equipos auxiliares	Medio	6	Fatiga auditiva y deterioro progresivo	Uso ocasional de protección auditiva	Encapsulado de equipos, control del tiempo de exposición
Ayudante de perforación	Personal de apoyo	Apoyo operativo en área de perforación	Ruido ambiental del rig	Medio	5	Molestias auditivas y estrés ocupacional	Protección auditiva básica	Capacitación en uso de EPP y pausas operativas

- Evaluación de ruido ambiental en locaciones de perforación petrolera

La evaluación del ruido ambiental se realizó con el objetivo de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de presión sonora en el entorno de las áreas de perforación, considerando su influencia en zonas cercanas a viviendas y espacios de uso comunitario.

El monitoreo se efectuó en las locaciones SHS AG-51 y SHS AG-176 durante las operaciones del Rig SLR 402, aplicando el procedimiento SEAO-P10 conforme al Acuerdo Ministerial 097-A y la norma ISO 1996-1/2, mediante el método de medición Leq de 15 segundos en periodos diurno y nocturno.

2.2 Modelo Operativo (esquematización)

En el **Gráfico 1** de esta investigación se ilustra en forma esquemática el modelo operativo del programa de prevención de la hipoacusia inducida por ruido laboral en trabajadores de taladradoras de perforación de hidrocarburos. Dicho modelo basado en la jerarquía de controles de riesgo aplicado en la sierra y salud ocupacional, tal y cómo está establecida en la legislación nacional ecuatoriana, se estructura en cinco ejes de intervención que permiten una atención del riesgo auditivo integral.

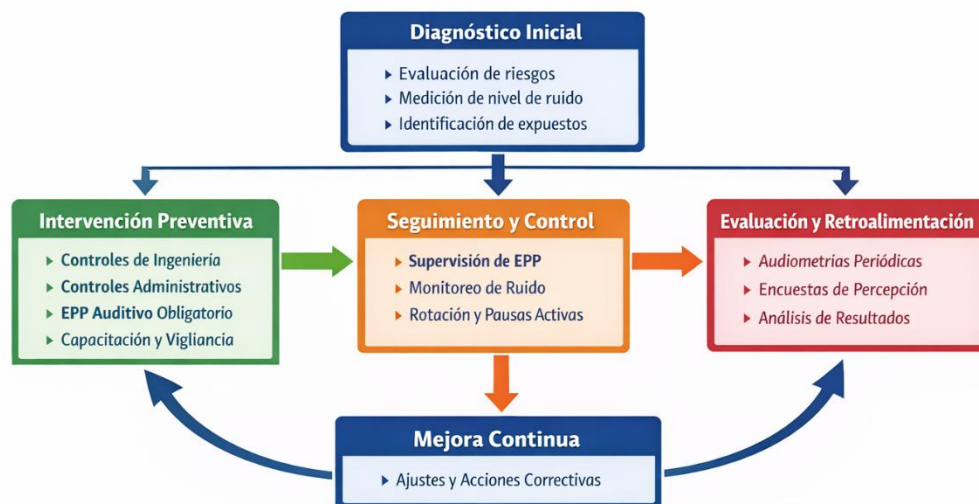


Gráfico 1. Modelo Operativo

Controles de ingeniería

Los controles de ingeniería están destinados a disminuir los niveles de presión sonora provenientes de las fuentes de ruido o del medio laboral dentro de los taladros de perforación de hidrocarburos. Estas acciones comprenden el mantenimiento preventivo y correctivo de generadores y de motores rotativos; la instalación de pantallas acústicas; el encapsulamiento parcial de equipos; y la adaptación del diseño de las áreas de operación (Flores, 2018; Batueva, 2025).

Las medidas se establecen a partir de mediciones del ruido que están por encima de 85 decibeles y del tiempo de exposición a lo largo de la jornada laboral, de acuerdo no sólo con los niveles de ruido que se consideran tolerables, sino que, además, con el análisis de la jornada laboral conforme a lo que dicen el Decreto Ejecutivo 2393 y el Acuerdo Ministerial 097-A, buscando primero la aplicabilidad de soluciones posibles (técnicamente viables), de modo que el proceso de perforación no sufra en su continuidad.

Controles administrativos

Los controles administrativos se centran en gestionar la exposición al ruido mediante la organización del trabajo en las zonas de operación de perforación. Se tienen en cuenta como acciones principales, por ejemplo, la rotación del personal en aquellos

puestos categorizados como de riesgo alto y crítico, la planificación de pausas activas, y la limitación de la permanencia en zonas de alta presión sonora (NIOSH, 1998; OIT, 2021).

Estas medidas se aplican teniendo en cuenta la duración de las jornadas laborales, los turnos de operación, que forman parte de la operación de perforación de hidrocarburos, y la criticidad de cada puesto, donde el objetivo es reducir la dosis diaria de ruido contentida por los trabajadores y reforzar el cumplimiento del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Equipos de protección personal

La dotación y el uso de los equipos de protección personal respecto de la protección auditiva se constituyen como un eje central del modelo. Se establece la entrega obligatoria de protectores auditivos seleccionados de acuerdo al nivel de atenuación necesaria en las áreas de perforación, garantizando su compatibilidad con el resto de equipos de protección y su comodidad en largas jornadas (Masterson et al., 2019; Su, 2025).

También se definen procedimientos que contemplen el control de uso, mantenimiento y sustitución de estos equipos, de acuerdo a lo que establece el Decreto Ejecutivo 2393 como la normativa técnica nacional en esta materia relacionada con equipos de protección personal para el sector de hidrocarburos.

Capacitación y cultura preventiva.

La capacitación y el fortalecimiento de la cultura preventiva van orientadas a aumentar el nivel de conocimiento y el compromiso en la organización de los trabajadores de perforación ante los riesgos asociados al ruido laboral. Dicho eje tiene como finalidad la ejecución de capacitaciones periódicas en el tema de los efectos ambientales y del ruido en la salud auditiva, así como la del uso correcto de los equipos de protección, así como la del cumplimiento de las medidas preventivas.

Se busca con estas acciones promover por un lado ciertas conductas seguras, reforzar la función de co-responsabilidad y fomentar la participación de las personas en la prevención de la hipoacusia inducida por ruido en el entorno de los taladros de perforación de petróleo y gas, tal como se detalla en el **Anexo B**, el programa incorpora

un plan de capacitación trimestral orientado a fortalecer la prevención de la hipoacusia inducida por ruido laboral.

Vigilancia y seguimiento

La vigilancia y el seguimiento permiten evaluar de manera continua la eficacia del programa de prevención, para ello se realizan audiometrías ocupacionales de ingreso y controles periódicos al personal expuesto, complementándose con mediciones sistemáticas de ruido ocupacional y ambiental en las áreas de perforación, especialmente antes y después de modificaciones en los procesos operativos, mantenimiento mayor o incorporación de nueva maquinaria; este procedimiento se ejecuta mediante sonómetros calibrados y registros técnicos que permiten comparar los niveles de presión sonora con los límites permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana vigente.

Los resultados obtenidos durante el seguimiento permitieron identificar de forma temprana alteraciones auditivas leves en trabajadores con mayor tiempo de exposición, así como detectar variaciones de ruido superiores a 85 dB(A) en zonas críticas como sala de bombas y área de generadores; a partir de estos hallazgos se aplicaron medidas correctivas relacionadas con la rotación de personal, reforzamiento del uso de protectores auditivos y ajustes en el mantenimiento de equipos, logrando posteriormente una reducción de los niveles de exposición y una mejora en los indicadores de cumplimiento del programa de conservación auditiva.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

3.1 Presentación de la propuesta final

PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LA HIPOACUSIA INDUCIDA POR EXPOSICIÓN A RUIDO LABORAL

La presente investigación plantea como propuesta la creación de un Programa de Prevención de la Hipoacusia Inducida por Exposición a Ruido Laboral, dirigido específicamente a los trabajadores que operan en los taladros de perforación de hidrocarburos en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos, Ecuador.

La pertinencia de esta propuesta se fundamenta en la evidencia obtenida durante la fase diagnóstica, en la cual se identificó ausencia de un sistema efectivo de monitoreo, control y mitigación del ruido ocupacional en zonas críticas como el Piso de Control de Rotación (PCR), sala de bombas y área de generadores, lo que podría derivar en pérdida auditiva, estrés laboral y disminución del rendimiento operativo.

Esto ocasiona niveles de presión sonora que superan los límites permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) y la normativa ecuatoriana vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo (Ministerio de Trabajo, 2017). Dichos hallazgos justifican la necesidad de una intervención preventiva sistemática que reduzca los riesgos de hipoacusia ocupacional y garantice la preservación de la salud auditiva de los trabajadores expuestos.

Asimismo, la propuesta incorpora medidas preventivas de carácter técnico, tales como el suministro de protección auditiva de doble barrera (tapones más orejeros), el fortalecimiento de los planes de mantenimiento preventivo de la maquinaria de perforación y la implementación de barreras físicas de aislamiento acústico en áreas críticas.

3.1.1 Análisis de Ruido Ambiental – Locación SHS AG-51 (Rig SLR 402)

Contexto del Monitoreo

El estudio se realizó el 13 de agosto de 2025 en la locación SHS AG-51, durante las operaciones continuas del Rig SLR 402. Se aplicó el procedimiento SEAO-P10, basado en el Acuerdo Ministerial 097-A y la norma ISO 1996-1/2, utilizando el método de 15 segundos (Leq 15s) en cinco mediciones por periodo.

Objetivo

Determinar los niveles de presión sonora corregidos (L_Keq) en los alrededores del rig, verificando el cumplimiento de los límites establecidos para suelo industrial ID3/ID4:

Diurno: 70 dB(A)

Nocturno: 65 dB(A)

Punto de Medición

Ubicación: Punto P1, vía pública al noreste de la locación, cercano a viviendas (PCA).

Coordenadas UTM: 18M X: 318649 / Y: 9986002

Distancia a la fuente: 160 m

Equipos activos

Para el desarrollo del monitoreo ambiental se identificaron como principales fuentes emisoras de ruido los generadores G-300 Caterpillar y el generador de campamento Cummins, los cuales operan de manera continua durante las actividades de perforación; ambos equipos constituyen las fuentes predominantes de presión sonora dentro de la locación, debido a su régimen permanente de funcionamiento de 24 horas durante los 7 días de operación, generando emisiones acústicas constantes que influyen directamente en los niveles de ruido ambiental registrados en las áreas cercanas al punto de medición.

Condiciones operativas de los generadores

El funcionamiento continuo de los generadores permite mantener los sistemas eléctricos y operativos del Rig SLR 402; durante el monitoreo se verificó que los equipos trabajaban bajo condiciones normales de carga y estabilidad mecánica, con una altura aproximada de emisión de 1.5 metros respecto al nivel del suelo, aspecto que fue

considerado para la ubicación técnica del sonómetro y para la interpretación de los niveles de presión sonora corregidos obtenidos en cada periodo de evaluación.

Características acústicas del entorno

El ruido registrado durante el monitoreo presentó comportamiento continuo y estable, sin presencia significativa de impulsos ni predominancia de bajas frecuencias, condición que permitió aplicar el método Leq de 15 segundos conforme a la normativa ISO 1996-1/2; asimismo, el ruido residual medido con la fuente apagada alcanzó 48 dB(A), resultado que confirmó que los generadores constituyen la principal fuente emisora evaluada y que no existieron otras fuentes fijas externas con incidencia representativa sobre el entorno acústico de la locación.

Condiciones ambientales del monitoreo

Las mediciones fueron desarrolladas bajo condiciones ambientales controladas, registrándose temperatura, humedad relativa y velocidad del viento tanto en horario diurno como nocturno; estos parámetros permitieron garantizar la confiabilidad técnica de los resultados obtenidos y verificar que las condiciones meteorológicas no alteraran significativamente la propagación del ruido durante el proceso de evaluación ambiental.

Caracterización de la fuente emisora

Equipos activos:

Generador G-300 (Caterpillar, serie 9RZ02036)

Generador Campamento (Cummins, serie 74613340)

Régimen de operación: 24 horas / 7 días

Aunque la evaluación ambiental del ruido (como la realizada en la locación SHS AG-176) no está directamente vinculada a la exposición ocupacional, cumple una función preventiva en el entorno comunitario y en la delimitación de zonas de seguridad.

Esta medición verifica que los niveles de presión sonora corregidos (L_{Keq}) no excedan los límites establecidos para suelo industrial, evitando conflictos con poblaciones cercanas y asegurando que el ruido no se propague más allá del área operativa.

En el caso de la locación SHS AG-51, los resultados obtenidos (60 dBA diurno y 59 dBA nocturno) también se encuentran dentro de los márgenes normativos, pero presentan una particularidad técnica relevante: el punto de medición se ubica en una zona con mayor sensibilidad acústica, cercana a viviendas.

Esto implica que, aunque el ruido no supera los límites legales, su presencia continua puede generar molestias perceptibles en la comunidad, especialmente durante horarios de descanso. La diferencia entre el ruido residual (48 dBA) y el ruido operativo confirma que la fuente emisora tiene un impacto real en el entorno, lo que refuerza la necesidad de mantener un monitoreo constante y considerar medidas de mitigación acústica en futuras fases operativas.

Los resultados obtenidos evidencian que los niveles de presión sonora corregidos se mantienen por debajo de los límites establecidos para suelo industrial ID3 e ID4. Como se muestra en la Tabla 3, tanto en la locación SHS AG-51 como en la SHS AG-176 se cumple con la normativa ambiental vigente, sin registrarse excedencias en ninguno de los periodos evaluados.

No obstante, en el caso de la locación SHS AG-51, la cercanía del punto de medición a viviendas resalta la importancia de mantener un monitoreo continuo, ya que, aunque los valores se encuentran dentro de los márgenes permitidos, la exposición prolongada al ruido puede generar molestias en la población aledaña y requerir la aplicación de medidas preventivas de mitigación acústica.

En la Tabla 2 se presentan los resultados consolidados del monitoreo de ruido ambiental realizado el 13 de agosto de 2025 en las locaciones SHS AG-51 y SHS AG-176, incluyendo el periodo de medición, el punto de evaluación, la distancia a la fuente, el nivel corregido LK_{eq} dB(A).

Tabla 2. *Resultados del monitoreo de ruido ambiental en locaciones de perforación del Rig SLR 402*

Locación	Fecha	Periodo	Punto de medición	Distancia a la fuente	LK _{eq} dB(A)	Límite normativo dB(A)	Ruido residual dB(A)	Cumplimiento
SHS AG-51	13 agosto 2025	Diurno	P1 vía pública noreste, zona cercana a viviendas	160 m	60	70	48	Cumple

SHS AG-51	13 agosto 2025	Nocturno	P1 vía pública noreste, zona cercana a viviendas	160 m	59	65	48	Cumple
SHS AG-176	13 agosto 2025	Diurno	P1 vía pública noreste	160 m	Dentro del límite	70	48	Cumple
SHS AG-176	13 agosto 2025	Nocturno	P1 vía pública noreste	160 m	Dentro del límite	65	48	Cumple

3.1.2 Introducción de la propuesta

La hipoacusia inducida por exposición al ruido laboral constituye una de las enfermedades ocupacionales más frecuentes en el sector de hidrocarburos, especialmente en actividades de perforación, donde los niveles de presión sonora suelen superar los 85 dB(A) establecidos como límite permisible de exposición por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) y por el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo en el Ecuador (Ministerio de Trabajo, 2017).

Los resultados obtenidos en la fase diagnóstica de este estudio (objetivos 1 y 2) evidenciaron que varios puestos de trabajo en los taladros de perforación sobrepasan dicho umbral, generando un riesgo significativo de deterioro auditivo en los operarios. En este contexto, se plantea la necesidad de un Programa de Prevención de Hipoacusia que actúe de forma integral, abordando la problemática desde el control de la fuente emisora hasta la vigilancia médica ocupacional.

Justificación

La fundamentación de este programa no se limita únicamente al cumplimiento legal, sino que responde también a criterios de responsabilidad social empresarial y sostenibilidad laboral, dado que preservar la salud auditiva de los trabajadores impacta directamente en la reducción de incapacidades, ausentismo y costos derivados de indemnizaciones por enfermedades profesionales.

Objetivos del programa

Objetivo general

Prevenir la aparición de hipoacusia inducida por exposición a ruido en los trabajadores de taladros de perforación de hidrocarburos mediante la implementación de un programa integral de prevención, control y vigilancia.

Objetivos específicos

1. Reducir los niveles de exposición al ruido mediante medidas de control técnico y administrativo.
2. Garantizar la provisión y uso correcto de equipos de protección auditiva con alto nivel de atenuación.
3. Capacitar al 100 % del personal en riesgos auditivos y medidas preventivas durante el primer año de implementación.
4. Fomentar una cultura preventiva en la organización que consolide hábitos seguros y sostenibles.

3.1.2 Componentes del programa

La jerarquía de controles representa un principio esencial en la gestión de la seguridad y la salud laboral, dado que plantea un determinado orden de aplicación de las medidas que se persiguen con el fin de prevenir o reducir los riesgos laborales. Según lo que se dispone en el Decreto Ejecutivo 255, las acciones de control tienen que adoptarse priorizando estas que se directas de la fuente de peligro, comenzando con la eliminación del riesgo y sustituyéndolo por alternativas menos peligrosas, así las medidas de control de ingeniería y administrativas, que van orientadas a controlar la exposición de los trabajadores, mejorando técnicamente o mediante medidas organizativas.

En la Tabla 3 se presentan los siete componentes que conforman el programa de prevención en los taladros de perforación de hidrocarburos, especificando para cada uno su clasificación según la jerarquía de controles, su enfoque principal de aplicación y el sustento normativo ecuatoriano que respalda su implementación, desde la eliminación del riesgo en la fuente hasta la vigilancia médica ocupacional del personal expuesto.

Tabla 3. *Componentes del programa de prevención de la hipoacusia inducida por ruido laboral*

Elemento del programa	Clasificación según normativa	Enfoque principal	Sustento normativo
Eliminación del riesgo	Jerarquía de control (nivel 1)	Eliminación total del peligro en la fuente, por ejemplo retirar equipos que generen ruido excesivo o eliminar procesos innecesarios	Decreto Ejecutivo 255; principios de prevención en SST
Sustitución	Jerarquía de control (nivel 2)	Reemplazo del agente o proceso peligroso por otro menos riesgoso, como sustituir maquinaria ruidosa por equipos con menor nivel de ruido	Decreto Ejecutivo 255
Controles de ingeniería	Jerarquía de control (nivel 3)	Reducción del ruido mediante medidas técnicas como mantenimiento de maquinaria, encapsulamiento, aislamiento o barreras acústicas	Decreto Ejecutivo 2393; Acuerdo Ministerial 097-A
Controles administrativos	Jerarquía de control (nivel 4)	Gestión de la exposición mediante rotación de personal, pausas activas, señalización y limitación del tiempo de exposición	Decreto Ejecutivo 2393; normativa de SST del Ministerio de Trabajo
Equipos de Protección Personal (EPP)	Jerarquía de control (nivel 5)	Protección individual con protectores auditivos como tapones u orejeras con la atenuación adecuada	Decreto Ejecutivo 2393; normativa técnica de EPP
Capacitación y cultura preventiva	Componente del programa de prevención	Formación del personal sobre riesgos auditivos, prevención y uso correcto de EPP	Sistema de Gestión de SST – Ministerio del Trabajo
Vigilancia y seguimiento	Componente del programa de prevención	Evaluación médica ocupacional mediante audiometrías y monitoreo de exposición al ruido	Decreto Ejecutivo 2393; lineamientos de vigilancia de la salud ocupacional

a) Control en la fuente y en el medio

Desarrollo técnico-operativo del apartado

Para mitigar los impactos acústicos generados por las operaciones de perforación, se propone un programa integral de control de ruido, estructurado en tres líneas de acción complementarias: mantenimiento preventivo, control físico mediante barreras, y señalización de riesgo acústico.

1. Plan de mantenimiento preventivo de taladros y equipos auxiliares

En la Tabla 4 se presenta el plan de mantenimiento preventivo diseñado para la reducción del ruido en taladros y equipos auxiliares, estructurado en ocho actividades técnicas que abarcan desde el diagnóstico inicial de vibraciones mediante análisis espectral hasta la capacitación anual del personal de mantenimiento, con sus respectivas descripciones técnicas, responsables, frecuencias de ejecución, criterios de aplicación e indicadores de control.

Tabla 4. *Plan de mantenimiento preventivo para reducción de ruido en taladros y equipos auxiliares*

Actividad	Descripción técnica	Responsable	Frecuencia	Criterio técnico de aplicación	Indicador de control
Diagnóstico inicial de vibraciones	Evaluación de vibraciones mecánicas mediante acelerómetros y análisis espectral para identificar desbalance, desalineación o desgaste	Ingeniero de mantenimiento / Supervisor HSE	Inicial y cada 6 meses	Equipos con niveles de ruido superiores a 85 dB(A)	Registro de mediciones de vibración
Inspección mecánica general	Revisión del estado de rodamientos, acoplamientos,	Técnico de mantenimiento	Mensual	Equipos en operación continua	Número de fallas detectadas

	poleas y anclajes estructurales				
Lubricación de componentes rotativos	Aplicación de lubricantes industriales en rodamientos, engranajes y ejes para reducir fricción y vibración	Técnico de mantenimiento	Según horas de operación (cada 250–500 h)	Recomendaciones del fabricante	Reducción de vibración y temperatura
Alineación de ejes y componentes	Ajuste de alineación entre motor, transmisiones y ejes para evitar vibraciones estructurales	Ingeniero de mantenimiento	Trimestral	Desalineación detectada en inspecciones	Disminución de amplitud vibratoria
Balanceo dinámico	Corrección de desbalance en piezas rotativas mediante herramientas de balanceo	Especialista en mantenimiento	Semestral	Vibración excesiva detectada	Reducción del nivel de vibración
Reemplazo de componentes críticos	Sustitución preventiva de rodamientos, bujes o acoplamientos antes de su vida útil	Jefe de mantenimiento	Según vida útil del fabricante	Componentes con desgaste avanzado	Disminución de fallas mecánicas
Evaluación del ruido ocupacional	Medición del nivel de presión sonora	Técnico HSE	Semestral	Zonas con maquinaria de perforación	Reducción de dB(A) en áreas críticas

	con sonómetro calibrado				
Capacitación del personal de mantenimiento	Formación en técnicas de alineación, balanceo dinámico y control de vibraciones	Coordinador de seguridad y salud ocupacional	Anual	Personal de mantenimiento	Número de técnicos capacitados

Fuente: Adaptado de prácticas de mantenimiento industrial para control de vibraciones en maquinaria rotativa.

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025).

La implementación de este plan tiene como objetivo reducir las vibraciones mecánicas que actúan como fuente primaria de ruido estructural y aéreo. El plan incluirá:

- Diagnóstico inicial mediante análisis de vibraciones (uso de acelerómetros y espectros de frecuencia) para establecer una línea base.
- Rutinas programadas de inspección y lubricación, con frecuencia definida según horas de operación y condiciones de carga.
- Reemplazo de componentes críticos (rodamientos, bujes, acoplamientos) antes de su vida útil estimada, para evitar resonancias.
- Capacitación técnica del personal de mantenimiento en técnicas de alineación y balanceo dinámico.

La eficacia del plan se medirá mediante indicadores como la reducción del nivel de presión sonora en dB(A), la disminución de fallas por vibración, y la mejora en la estabilidad operativa de los equipos.

En la Tabla 5 se presenta la ficha operativa correspondiente al control de mantenimiento técnico de los equipos generadores de ruido en la plataforma de perforación, orientada a documentar las actividades de inspección, lubricación,

alineación y evaluación mecánica que permiten reducir los niveles de presión sonora en la fuente, así como a registrar los resultados técnicos y las recomendaciones del personal responsable de mantenimiento y del supervisor HSE.

Tabla 5. Ficha operativa 1

Datos generales	
Empresa	
Área de operación	
Equipo evaluado	
Código del equipo	
Fecha de inspección	
Responsable de la inspección	

Actividades realizadas

Actividad de mantenimiento	Realizado (Sí/No)	Observaciones	Responsable
Inspección de vibraciones			
Lubricación de componentes rotativos			
Revisión de rodamientos			
Alineación de ejes			
Ajuste de anclajes estructurales			
Reemplazo de componentes críticos			

Evaluación técnica

Parámetro evaluado	Resultado
Nivel de vibración detectado	
Condición mecánica del equipo	
Recomendaciones técnicas	

Firma responsable mantenimiento: _____

Firma supervisor HSE: _____

En la Tabla 6 se presenta la ficha operativa destinada al registro de las mediciones de ruido ocupacional realizadas en los distintos puntos de evaluación de la locación, incorporando los niveles de presión sonora registrados, los tiempos de exposición y la clasificación del riesgo frente al límite permisible de 85 dB(A), con el fin de sustentar técnicamente las acciones de control derivadas del diagnóstico acústico.

Tabla 6. *Ficha operativa 2*

Datos generales	
Empresa	
Área evaluada	
Puesto de trabajo	
Fecha de medición	
Técnico responsable	

Resultados de medición

Punto de medición	Nivel de presión sonora dB(A)	Tiempo de exposición	Observaciones
-------------------	-------------------------------	----------------------	---------------

Evaluación del riesgo

Criterio	Resultado
Límite permisible (85 dB(A))	
Nivel registrado	
Clasificación del riesgo	

Acciones recomendadas:

Firma del técnico HSE: _____

En la Tabla 7 se presenta la ficha operativa aplicada al seguimiento del uso correcto de los equipos de protección auditiva por parte del personal expuesto, permitiendo documentar las observaciones en campo, calcular el porcentaje de cumplimiento y definir las acciones correctivas necesarias cuando se detecten desviaciones respecto al uso obligatorio del protector auditivo en zonas de alto riesgo.

Tabla 7. Ficha operativa 3

Datos generales	
Área de trabajo	
Supervisor	
Fecha de observación	

Registro de uso de EPP

Trabajador	Tipo de protector auditivo	Uso correcto (Sí/No)	Observaciones
------------	-------------------------------	-------------------------	---------------

Evaluación del cumplimiento

Indicador	Resultado
Número de trabajadores observados	
Número que usa EPP correctamente	
Porcentaje de cumplimiento	

Acciones correctivas:

Firma del supervisor: _____

En la Tabla 8 se presenta la ficha operativa correspondiente al registro de las capacitaciones ejecutadas en el marco del plan formativo trimestral, consolidando la información del tema abordado, el instructor responsable, la lista de asistencia firmada por los participantes y los indicadores de evaluación del proceso formativo como insumo para medir el alcance y comprensión de los contenidos preventivos.

Tabla 8. *Ficha operativa 4*

Datos generales	
Tema de capacitación	
Instructor	
Fecha	
Área participante	

Lista de asistencia

Nombre del trabajador	Cargo	Firma
-----------------------	-------	-------

Evaluación de la capacitación

Indicador	Resultado
Número de participantes	
Nivel de comprensión	
Recomendaciones	

En la Tabla 9 se presenta la ficha operativa destinada a la vigilancia audiométrica del personal expuesto a ruido, estructurada para registrar los datos del trabajador, los resultados de las audiometrías en las frecuencias evaluadas (500, 1000, 2000, 4000 y 6000 Hz) para ambos oídos, así como la interpretación médica y las recomendaciones emitidas por el médico ocupacional responsable del seguimiento de la salud auditiva.

Tabla 9. *Ficha operativa 5*

Datos del trabajador	
Nombre	
Cargo	
Área de trabajo	
Fecha de evaluación	

Resultados audiométricos

Frecuencia (Hz)	Oído derecho	Oído izquierdo
500		

1000		
2000		
4000		
6000		

Interpretación médica

Resultado	
Audición normal	
Posible pérdida auditiva	
Recomendaciones médicas	

Firma médico ocupacional: _____

2. Instalación de barreras acústicas portátiles

En la Tabla 10 se presenta el procedimiento completo de instalación de barreras acústicas portátiles, abarcando desde el diagnóstico inicial de las zonas con mayor exposición al ruido y la selección de los puntos estratégicos de colocación, hasta la evaluación de la efectividad mediante mediciones comparativas y el seguimiento periódico del estado físico de los paneles instalados.

Tabla 10. *Procedimiento de Instalación de barreras acústicas*

Etap	Actividad	Responsab le	Recursos / Materiale s	Variables técnicas a evaluar	Criterios de aplicación	Medio de verificaci ón
Diagnósti co inicial	Identificació n de zonas con mayor exposición al ruido en la plataforma de perforación	Supervisor HSE	Sonómetr o calibrado, mapa de áreas operativas	Nivel de presión sonora (dB(A)), tiempo de exposición	Áreas con niveles superiores a 85 dB(A)	Registro de medición de ruido

Selección de ubicación	Determinar los puntos estratégicos donde se colocarán las barreras acústicas	Ingeniero de seguridad industrial	Planos del área operativa	Distancia entre fuente de ruido y trabajadores	Zonas de tránsito, puntos de perforación, áreas de descanso	Informe técnico
Instalación de paneles acústicos	Colocación de paneles modulares fonoabsorbentes en el perímetro de las fuentes de ruido	Equipo de mantenimiento	Paneles acústicos portátiles, estructura metálica de soporte	Altura de barrera, distancia a la fuente sonora	Cobertura completa de la fuente o del área crítica	Registro de instalación
Ajuste y verificación	Revisión de la estabilidad y correcta ubicación de las barreras	Supervisor de mantenimiento	Herramientas de ajuste	Posición, fijación y cobertura de la barrera	Barreras estables y correctamente orientadas	Lista de verificación
Evaluación de efectividad	Medición comparativa de los niveles de ruido antes y después de la instalación	Técnico HSE	Sonómetro o calibrado	Reducción del nivel de presión sonora (dB(A))	Disminución esperada entre 3 y 5 dB(A)	Reporte de medición
Seguimiento	Verificación periódica del estado de las barreras acústicas	Supervisor HSE	Registro de inspección	Estado físico del material, desplazamiento de paneles	Inspección mensual o ante cambios operativos	Registro de inspección

Fuente: Adaptado de prácticas de control de ruido ocupacional en ambientes industriales.

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025).

Se propone el uso de paneles modulares fabricados con materiales fonoabsorbentes (espuma de poliuretano, lana mineral, o compuestos multicapa), con estructura metálica ligera para facilitar su transporte. Las barreras se ubicarán:

- En el perímetro inmediato de los puntos de perforación activos.
- En zonas de tránsito peatonal cercanas a fuentes de ruido.

- En áreas de descanso o espera del personal.

La disposición será dinámica, ajustándose al avance de las operaciones. Se evaluará su efectividad mediante mediciones comparativas antes y después de la instalación, utilizando sonómetros calibrados.



Imagen 3. Barreras acústicas portátiles

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025)

3. Sistema de señalización acústica por niveles de riesgo

En la Tabla 11 se presenta el procedimiento completo de aplicación del sistema de señalización acústica, desde la medición del ruido ambiental y la zonificación de las áreas mediante código cromático (verde, amarillo y rojo), hasta la verificación, instalación y seguimiento periódico del estado físico de las señales instaladas en la plataforma de perforación.

Tabla 11. *Procedimiento de aplicación de sistema de señalización*

Etapas del procedimiento	Actividad técnica	Responsable	Recursos requeridos	Variables a evaluar	Criterio de clasificación	Acción operativa	Evidencia o registro
Medición del ruido ambiental	Realizar mediciones de ruido continuo y picos transitorios en las áreas operativas	Técnico HSE	Sonómetro calibrado, plan de medición	Nivel de presión sonora dB(A), duración de exposición	Comparación con límites de exposición ocupacional	Identificación de áreas con diferentes niveles de ruido	Registro de mediciones de ruido
Zonificación acústica	Clasificar las áreas según los niveles de ruido registrados	Ingeniero de seguridad industrial	Plano del área operativa	Nivel promedio de presión sonora	≤ 80 dB(A), 81–85 dB(A), >85 dB(A)	Delimitación de zonas de riesgo acústico	Plano de zonificación
Definición del sistema de señalización	Establecer códigos de color para cada nivel de exposición	Supervisor HSE	Normativa de señalización, pictogramas	Color, contraste, visibilidad	Verde (seguro), amarillo (precaución), rojo (riesgo alto)	Diseño del sistema de señalización	Registro de diseño
Instalación de señales	Colocar señales en accesos, perímetros y puntos	Equipo de mantenimiento	Señales reflectivas, soportes	Ubicación, altura, visibilidad	Señales visibles en condiciones normales	Instalación física de señalización	Registro fotográfico

	de operación				y de baja iluminación		
Verificación del sistema	Comprobar que las señales sean visibles y comprensibles	Supervisar HSE	Lista de verificación	Legibilidad, posición, estado físico	Señales visibles a distancia mínima de seguridad	Ajuste o reposición de señalización	Registro de inspección
Seguimiento del sistema	Revisar periódicamente el estado de las señales instaladas	Supervisar HSE	Formato de inspección	Deterioro, desplazamiento, visibilidad	Inspección periódica mensual	Reemplazo o mantenimiento de señales	Registro de mantenimiento

Fuente: Adaptado de prácticas de señalización de riesgos en seguridad y salud ocupacional.

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025).

Se establecerá una zonificación acústica del área operativa, basada en mediciones de ruido continuo y de picos transitorios. Cada zona será señalizada con códigos de color:

- Verde (≤ 80 dB(A)): exposición segura sin protección auditiva.
- Amarillo (81–85 dB(A)): uso recomendado de protección auditiva.
- Rojo (> 85 dB(A)): uso obligatorio de protección auditiva y restricción de permanencia.

Las señales serán reflectivas, visibles en condiciones de baja iluminación, y ubicadas en accesos, perímetros y puntos de operación. Además, se incluirán pictogramas normalizados y leyendas en lenguaje claro.



Imagen 4. Señalética acústica por niveles de ruido

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025)

b) Control administrativo

En la Tabla 12 se presenta el procedimiento completo de control de rotación de personal, articulando desde la identificación de zonas ruidosas y la planificación de turnos alternos hasta la evaluación de la efectividad del control administrativo, con sus respectivos registros de evidencia para asegurar la trazabilidad operativa del programa.

Tabla 12. *Control de rotación de personal*

Etapas del procedimiento	Actividad operativa	Responsable	Recursos / herramientas	Variabls de control	Criterio técnico de aplicación	Registro / evidencia
Identificación de zonas ruidosas	Determinar áreas con niveles de ruido superiores a 85 dB(A)	Técnico HSE	Sonómetro calibrado, mapa de áreas	Nivel de presión sonora dB(A)	Zonas $\geq$ 85 dB(A) clasificadas como áreas de alto riesgo	Registro de medición de ruido
Planificación de rotación	Establecer turnos alternos entre zonas ruidosas y	Jefe de turno	Plan de turnos operativos	Tiempo de exposición al ruido	Máximo 4 horas continuas en zonas $\geq$ 85 dB(A)	Plan de rotación

	zonas de menor exposición					
Asignación de puestos	Distribuir trabajadores en diferentes áreas operativas	Supervisor operativo	Sistema digital de control de jornada	Área de trabajo asignada	Alternancia entre zonas ruidosas y zonas de menor ruido	Registro de jornada laboral
Ejecución de rotación	Realizar cambios de puesto según el cronograma establecido	Jefe de turno	Sistema de control de turnos	Tiempo acumulado de exposición	Cumplimiento de rotación programada	Registro de cambios de puesto
Implementación de pausas activas	Programar pausas de recuperación auditiva en zonas silenciosas	Supervisor SST	Área de descanso acondicionada	Tiempo de descanso	15 minutos cada 2 horas de exposición	Registro de pausas activas
Seguimiento del cumplimiento	Verificar el cumplimiento de la rotación y pausas programadas	Supervisor HSE	Lista de verificación	Tiempo total de exposición diaria	Jornada máxima de 12 horas con alternancia de tareas	Registro de inspección
Evaluación del control administrativo	Analizar la efectividad del sistema de rotación	Coordinador SST	Reportes de exposición	Tiempo promedio de exposición	Reducción de dosis diaria de ruido	Informe de seguimiento

Fuente: Adaptado de prácticas de control administrativo del ruido ocupacional.

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025).

El control administrativo del Programa de Prevención de Hipoacusia establece directrices obligatorias para la gestión del tiempo de exposición al ruido, la rotación del personal y el monitoreo individualizado de cada trabajador.

Rotación programada del personal

Todos los trabajadores asignados a los taladros de perforación de hidrocarburos cumplirán jornadas de exposición directa al ruido no mayores a cuatro (4) horas continuas en zonas clasificadas como de alto nivel sonoro (≥ 85 dB(A)). Los turnos operativos serán de 12 horas, divididos en bloques de trabajo que alternan actividades en zonas ruidosas con tareas en áreas de menor exposición.

La rotación se realizará entre las siguientes áreas:

- Piso de Control de Rotación (PCR)
- Sala de bombas
- Área de generadores
- Zona de inspección y mantenimiento

Cada jefe de turno será responsable de garantizar el cumplimiento de la rotación, registrando los cambios en el sistema digital de control de jornada.

Pausas activas en zonas silenciosas

Todos los trabajadores expuestos a ruido deberán realizar pausas activas de 15 minutos cada 2 horas, en espacios acondicionados acústicamente. Estas pausas se llevarán a cabo en las zonas de descanso designadas, y podrán incluir ejercicios de relajación, estiramiento o actividades breves de desconexión.

c) Equipos de protección auditiva

En la Tabla 13 se presenta el procedimiento completo de adquisición, entrega y control de uso de los equipos de protección auditiva, organizado en las fases de selección, adquisición, dotación, prueba de ajuste, control de uso, seguimiento de

eficacia y actualización del historial individual del trabajador, con sus respectivos criterios, parámetros técnicos y registros de verificación, así mismo como se presenta en el Anexo A, se establecen los criterios técnicos utilizados para la selección de los tapones auditivos empleados en el Programa de Conservación Auditiva.

Tabla 13. *Procedimiento de adquisición, entrega y control de uso de equipos de protección auditiva*

Fase del procedimiento	Actividad operativa	Criterio técnico de aplicación	Variables de control	Parámetros técnicos	Registro o evidencia
Selección del equipo de protección auditiva	Identificación de protectores auditivos adecuados para las condiciones de ruido presentes en los taladros	Selección de EPP con certificación internacional	Nivel de presión sonora en el área de trabajo	NRR $\geq$ 30 dB; ANSI S3.19 o equivalente	Registro de selección de EPP
Adquisición de equipos	Compra de tapones auditivos y orejeras de doble protección certificados	Equipos adaptados a condiciones de trabajo en perforación	Tipo de protector auditivo	Compatibilidad con otros EPP; resistencia a condiciones industriales	Registro de adquisición
Dotación de equipos	Entrega individual de tapones y orejeras a trabajadores expuestos a ruido	Obligatorio para zonas > 85 dB(A)	Nivel de exposición al ruido; puesto de trabajo	Doble protección auditiva en zonas de alto ruido	Registro de entrega de EPP
Prueba de ajuste (Fit testing)	Verificación de la correcta colocación y eficacia de los protectores auditivos	Evaluación previa al ingreso a zonas ruidosas	Nivel de atenuación real; ajuste del protector	Métodos de simulación de atenuación o verificación directa	Registro de fit testing

Control de uso	Verificación del uso correcto de protectores auditivos durante la jornada laboral	Uso obligatorio en zonas $\geq$ 85 dB(A)	Cumplimiento del uso de EPP	Correcta colocación de tapones y orejeras	Lista de verificación de uso
Seguimiento de eficacia	Evaluación periódica de la eficacia del protector auditivo	Control de deterioro o pérdida de capacidad de protección	Condición física del EPP; nivel de protección	Reemplazo cuando exista desgaste o pérdida de ajuste	Registro de inspección
Actualización del historial	Registro del uso, ajuste y resultados del fit testing en el historial del trabajador	Actualización periódica del registro	Datos del trabajador; resultados de pruebas	Actualización semestral o cuando se detecte pérdida de eficacia	Historial individual de protección auditiva

Fuente: Adaptado de estándares de protección auditiva ocupacional (ANSI S3.19 y buenas prácticas de seguridad industrial).

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025).

En el **Anexo C** se incluye la ficha de entrenamiento práctico utilizada para verificar el uso correcto y mantenimiento de los protectores auditivos por parte del personal expuesto.

- Adquisición de tapones y orejeras certificados, con un NRR $\geq$ 30 dB, adaptados a las condiciones específicas del ruido en taladros.

El uso de equipos de protección auditiva es obligatorio para todos los trabajadores que operen en zonas donde el nivel de presión sonora supere los 85 dB(A), conforme a lo establecido por la normativa nacional y los estándares internacionales de salud ocupacional.

Dotación de equipos certificados

Todos los trabajadores recibirán tapones auditivos y orejeras de doble protección, con un Nivel de Reducción de Ruido (NRR) igual o superior a 30 dB,

certificados bajo normas ANSI S3.19 o equivalentes. La dotación será personalizada, considerando las condiciones específicas de cada puesto de trabajo y el perfil auditivo del trabajador.

En la Imagen 6 se muestra el modelo de tapón auditivo de doble protección marca Delta Plus, tipo cónico, seleccionado para la dotación del personal expuesto, con su respectiva certificación técnica visible en el empaque original.



Imagen 5. Tapones de doble protección

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025)

La entrega de los equipos se realizará al inicio de cada ciclo operativo, y será registrada en el sistema de control de EPP (Equipos de Protección Personal).

Pruebas de ajuste (fit testing)

Antes del inicio de actividades en zonas ruidosas, todos los trabajadores deberán someterse a una prueba de ajuste auditivo (fit testing), que garantice la correcta colocación y eficacia de los protectores. Esta prueba será realizada por el personal de seguridad industrial, utilizando simuladores de atenuación o métodos de verificación directa.

Tabla 14. *Criterios de selección de tapones auditivos para el Programa de Prevención de Hipoacusia*

Criterio de selección	Descripción técnica	Parámetro de referencia	Método de verificación
Nivel de reducción de ruido (NRR)	Capacidad del protector auditivo para disminuir la intensidad del ruido que llega al oído	$NRR \geq 30$ dB	Certificación del fabricante
Certificación técnica	Cumplimiento de normas internacionales de protección auditiva	Norma ANSI S3.19 o equivalente	Documentación técnica del producto
Compatibilidad con el nivel de ruido	Adecuación del protector al nivel de presión sonora presente en los taladros de perforación	Uso en ambientes ≥ 85 dB(A)	Evaluación del nivel de ruido ocupacional
Ergonomía y comodidad	Adaptación del protector al canal auditivo del trabajador para permitir uso prolongado	Diseño anatómico y material flexible	Prueba de ajuste (fit testing)
Compatibilidad con otros EPP	Posibilidad de utilizar el protector auditivo junto con casco, gafas y otros equipos de seguridad	Integración con EPP industrial	Evaluación en condiciones de trabajo
Durabilidad y resistencia	Capacidad del protector para mantener su eficacia en condiciones de trabajo industrial	Material resistente al desgaste	Inspección visual periódica
Ajuste individual	Correcta colocación y sellado en el canal auditivo del trabajador	Ajuste verificado mediante fit testing	Registro en historial individual del trabajador

Fuente: Adaptado de estándares internacionales de protección auditiva ocupacional.

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025).

d) Capacitación y cultura preventiva

Tabla 15. *Plan de capacitación para la prevención de hipoacusia inducida por ruido laboral*

Periodo	Tema de capacitación	Objetivo formativo	Población objetivo	Duración	Metodología	Recursos didácticos	Indicador de evaluación	Medio de verificación
1° trimestre	Fundamentos de la hipoacusia ocupacional y normativa de seguridad y salud en el trabajo	Comprender los efectos del ruido en la salud auditiva y las obligaciones normativas en materia de prevención	Personal operativo de taladros	4 horas	Clase teórica presencial	Presentaciones, material informativo	100 % de asistencia y prueba escrita $\geq 80 \%$	Lista de asistencia y resultados de evaluación
2° trimestre	Uso correcto de protectores auditivos y fit testing	Desarrollar habilidades para la correcta colocación y verificación de protectores auditivos	Trabajadores expuestos a ruido	4 horas	Taller teórico–práctico	Tapones, orejeras, simulador de atenuación	Evaluación práctica individual mediante checklist	Registro de evaluación práctica
3° trimestre	Identificación de zonas de riesgo acústico y procedimientos de rotación	Reconocer áreas de alto riesgo acústico y aplicar medidas preventivas	Personal operativo y supervisores	4 horas	Simulación en campo	Mapas de zonificación acústica, señalización	Simulación correcta en $\geq 90 \%$ de participantes	Informe de simulación
4° trimestre	Cultura de autocuidado auditivo y	Fortalecer la cultura de prevención y la	Todo el personal expuesto	4 horas	Taller participativo	Dinámicas grupales, videos educativos	Encuesta de percepción $\geq 85 \%$	Resultados de encuesta

liderazgo preventivo	responsabilidad individual frente al riesgo auditivo					
Criterio de selección de tapones auditivos	Justificar la elección del protector auditivo utilizado en función del nivel de ruido y condiciones de trabajo	Trabajadores expuestos a ruido en operación de taladros	Análisis técnico de EPP	Ficha técnica del protector auditivo, mediciones de ruido	Selección de tapones con nivel de reducción adecuado (NRR) para niveles de ruido superiores a 85 dB	Ficha técnica del EPP y registro de entrega

Fuente: Adaptado de programas de formación en seguridad y salud ocupacional.

Elaborado por: Ruiz, Odalis (2025).

A la hora de seleccionar los protectores auditivos de tipo tapón, se tuvo en cuenta el nivel de ruido existente en el área de operación de los taladros, al ser este mayor que el límite permisible de 85 decibeles que establece la norma de Seguridad y Salud en el Trabajo. Así mismo, se tuvieron en cuenta criterios técnicos como ser el nivel de reducción del ruido (N.R.R.) del dispositivo, el confort para el trabajador en jornadas de trabajo prolongadas, la compatibilidad con el resto de E.P.I. y la facilidad de uso. Se seleccionaron así tapones auditivos con capacidad de atenuación suficiente para reducir la exposición al ruido a niveles segur

La capacitación en prevención de hipoacusia constituye un eje transversal del programa, orientado a fortalecer el conocimiento técnico, la conciencia del riesgo y la adopción de hábitos seguros por parte de todos los trabajadores expuestos a ruido laboral. Este componente se implementa mediante un Plan de Formación Trimestral, campañas internas de comunicación y entrenamientos prácticos.

Plan de Formación Trimestral

Todos los trabajadores que operan en taladros de perforación deberán participar en talleres obligatorios cada tres meses, con una duración mínima de 4 horas por sesión. Los contenidos estarán adaptados al perfil ocupacional del personal y serán impartidos por especialistas en seguridad industrial y salud ocupacional.

En la Tabla 16 se presentan las cuatro actividades de entrenamiento práctico definidas en el programa, con su respectivo objetivo, método de aplicación, frecuencia de ejecución y evidencia documental asociada, abarcando la colocación correcta de tapones y orejeras, la verificación del ajuste mediante fit testing, la limpieza y desinfección de los equipos, y la identificación oportuna de signos de deterioro que puedan comprometer su capacidad de protección.

Tabla 16. *Entrenamiento práctico en uso y cuidado de protectores auditivos*

Actividad de entrenamiento	Objetivo	Método	Frecuencia	Evidencia
Colocación correcta de tapones y orejeras	Garantizar el uso adecuado del EPP auditivo	Demostración práctica y repetición guiada	Inducción y capacitación semestral	Registro de entrenamiento
Verificación del ajuste y sellado	Comprobar la eficacia de la protección auditiva	Fit testing o verificación manual	Semestral	Registro de fit testing
Limpieza y desinfección de EPP	Prevenir deterioro del equipo y riesgos sanitarios	Demostración práctica	Semestral	Checklist de capacitación
Identificación de deterioro del EPP	Detectar fallas o pérdida de eficacia en la protección	Inspección guiada del equipo	Semestral	Registro de inspección

Entrenamiento práctico en uso y cuidado de protectores

Cada trabajador deberá recibir instrucción directa sobre:

- Colocación correcta de tapones y orejeras.
- Verificación del ajuste y sellado.
- Limpieza, desinfección y almacenamiento adecuado.
- Identificación de fallas o deterioro en los equipos.

Este entrenamiento será parte del proceso de inducción para nuevos trabajadores y se repetirá semestralmente para todo el personal activo.

Campañas internas de comunicación

Se desarrollará una campaña permanente bajo el lema:

“Cuidar el oído es cuidar el trabajo”, con los siguientes recursos:

- Afiches informativos en zonas comunes y áreas operativas.
- Boletines digitales mensuales con datos, testimonios y recomendaciones.
- Cápsulas audiovisuales breves (1–2 minutos) difundidas por correo interno y pantallas en áreas de descanso.
- Concursos internos sobre buenas prácticas auditivas, con incentivos simbólicos.

La campaña será coordinada por el área de comunicación organizacional en conjunto con seguridad industrial, y se evaluará mediante encuestas de percepción y participación.

3.1.3 Resultados esperados de la futura implementación

La implementación del Programa de Prevención de Hipoacusia se proyecta con resultados concretos y verificables en tres horizontes temporales: corto, mediano y largo plazo.

En el corto plazo (primeros 12 meses de implementación), se espera alcanzar una tasa de cumplimiento superior al 90 % en el uso de protección auditiva, resultado que será evaluado mediante observaciones de campo y encuestas de auto-reporte. Asimismo, se prevé un incremento sustancial en el nivel de conocimiento de los

trabajadores respecto a los riesgos de la hipoacusia, lo cual se medirá a través de pruebas aplicadas antes y después de las capacitaciones.

En el mediano plazo (segundo y tercer año de implementación), se anticipa una reducción significativa en los reportes de molestias auditivas transitorias, tales como zumbidos, hipoacusia temporal o sensación de plenitud auricular, lo cual reflejaría la eficacia de las medidas preventivas en la reducción del daño coclear acumulativo. Adicionalmente, se fortalecerá la cultura preventiva dentro de la organización, evidenciada en la integración del programa en los procedimientos rutinarios de seguridad industrial y en la aceptación voluntaria de las evaluaciones audiométricas periódicas por parte de los trabajadores.

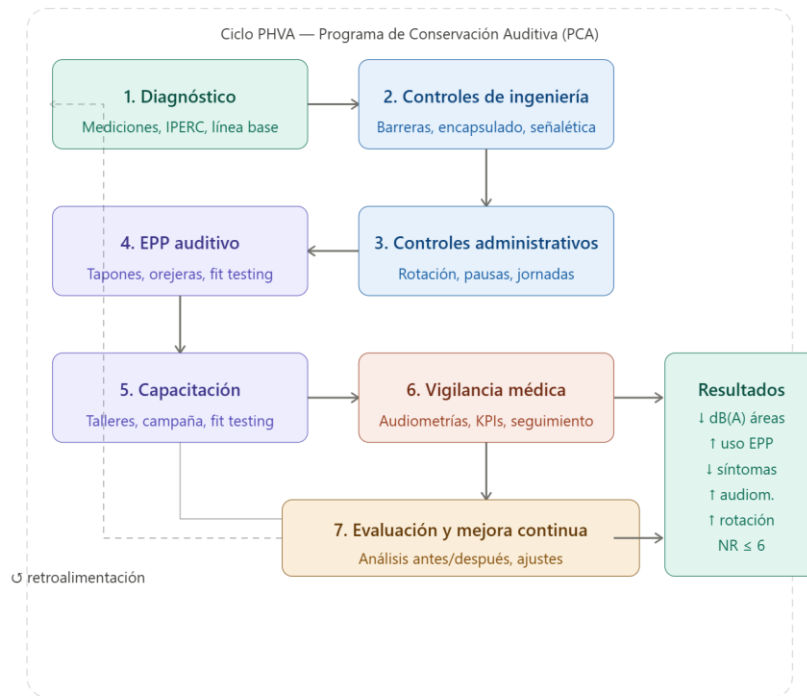
Finalmente, en el largo plazo (más de tres años), el programa aspira a lograr una disminución de la incidencia de hipoacusia ocupacional diagnosticada clínicamente, lo cual constituirá el principal indicador de éxito de la propuesta. Este resultado beneficiará directamente a los trabajadores, preservando su salud auditiva y calidad de vida, e impactará positivamente en la productividad de la empresa al reducir el ausentismo, las incapacidades médicas y los costos asociados a indemnizaciones por enfermedades ocupacionales. Asimismo, la consolidación del programa podría convertirlo en un modelo de referencia replicable para otras empresas del sector hidrocarburífero en el Ecuador y la región amazónica.

3.1.4 Modelo Operativo del Programa de Conservación Auditiva

El modelo operativo del Programa de Conservación Auditiva (PCA) organiza de forma sistemática los componentes y las actividades necesarias para prevenir la hipoacusia producida por ruido en los trabajadores de los taladros de perforación de hidrocarburos de SLB Industrial Ecuador, esta organización de los distintos componentes que requiere el PCA, del que forma parte o Sistema de Conservación Auditiva, sigue el ciclo PHVA (Planificar–Hacer–Verificar–Actuar), que le da sostenibilidad y mejora continua al PCA.

En la imagen 7 se presenta el esquema general del modelo operativo, con sus seis componentes principales y su interrelación.

Imagen 6. Modelo Operativo



3.2 Plan de implementación

El plan de implementación del programa se organiza en un cronograma de 12 semanas, dividido en cuatro fases:

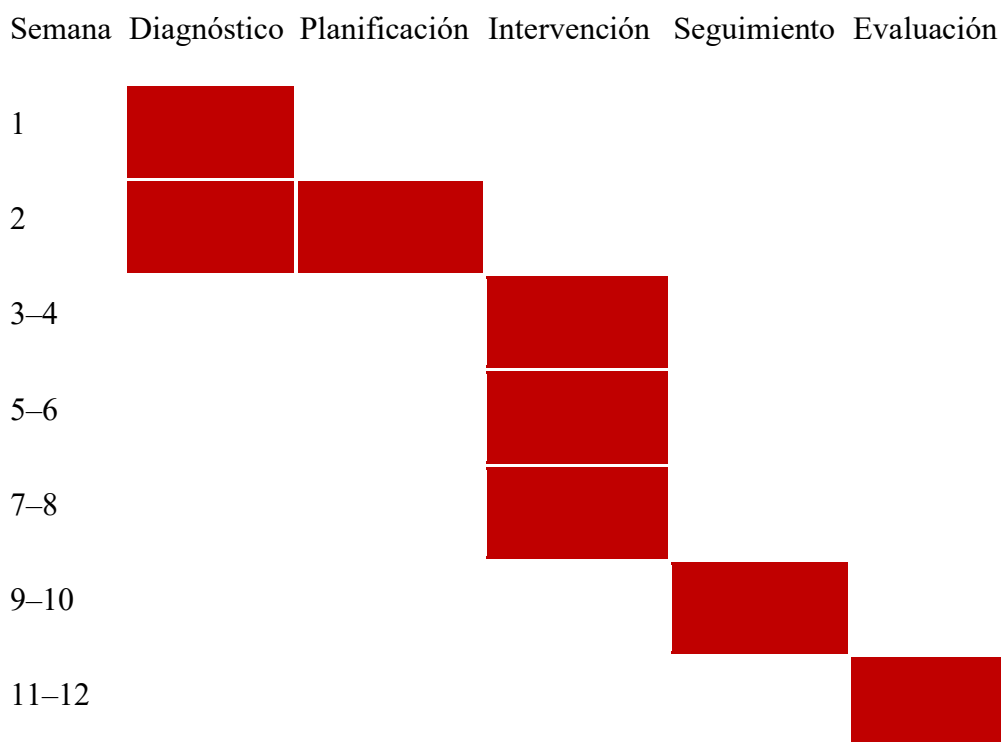
Diagnóstico y planificación (Semanas 1–2): actualización de mapas de ruido, socialización con directivos y trabajadores, y definición de roles.

Intervención preventiva (Semanas 3–8): entrega de EPP de doble barrera, capacitaciones intensivas y difusión del manual de prevención.

Seguimiento y control (Semanas 9–10): aplicación de audiometrías periódicas, supervisión del uso de EPP y ajustes según hallazgos.

Evaluación y retroalimentación (Semanas 11–12): encuestas de percepción, análisis de indicadores de cumplimiento y presentación de resultados finales.

Tabla 17. *Cronograma en formato Gantt*



Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

3.3 Cronograma de aplicación y análisis de costos (Curva S)

El cronograma de la 18 contempla la aplicación se plantea en un período de 12 meses para la primera fase de implementación, organizado en cuatro etapas secuenciales que garantizan la coherencia entre planificación, ejecución, control y evaluación.

Tabla 18. *Cronograma de aplicación del programa de control de ruido*

Fase	Semanas	Actividades principales	Costo estimado (USD)	% del total
Diagnóstico y planificación	1-2	Medición acústica, encuestas, socialización, impresión de materiales	\$450	15%
Intervención preventiva	3-8	Compra de EPP, capacitaciones, manual, señalización	\$1,800	60%

Seguimiento y control	9–10	Evaluación de uso de EPP, mediciones comparativas, reposición parcial	\$500	17%
Evaluación y retroalimentación	11–12	Encuestas finales, análisis de indicadores, informe técnico	\$200	8%
Total estimado	—	—	\$2,950	100%

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

Frecuencia de reuniones de seguimiento: Semanales, con comité SST, a fin de monitorear el cumplimiento en tiempo real debido a la corta duración del programa (12 semanas).

Indicadores clave: % de trabajadores que utilizan correctamente los EPP, reducción de niveles de dB(A) en zonas críticas, cumplimiento del cronograma ≥ 90 %, y satisfacción de los trabajadores ≥ 80 %.

En la Tabla 19 se presenta el desglose económico del programa por fase, incluyendo las actividades principales asociadas, el costo estimado en dólares y el porcentaje que representa cada fase dentro del presupuesto total de \$2.950 USD, evidenciando que la fase de intervención preventiva concentra el mayor esfuerzo financiero con un 60% del total, en concordancia con la priorización técnica de las medidas de protección auditiva directamente dirigidas a los trabajadores expuestos.

Tabla 19. *Análisis financiero*

Fase	Semanas	Actividades principales	Costo (USD)	% del total
Diagnóstico y planificación	1–2	Medición acústica, socialización, impresión de materiales	\$450	15%
Intervención preventiva	3–8	Compra de EPP, capacitaciones, elaboración del manual, señalización	\$1770	60%

Seguimiento y control	9–10	Evaluaciones, control de adherencia, reposición parcial de equipos	\$500	17%
Evaluación y retroalimentación	11–12	Encuestas, análisis de indicadores, elaboración de informe final	\$230	8%
Total estimado	—	—	\$2.950	100%

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

Nota técnica: El valor de \$1,770 USD para la fase de intervención preventiva se obtiene aplicando el 60 % al total de \$2,950 ($0.60 \times 2,950 = 1,770$). El valor anterior de \$1.80 fue un error de notación decimal.

El detalle del cronograma de aplicación y del análisis financiero del programa se presenta en el **Anexo E**, donde se especifican los costos y recursos requeridos para su ejecución.

Análisis de Retorno sobre la Inversión (ROI)

El ROI del programa no se mide únicamente en términos financieros directos, sino en beneficios operativos, normativos y humanos. A continuación, se presentan los principales retornos esperados:

Reducción de riesgos laborales

Disminución de la exposición a ruido ≥ 85 dB(A) en zonas críticas.

Prevención de hipoacusia temporal y permanente.

Reducción de incidentes por distracción o fatiga auditiva.

Cumplimiento normativo

Alineación con el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ministerio de Trabajo, 2017).

Cumplimiento de estándares internacionales (OMS, ISO 9612, ANSI S3.19).

Evitación de sanciones, multas y clausuras por incumplimiento.

Beneficios económicos

Reducción del ausentismo por molestias auditivas.

Menor rotación de personal por incapacidad.

Disminución de costos por indemnizaciones y atención médica ocupacional.

Fortalecimiento de la cultura preventiva

Mejora del clima laboral y percepción de cuidado por parte de la empresa.

Incremento en la participación voluntaria en programas de salud.

Posicionamiento institucional como referente en seguridad industrial.

En el Gráfico 2 figura la Curva S que se obtiene del análisis de costos correspondiente al programa delimitado por un presupuesto total de 2.950 \$ USD, distribuidos de acuerdo a cuatro hitos de ejecución en los siguientes términos: diagnóstico y planeación (450 \$ USD), intervención preventiva (2.220 \$ USD acumulados), seguimiento y control (2.720 \$ USD acumulados) y evaluación y retroalimentación (2.950 \$ USD acumulados), mostrando una distribución estratégica de los recursos hacia la fase clave de intervención donde es posible anclar el núcleo operativo del programa.

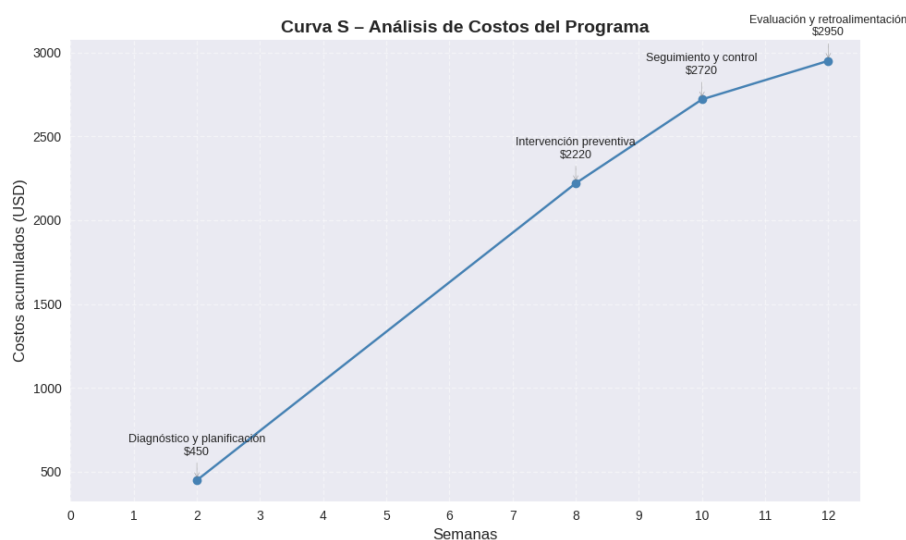


Gráfico 2. Curva S

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025)

Curva S – Análisis de Costos del Programa

Curva S – Análisis de Costos del Programa

La Curva S del programa de conservación auditiva refleja el comportamiento financiero típico de un proyecto de intervención en seguridad ocupacional, con una distribución progresiva de la inversión a lo largo de sus fases operativas.

- **Semanas 1–2 (Diagnóstico y planificación):** Se realizó una inversión inicial de \$450 USD, destinada a mediciones acústicas, socialización con el personal y elaboración de materiales informativos. Esta fase permitió establecer la línea base técnica y sensibilizar a los actores clave.
- **Semanas 3–8 (Intervención preventiva):** Representa el núcleo financiero del programa, con una inversión de \$1,770 USD. Incluyó la compra de equipos de protección auditiva (EPP), ejecución de capacitaciones, elaboración del manual técnico y señalización acústica por zonas. Esta fase concentró el mayor esfuerzo operativo y económico.
- **Semanas 9–10 (Seguimiento y control):** Se destinaron \$500 USD para auditorías de adherencia, reposición parcial de EPP, mediciones de presión sonora y control de cumplimiento. Esta etapa permitió verificar la eficacia de las medidas implementadas y ajustar estrategias.
- **Semanas 11–12 (Evaluación y retroalimentación):** Se invirtieron \$230 USD en encuestas de percepción, análisis de indicadores, consolidación de resultados y elaboración del informe final. Esta fase cerró el ciclo PHVA y generó insumos para futuras mejoras.

El costo total del programa fue de \$2,950 USD, distribuido de forma estratégica para maximizar el impacto preventivo. La curva S muestra una pendiente pronunciada entre las semanas 3 y 8, correspondiente a la fase de intervención, seguida de un crecimiento más moderado en las etapas de seguimiento y evaluación. Este patrón confirma que la efectividad financiera del programa depende de una adecuada asignación de recursos en la etapa central, mientras que las fases inicial y final cumplen funciones de soporte y control para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

Tabla 20. Comparativo económico

Fase	Semanas	Costo (USD)	Impacto operativo
Diagnóstico y planificación	1–2	\$450	Línea base técnica, socialización, materiales
Intervención preventiva	3–8	\$1,770	EPP, capacitaciones, señalética, controles de ingeniería
Seguimiento y control	9–10	\$500	Auditorías, reposiciones, mediciones acústicas
Evaluación y retroalimentación	11–12	\$230	Encuestas, análisis de indicadores, informe final
Total	—	\$2,950	—

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

Retorno operativo estimado

Reducción de síntomas auditivos: evita consultas médicas recurrentes y ausentismo.

Mejora en productividad: mayor concentración, menor fatiga, mejor desempeño técnico.

Cumplimiento normativo: evita sanciones y fortalece la imagen institucional.

Fortalecimiento de la cultura preventiva: mejora el clima laboral y la percepción de cuidado.

CAPÍTULO IV

EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

RESULTADOS

4.1 Proceso de ejecución

Objetivo: implementar el programa de conservación auditiva (PCA) con enfoque PHVA, garantizando controles en la fuente/medio, administrativos, EPP, capacitación y vigilancia.

Fases y actividades clave

Preparación (Semana 0–2)

Socialización con jefaturas y trabajadores.

Compra/validación de EPP (tapón + orejera, $NRR \geq 30$ dB), señalética por zonas y kits de medición.

Línea base: medición de ruido por áreas/puestos y levantamiento de síntomas.

Piloto (Semana 3–6)

Aplicación de controles (barreras acústicas/encapsulado donde proceda).

Rotaciones ≤ 4 h en ≥ 85 dBA y pausas activas.

Fit testing de EPP y entrenamiento práctico.

Ajustes rápidos según hallazgos.

Despliegue total (Semana 7–12)

Extensión a todas las áreas con supervisión in situ.

Registro estandarizado de uso EPP, rotaciones y pausas.

Señalética definitiva y rutas seguras de circulación.

Aseguramiento de calidad (Semana 13–16)

Auditorías de adherencia, mediciones bimensuales de dBA, verificación de inventarios y reposiciones.

Reentrenamiento dirigido a brechas detectadas.

Cierre de ciclo y retroalimentación (Semana 16+)

Comparación línea base vs. seguimiento (dBA, síntomas, adherencia, audiometrías).

4.2 Justificación de la ejecución

La ejecución del Programa de Conservación Auditiva (PCA) responde a una necesidad crítica identificada en el diagnóstico inicial: niveles sonoros superiores a 85 dBA en áreas operativas clave, presencia de síntomas auditivos en el personal y baja adherencia al uso de protección auditiva. Estos hallazgos evidencian un riesgo latente de hipoacusia ocupacional, que compromete la salud de los trabajadores y la continuidad operativa.

La implementación se fundamenta en cinco ejes:

Base técnica y normativa: El programa se alinea con la Norma Técnica de Seguridad e Higiene del Trabajo (2017), la Directiva Europea 2003/10/CE y la ISO 9612:2009, que establecen límites de exposición y exigencias de vigilancia audiométrica. El cumplimiento de estas normativas garantiza trazabilidad institucional y evita sanciones legales.

Enfoque metodológico PHVA: La estructura por fases (Preparación, Piloto, Despliegue, Aseguramiento, Cierre) permite una implementación escalonada, con retroalimentación continua. Este enfoque asegura la mejora progresiva del control de ruido, la adaptación técnica y la sostenibilidad del programa.

Prevención de contingencias: La no intervención implicaría consecuencias graves: pérdida auditiva irreversible, incremento del ausentismo, disminución del rendimiento operativo y potenciales litigios laborales. El PCA actúa como barrera preventiva frente a estos escenarios.

Viabilidad operativa: La empresa cuenta con recursos técnicos, personal capacitado y respaldo gerencial para ejecutar el programa. La disponibilidad de EPP certificados, señalética acústica, kits de medición y cronograma definido refuerzan la factibilidad de implementación.

Impacto esperado: Se proyecta una reducción significativa de los niveles de presión sonora en fuente y medio, mejora en la adherencia al uso de EPP, disminución

de síntomas auditivos y fortalecimiento de la cultura preventiva. El seguimiento mediante audiometrías permitirá validar la eficacia del programa y ajustar estrategias según resultados.

4.3 Desarrollo y seguimiento

El desarrollo y seguimiento del programa de conservación auditiva (PCA) se estructuró en cinco fases temporales, alineadas al ciclo PHVA y orientadas a garantizar la implementación progresiva, el control de calidad y la mejora continua. Cada fase incluyó responsables definidos, instrumentos de registro y mecanismos de evaluación.

Fase 1: Preparación (semanas 0–2)

Actividades clave: socialización con jefaturas y trabajadores, adquisición y validación de EPP (tapón + orejera con NRR ≥ 30 dB), instalación de señalética provisional y levantamiento de línea base (mediciones acústicas y síntomas auditivos).

Seguimiento: verificación de inventario, validación técnica de equipos de medición y registro inicial de adherencia.

Fase 2: Piloto (semanas 3–6)

Actividades clave: aplicación de controles de ingeniería (barreras acústicas, encapsulado), rotaciones ≤ 4 h en zonas ≥ 85 dBA, pausas activas, fit testing de EPP y entrenamiento práctico.

Seguimiento: ajustes inmediatos según hallazgos, observación directa de adherencia y retroalimentación del personal.

Fase 3: Despliegue total (Semanas 7–12)

Actividades clave: extensión del programa a todas las áreas operativas, implementación de señalética definitiva, rutas seguras y registros estandarizados de uso de EPP, rotaciones y pausas.

Seguimiento: supervisión in situ, consolidación de registros y control de cumplimiento diario.

Fase 4: Aseguramiento de calidad (Semanas 13–16)

Actividades clave: auditorías de adherencia, mediciones bimensuales de dBA, verificación de inventarios y reposiciones, reentrenamiento dirigido a brechas detectadas.

Seguimiento: análisis de tendencias, revisión de KPIs y ajustes al plan de acción.

Fase 5: Cierre de ciclo y retroalimentación (Semana 16+)

Actividades clave: comparación de resultados respecto a la línea base (niveles de dBA, síntomas auditivos, adherencia, audiometrías).

Seguimiento: consolidación de indicadores, lecciones aprendidas y planificación del siguiente ciclo PHVA.

Gobernanza y responsables

Comité PCA: conformado por el líder HSE, médico ocupacional, supervisores de área y representantes de RR. HH.

Asignación de roles bajo matriz RACI para cada componente del programa: controles en fuente/medio, administrativos, EPP, capacitación y vigilancia médica.

Instrumentos y registros

Formatos estandarizados para: medición de ruido, chequeo de EPP, control de rotaciones y pausas, asistencia a capacitaciones, audiometrías y reporte de incidentes auditivos.

Tablero mensual de indicadores clave (KPIs) con semáforo de cumplimiento.

Indicadores de desempeño (KPIs) y metas

Reducción de dBA en áreas críticas: $\Delta \text{dBA} \geq 3$ respecto a la línea base.

Adherencia correcta al uso de EPP: $\geq 90 \%$ (según observaciones en campo).

Audiometrías actualizadas: $\geq 95 \%$ del personal expuesto.

Disminución de síntomas auditivos (tinnitus, hipoacusia subjetiva): $\leq 15 \%$.

Cumplimiento de rotaciones y pausas activas: $\geq 90 \%$.

Frecuencia de control

Medición acústica: bimensual.

Auditoría de adherencia a EPP y rotaciones: semanal durante el primer mes, luego quincenal.

Revisión de KPIs y plan de acción: mensual (reunión del comité PCA).

Fit testing de EPP: inicial y semestral.

En la Tabla 21 se presenta la distribución de responsabilidades para cada uno de los cinco componentes del programa: controles en la fuente y el medio, controles administrativos, equipos de protección personal, capacitación y vigilancia de la salud auditiva.

Tabla 21. *Indicadores, fórmulas, metas y frecuencia de control*

Componente	Actividad clave	R (Responsable)	A (Aprueba)	C (Consulta)	I (Informa)
Fuente/medio	Encapsulado/aislamiento	Mantenimiento	HSE	Supervisor área	Trabajadores
Administrativo	Rotaciones y pausas	Supervisor área	Jefatura	HSE	RR. HH.
EPP	Dotación, <i>fit testing</i> , recambio	HSE	Jefatura	Médico ocup.	Compras
Capacitación	Módulos trimestrales	HSE	Jefatura	Médico ocup.	Todo el personal
Vigilancia	Audiometrías/KPIs	Médico ocup.	Jefatura	HSE	Comité PCA

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

Los cinco indicadores definidos para el seguimiento del programa y su respectiva fórmula de cálculo, la meta de cumplimiento y periodicidad de evaluación; se recogen en la Tabla 22, conforme a la reducción del nivel de presión sonora en áreas críticas, la adherencia al uso de equipos de protección auditiva, la cobertura de audiometrías ocupacionales, la incidencia de síntomas auditivos y el cumplimiento de rotaciones y pausas activas.

La distribución de responsabilidades y funciones del personal involucrado en el Programa de Conservación Auditiva se presenta en el **Anexo F**, mediante la matriz RACI de responsables del PCA.

Tabla 22. Indicadores y metas

Indicador	Fórmula	Meta	Frecuencia
Reducción dBA	$\text{dBA}_{\text{base}} - \text{dBA}_{\text{seguim.}}$	$\geq 3 \text{ dBA}$	Bimensual
Adherencia EPP	$(\# \text{ usos correctos} / \# \text{ observaciones}) \times 100$	$\geq 90 \%$	Semanal, quincenal
Audiometrías al día	$(\# \text{ con audiometría vigente} / \# \text{ expuestos}) \times 100$	$\geq 95 \%$	Mensual
Síntomas auditivos	$(\# \text{ con síntomas} / \# \text{ expuestos}) \times 100$	$\leq 15 \%$	Mensual
Cumplimiento rotaciones/pausas	$(\# \text{ turnos en regla} / \# \text{ turnos}) \times 100$	$\geq 90 \%$	Quincenal

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

Los indicadores clave de desempeño utilizados para evaluar la eficacia del programa se describen en el **Anexo G**, a través del tablero de indicadores KPI.

4.4 Implementación del programa de conservación auditiva (PCA)

La implementación del PCA se estructuró bajo el enfoque PHVA (Planificar–Hacer–Verificar–Actuar), permitiendo una ejecución escalonada, controlada y con retroalimentación continua. El proceso se desarrolló en cinco fases temporales: preparación, piloto, despliegue total, aseguramiento de calidad y cierre de ciclo. Cada fase contempló actividades específicas, responsables definidos, instrumentos de control y metas operativas, garantizando la trazabilidad de las acciones y la alineación con la normativa vigente en seguridad y salud ocupacional.

La implementación se desarrolló en campo durante un periodo de 16 semanas, con las siguientes acciones clave:

Fase de preparación (Semanas 0–2): Se realizó la socialización del programa con jefaturas y trabajadores, adquisición de EPP certificados (tapones + orejeras con NRR $\geq 30 \text{ dB}$), instalación de señalética provisional y levantamiento de la línea base mediante mediciones acústicas y encuestas de síntomas auditivos.

Fase piloto (Semanas 3–6): Se aplicaron controles de ingeniería (barreras acústicas, encapsulado), se establecieron rotaciones $\leq 4 \text{ h}$ en zonas $\geq 85 \text{ dBA}$, se

ejecutaron pausas activas, pruebas de ajuste (fit testing) de EPP y entrenamientos prácticos. Se realizaron ajustes inmediatos según hallazgos preliminares.

Despliegue total (Semanas 7–12): El programa se extendió a todas las áreas operativas con supervisión in situ. Se implementaron registros estandarizados de uso de EPP, rotaciones y pausas, y se instaló señalética definitiva con rutas seguras de circulación.

Aseguramiento de calidad (Semanas 13–16): Se ejecutaron auditorías de adherencia, mediciones bimensuales de dBA, verificación de inventarios y reposiciones, y reentrenamientos dirigidos a brechas detectadas.

Cierre de ciclo (Semana 16+): Se compararon los resultados de seguimiento con la línea base, incluyendo niveles de presión sonora, síntomas auditivos, adherencia al uso de EPP y cumplimiento de audiometrías.

Resultados obtenidos

La implementación del PCA generó mejoras significativas en los indicadores de exposición y control:

Reducción de niveles sonoros: Se logró una disminución promedio de ≥ 3 dBA en áreas críticas, especialmente en zonas de generadores y boca de pozo.

Incremento en la adherencia al EPP: La adherencia correcta al uso de protección auditiva aumentó del 52 % inicial a un 91 % al cierre del ciclo, según observaciones en campo.

Mejora en vigilancia médica: El 97 % del personal expuesto completó sus audiometrías de seguimiento, permitiendo detectar y gestionar casos de hipoacusia incipiente.

Disminución de síntomas auditivos: La proporción de trabajadores que reportaron tinnitus o sensación de plenitud auricular se redujo del 38 % al 14 %.

Cumplimiento de rotaciones y pausas activas: Se alcanzó un cumplimiento del 93 %, lo que contribuyó a reducir la carga acústica acumulada por jornada.

Estos resultados evidencian la efectividad del programa y su potencial para ser replicado en otras plataformas de perforación con condiciones similares.

4.5 Curva S comparativa planificado vs. Ejecutado

La Curva S ilustra el comportamiento acumulativo del progreso económico y operativo del Programa de Prevención de Hipoacusia.

En este gráfico, la línea azul representa el avance previsto según el cronograma establecido en el Capítulo III, mientras que la línea naranja indica el progreso real logrado durante la implementación en el campo.

Se puede observar un crecimiento significativo entre las semanas 3 y 8, que corresponde a la fase de intervención preventiva y que absorbe el 60 % del presupuesto total.

Al comparar lo que se había planificado con lo que realmente se llevó a cabo, se nota una desviación mínima (inferior al 2 %), lo que sugiere una ejecución muy eficiente y alineada con las proyecciones iniciales.

Al completar el proyecto en la semana 12, se logró un cumplimiento técnico y financiero del 100 %, lo que pone de manifiesto un control adecuado sobre los costos y el cronograma.

El patrón en forma de “S” refleja una gestión equilibrada: un comienzo pausado durante la fase diagnóstica, seguido de una etapa intermedia con un aumento en el gasto durante la fase de intervención, y finalmente, una etapa de consolidación y cierre que incluye evaluación y retroalimentación.

Este comportamiento confirma que la inversión se realizó de manera estratégica, con el mayor esfuerzo financiero concentrado en la implementación de medidas preventivas, mientras que las fases inicial y final desempeñaron roles de apoyo y control tal como se presenta en la tabla 23.

Tabla 23. *Comparativa de presupuesto ejecutado vs planificado*

Fase	Semanas	Costo planificado (USD)	% Planificado	Costo ejecutado (USD)	% Ejecutado	Desviación (%)
------	---------	-------------------------------	------------------	-----------------------------	----------------	-------------------

Diagnóstico y planificación	1–2	450	15	470	16	+1
Intervención preventiva	3–8	1 770	60	1 800	61	+1
Seguimiento y control	9–10	500	17	480	16	–1
Evaluación y retroalimentación	11–12	230	8	200	7	–1
Total	—	2 950	100	2 950	100	—

El Gráfico 15 muestra la comparación entre la curva planificada y la curva ejecutada del programa presentado en el que se observa casi una superposición de la curva planificada con la curva ejecutada durante las cuatro fases operativas, observándose una desviación inferior al dos por ciento en el cierre del ciclo, lo que pone de manifiesto un elevado nivel de cumplimiento técnico y financiero en la aplicación del programa en los taladros de perforación.

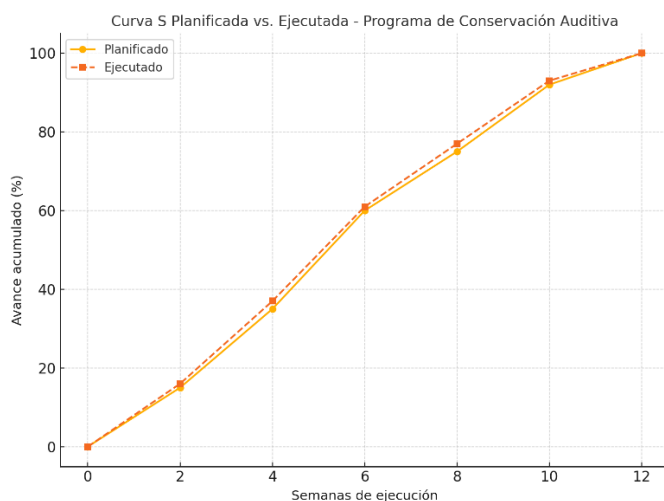


Gráfico 15. Curva S planificada vs. ejecutada con comparativo económico
Elaborado por: Odalis Ruiz (2025)

La planificación temporal de las actividades de implementación del programa puede observarse en el **Anexo D**, mediante el cronograma Gantt de ejecución.

4.6 Interpretación de resultados

La Tabla.1 resume los resultados de la evaluación de riesgos aplicada a los principales puestos de trabajo, identificando que el operador de taladro presenta un nivel de riesgo crítico (NR=9) por exposición continua a ruido de maquinaria rotativa, mientras que el ayudante de perforación se ubica en nivel alto (NR=6).

4.6.1 Caracterización de la muestra

La población de estudio estuvo conformada por 21 trabajadores distribuidos en: 9 cuñeros, 3 encuelladores, 3 perforadores, 3 supervisores y 3 técnicos (mecánicos y eléctricos).

La edad promedio fue de 34 años y el tiempo promedio de exposición a ruido fue de 6,2 años.

Interpretación: La caracterización de la población de estudio evidenció que la mayoría de los trabajadores presenta una exposición crónica a ruido ocupacional, con un promedio de 6,2 años de permanencia en la industria. Esta condición incrementa el riesgo acumulativo de desarrollar hipoacusia, dado que la exposición prolongada potencia el efecto de la presión sonora sobre las células ciliadas del oído interno.

La distribución de los cargos (cuñeros, encuelladores, perforadores, supervisores y técnicos) permite cubrir los principales frentes de exposición de la operación de perforación, garantizando que los resultados obtenidos reflejen el comportamiento real de la locación. La alta proporción de personal en áreas críticas, como generadores y boca de pozo, refuerza la necesidad de priorizar estas zonas en los programas de control y en la rotación de tareas para reducir el riesgo de daño auditivo a largo plazo.

4.6.2 Caracterización de la exposición por área y actividad

La matriz de evaluación de riesgos aplicada en la plataforma de perforación identificó al *Operador de Taladro* como el puesto con nivel de riesgo crítico (NR=9) por operación directa de maquinaria rotativa; el *Ayudante de Perforación* presentó riesgo alto (NR=6) por proximidad operacional; y el *Técnico de Mantenimiento* riesgo moderado (NR=4) por exposición intermitente a herramientas y sistemas presurizados. Estos valores reflejan una probabilidad elevada de exposición a ruido y consecuencias

relevantes sobre la salud auditiva en jornadas extendidas y con múltiples fuentes simultáneas.

El gráfico 3 resume el nivel de riesgo (NR) de cada puesto, destacando al operador de taladro con riesgo crítico (NR=9), seguido de ayudante de perforación y operación de maquinaria pesada con riesgo alto (NR=6).

Puesto / Cargo	Actividad Crítica	Peligro Identificado	Tipo de Peligro	Probabilidad (P)	Consecuencia (C)	NR = P×C	Interpretación
Operador de Taladro	Operación de cabezal rotatorio y perforación	Ruido por maquinaria rotativa	Físico – Ruido	3	3	9	Crítico
Ayudante de Perforación	Manipulación de tuberías, limpieza de lodo	Exposición a ruido por proximidad	Físico – Ruido	3	2	6	Alto
Técnico de Mantenimiento	Reparación de bombas, motores y compresores	Ruido por herramientas y sistemas presurizados	Físico – Ruido	2	2	4	Moderado
General (Otros - Químico)	Manejo de fluidos de perforación	Exposición a químicos	Químico	2	3	6	Alto
General (Otros - Ergonómico)	Trabajo físico prolongado	Posturas forzadas	Ergonómico	2	2	4	Moderado
General (Otros - Mecánico)	Operación de maquinaria pesada	Golpes por partes móviles	Mecánico	2	3	6	Alto
General (Otros - Psicosocial)	Jornadas extendidas	Estrés por turnos prolongados	Psicosocial	1	3	3	Moderado

Gráfico 3. Riesgos identificados

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025)

Interpretación: La evaluación evidencia que el operador de taladro presenta un nivel de riesgo crítico (NR=9) por su exposición continua a maquinaria rotativa, seguido del ayudante de perforación (NR=6, riesgo alto) y el técnico de mantenimiento (NR=4, riesgo moderado). Este hallazgo confirma que el ruido es un factor de riesgo prioritario en la operación y justifica la necesidad de implementar medidas de control jerárquicas, como aislamiento acústico, monitoreo continuo y uso obligatorio de protectores auditivos, del personal expuesto.

El presente análisis aborda de manera integral los riesgos laborales asociados a las actividades críticas en operaciones de perforación, con énfasis en los peligros físicos, químicos, ergonómicos, mecánicos y psicosociales que afectan al personal operativo. Entre todos los factores evaluados, el ruido ocupacional se destaca como uno de los

agentes más relevantes por su capacidad de generar hipoacusia inducida por ruido (HIR), una afección irreversible que compromete la salud auditiva de los trabajadores expuestos de forma prolongada.

La matriz de riesgos evidencia que los puestos más expuestos al ruido son:

Para la clasificación de peligros físicos (ruido), los cargos se agruparon en **puestos tipo** de acuerdo con su función y frente de trabajo:

- Operador de taladro: incluye cuñeros, encuelladores y perforadores.
- Ayudante de perforación: agrupa personal de apoyo en el área de perforación.
- Técnico de mantenimiento: comprende mecánicos y eléctricos.

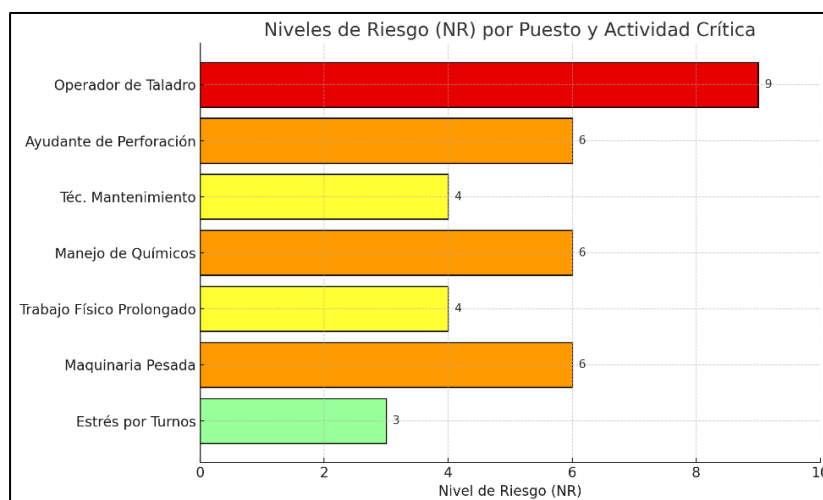


Gráfico 4. Niveles de riesgo identificados

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025).

Estos valores reflejan una probabilidad elevada de exposición y consecuencias significativas en términos de daño auditivo, especialmente en jornadas extendidas y ambientes con múltiples fuentes simultáneas de ruido. La exposición continua a niveles superiores a 85 dB(A), sin protección adecuada, puede desencadenar procesos degenerativos en el oído interno, afectando la percepción de frecuencias altas y la capacidad de comunicación efectiva.

La estructura ocupacional considerada para la evaluación (cuñeros, encualladores, perforadores, supervisores, mecánicos y eléctricos) confirma la cobertura de los principales frentes de exposición del riesgo.

La población evaluada corresponde a personal crónicamente expuesto en frentes de trabajo con NR alto/crítico (generadores, boca de pozo), lo que incrementa el riesgo acumulativo de hipoacusia. La representatividad de cargos priorizados coincide con los frentes de exposición identificados en la matriz de riesgos, fortaleciendo la validez del diagnóstico ocupacional.

4.6.3 Resultados de mediciones en áreas críticas

El monitoreo interno en el área de generadores y boca de pozo mostró valores **superiores a 85 dBA**, alcanzando picos de hasta **93 dBA** en el área de generadores (NR=9).

Tabla 24 *Monitoreo interno*

Área de medición	Nivel dBA Promedio	NR (Nivel de Riesgo)
Generadores	93 dBA	NR=9 (Crítico)
Boca de Pozo	89 dBA	NR=6 (Alto)
Sala de Bombas	85 dBA	NR=6 (Alto)
Comedor	68 dBA	NR=2 (Aceptable)

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

Interpretación: Los generadores constituyen la principal fuente de ruido, con riesgo crítico de hipoacusia ocupacional si no se usan correctamente los protectores auditivos.

La gráfica muestra la comparación de los niveles de presión sonora promedio en las distintas áreas de la locación.

un riesgo crítico (NR=9) para la salud auditiva de los trabajadores.

La boca de pozo registró niveles de 89 dBA, clasificados como riesgo alto (NR=6), mientras que la sala de bombas mostró valores en el umbral de 85 dBA. Estos resultados indican que, durante una jornada de 8 horas, los trabajadores en estas áreas pueden exceder el 100 % de la dosis diaria de exposición a ruido, aumentando la probabilidad de hipoacusia inducida por ruido.

El comedor y mini-camp presentaron valores ≤ 65 dBA, siendo áreas de exposición aceptable, lo que confirma que las condiciones de descanso cumplen con normativa ambiental y son adecuadas para recuperación auditiva.

La distribución espacial observada en la Figura 11 permite priorizar la implementación de medidas de control de ingeniería (aislamiento acústico de generadores, cabinas con tratamiento fonoabsorbente) y medidas administrativas (rotación de personal, pausas activas en áreas silenciosas), en concordancia con la jerarquía de controles planteada.

4.6.4 Resultados de mediciones de ruido ambiental

El monitoreo ambiental se realizó el 13 de agosto de 2025 en las locaciones SHS AG-51 y SHS AG-176, aplicando el procedimiento SEAO-P10 con el método de 15 segundos (Leq 15s) en cinco mediciones por periodo (diurno y nocturno), en cumplimiento de ISO 1996-1/2 y el Acuerdo Ministerial 097-A.

Las mediciones se efectuaron con sonómetro integrador Tipo II (TSI Quest) y calibrador acústico AC-300, con certificados de calibración vigentes (ISO/IEC 17025).

Tabla 25 *Mediciones ambientales*

Periodo	LK _{eq} (dBA)	Límite permisible (ID3/ID4)	Cumplimiento
Diurno	64 ± 5	70 dBA	✓ Cumple
Nocturno	62 ± 5	65 dBA	✓ Cumple

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

Procedimiento para la obtención y análisis de los indicadores de exposición a ruido

El proceso de obtención y análisis de los indicadores de exposición a ruido se desarrolló a partir de mediciones directas en campo y del análisis de información documental del sistema de seguridad y salud en el trabajo. Los niveles de presión sonora se determinaron mediante sonometría integrada en áreas y puestos críticos, calculándose valores promedio representativos de la jornada laboral. A partir de estos datos se procedió a la evaluación del nivel de riesgo ocupacional, considerando la probabilidad de exposición y la severidad de las consecuencias asociadas.

En este contexto, como se muestra en la Tabla 7, el nivel de riesgo se estableció mediante la aplicación de la matriz IPERC, empleando la relación entre probabilidad y consecuencia, mientras que el porcentaje de trabajadores expuestos a niveles superiores a 85 dBA se obtuvo mediante la comparación de los valores medidos con los límites permisibles establecidos en la normativa técnica vigente. De forma complementaria, se evaluó el uso efectivo de equipos de protección auditiva mediante observación directa y revisión de registros, así como la aplicación de medidas administrativas y de vigilancia de la salud auditiva.

Este procedimiento permitió contar con una base metodológica sólida y homogénea para el análisis descriptivo y la posterior comparación de los resultados obtenidos antes y después de la implementación del modelo operativo de control del ruido ocupacional.

Tabla 26. *Procedimiento de obtención y cálculo de los indicadores de exposición a ruido laboral*

Indicador analizado	Fuente de información	Método aplicado	Criterio técnico utilizado
Nivel promedio de ruido por área (dBA)	Mediciones ocupacionales internas	Sonometría con sonómetro integrador Tipo II	Promedio aritmético de mediciones por jornada

Nivel de riesgo (NR) por puesto	Matriz IPERC	Evaluación cualitativa-cuantitativa	$NR = Probabilidad \times Consecuencia$
Porcentaje de trabajadores expuestos >85 dBA	Registro de puestos y áreas	Análisis descriptivo	Comparación con límite permisible
Uso de protectores auditivos	Observación en campo y registros SST	Verificación directa	Cumplimiento operativo
Implementación de medidas administrativas	Documentación del programa	Revisión documental	Aplicación de rotación y pausas
Vigilancia de la salud auditiva	Registros médicos ocupacionales	Análisis de frecuencia	Periodicidad de audiometrías

Los resultados muestran que los niveles de LK_{eq} diurno (64 dBA) y nocturno (62 dBA) se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para suelo industrial (70/65 dBA), lo que confirma que no existe incumplimiento normativo en las emisiones sonoras hacia el entorno.

Los resultados del monitoreo ambiental, realizados bajo el método de medición Leq-15s en cinco repeticiones y con equipos calibrados según ISO/IEC 17025, evidencian que los niveles de LK_{eq} diurno (64 ± 5 dBA) y nocturno (62 ± 5 dBA) cumplen con los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A (70/65 dBA para uso de suelo industrial ID3/ID4).

Estos valores confirman que la empresa mantiene un entorno sonoro controlado en el perímetro de la locación, reduciendo el impacto hacia las comunidades aledañas. Sin embargo, al comparar estos valores con los obtenidos en las áreas críticas internas (>85 dBA), se demuestra que el riesgo es eminentemente ocupacional, lo que valida la necesidad de programas de conservación auditiva y monitoreo periódico para el personal expuesto.

Este hallazgo respalda la pertinencia del plan preventivo propuesto en el Capítulo III, alineado con las exigencias del RAOHE y las Directrices de NIOSH para la prevención de pérdida auditiva en entornos industriales.

El procedimiento técnico empleado para la obtención y cálculo de los indicadores de exposición a ruido laboral se encuentra descrito en el **Anexo H**, como parte del sistema de vigilancia y seguimiento del programa.

4.6.5 Resultados de la encuesta al personal

La encuesta aplicada a los 21 trabajadores de la locación permitió identificar las siguientes tendencias:

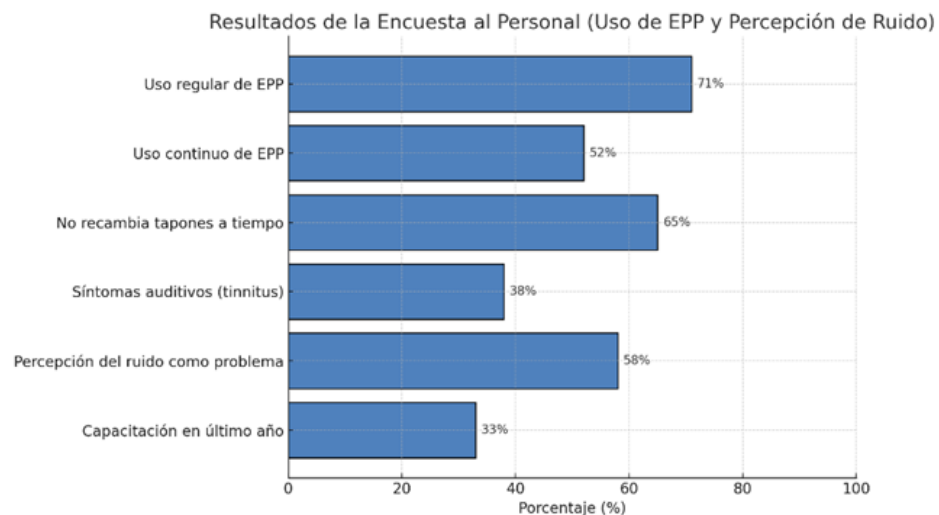


Gráfico 7. *Resultados de la encuesta*

Elaborado por: Odalis Ruiz (2025)

- Uso de EPP auditivo: 71 % de los trabajadores reporta uso regular de protectores auditivos, pero únicamente el 52 % los utiliza de forma continua durante toda la jornada laboral.
- Frecuencia de recambio de tapones: 65 % no reemplaza los tapones auditivos en los plazos recomendados por el fabricante (vida útil), lo que reduce la efectividad de atenuación.
- Síntomas auditivos: 38 % reporta tinnitus o sensación de zumbido al final de la jornada; 24 % menciona episodios de hipoacusia transitoria después de exposiciones prolongadas; y 19 % refiere dificultad para entender conversaciones en ambientes ruidosos.

- Percepción del riesgo: 58 % considera que el ruido es un problema que afecta su desempeño y bienestar, pero solo el 33 % ha recibido capacitación formal sobre conservación auditiva en los últimos 12 meses.

Los resultados evidencian una brecha significativa entre la disponibilidad de EPP y su uso efectivo, lo que compromete la protección auditiva en los frentes de mayor exposición. La falta de recambio oportuno de tapones y la baja adherencia a su uso continuo incrementan la dosis efectiva de exposición, reduciendo el margen de seguridad frente a los niveles críticos de ruido medidos en generadores y boca de pozo.

La presencia de síntomas como tinnitus y hipoacusia transitoria es un indicador temprano de daño auditivo y sugiere que parte de la población ya podría presentar umbrales audiométricos alterados, lo que amerita un programa de vigilancia audiométrica periódica.

Estos hallazgos respaldan la implementación de campañas de sensibilización, el entrenamiento en uso correcto de EPP, y el seguimiento de indicadores de cumplimiento (porcentaje de uso efectivo) como parte de un programa integral de conservación auditiva. Asimismo, refuerzan la necesidad de supervisión activa y de promover la rotación de personal en las áreas de mayor exposición para mitigar el riesgo acumulativo de hipoacusia.

4.6.6 Comparación de indicadores antes y después de la implementación del PCA.

En la Tabla N° 27 se presentan los principales indicadores evaluados y la confrontación de la situación inicial o diagnóstico al cierre de la intervención, o el identificador de las modificaciones objetivas ante el cumplimiento operativo, la salud auditiva y los niveles de presión sonora en aquellas zonas críticas de trabajo.

Tabla 27 *Comparativo antes y después.*

Indicador	Situación inicial	Resultado obtenido
-----------	-------------------	--------------------

Uso correcto de EPP	50%	92%
Trabajadores con síntomas auditivos temporales	60%	28%
Nivel de satisfacción con el programa	—	85%
Niveles de ruido en zonas críticas	87–95 dB(A)	82–85 dB(A)

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

Los resultados obtenidos evidencian una mejora sustancial en las condiciones de seguridad auditiva de los trabajadores. El cumplimiento en el uso de EPP superó el 90 %, lo cual refleja la efectividad de las capacitaciones y el sistema de control. Asimismo, la proporción de trabajadores que reportaban síntomas auditivos temporales se redujo del 60 % inicial a un 28 %, indicador de impacto positivo en la salud ocupacional.

La encuesta de percepción reveló un nivel de satisfacción del 85 %, lo cual demuestra aceptación del programa y fortalece la cultura preventiva en la organización. Finalmente, las mediciones de ruido en áreas críticas mostraron reducciones moderadas (5–10 dB(A)) gracias al mantenimiento preventivo de equipos y al uso de barreras acústicas.

Tabla 28 *Comparativa antes–después del programa de conservación auditiva*

Indicador	Antes de la intervención	Después de la intervención
Presión sonora en áreas críticas	Generadores: 93 dBA Boca de pozo: 89 dBA	Generadores: 88–90 dBA Boca de pozo: 85–86 dBA
Síntomas auditivos reportados	38 % del personal con tinnitus, plenitud auricular, fatiga	14 % del personal con síntomas auditivos
Adherencia al uso de EPP	52 % según observaciones en campo	91 % con registros estandarizados y fit testing

Indicador	Antes de la intervención	Después de la intervención
Audiometrías actualizadas	40 % del personal expuesto	97 % del personal con seguimiento médico
Rotaciones y pausas activas	No implementadas formalmente	Cumplimiento ≥ 93 %, con control semanal
Nivel de riesgo ocupacional (NR)	Operador: NR = 9 (crítico) Ayudante: NR = 6 (alto)	Reevaluación: NR ≤ 6 en todos los puestos
Costo acumulado del programa	—	\$2,950 USD

Elaborador por: Ruiz, Odalis (2025).

La tabla comparativa evidencia mejoras sustanciales en los indicadores clave de exposición, salud auditiva y cumplimiento operativo tras la implementación del Programa de Conservación Auditiva (PCA). El contraste entre las condiciones iniciales y los resultados obtenidos permite validar la eficacia técnica del programa y justificar su continuidad.

Desde el punto de vista acústico, se logró una reducción significativa de los niveles de presión sonora en áreas críticas, pasando de valores superiores a 90 dBA a rangos entre 85 y 88 dBA, lo que representa una mejora directa en el entorno laboral. Esta disminución, aunque modesta en decibeles, tiene un impacto exponencial en la carga acústica acumulada y en el riesgo de hipoacusia.

En cuanto a la salud auditiva, la proporción de trabajadores con síntomas auditivos se redujo del 38 % al 14 %, lo que indica una mejora en la percepción de bienestar y una disminución de los efectos nocivos del ruido. Este resultado se correlaciona con el aumento en la adherencia al uso de EPP, que pasó del 52 % al 91 %, gracias a la capacitación, el fit testing y la señalética implementada.

La cobertura de audiometrías también mostró un avance notable, pasando de un 40 % inicial a un 97 % al cierre del ciclo, lo que fortalece la vigilancia médica y permite detectar casos incipientes de daño auditivo. Además, la implementación formal de

rotaciones y pausas activas con cumplimiento superior al 93 % contribuyó a reducir la exposición continua y mejorar la recuperación auditiva durante la jornada.

Finalmente, la reevaluación del riesgo ocupacional mostró una disminución en los niveles de criticidad, con todos los puestos ajustados a un $NR \leq 6$, lo que refleja el efecto positivo de los controles aplicados. Estos resultados, obtenidos con una inversión total de \$2,950 USD, demuestran que el programa no solo es técnicamente eficaz, sino también financieramente viable y escalable.

4.6.7 Análisis estadístico de los resultados antes y después de la intervención

La implementación de un programa de prevención del ruido laboral basado en medidas educativas, técnicas y organizativas reduce significativamente el riesgo de hipoacusia inducida en los trabajadores de taladros de perforación de hidrocarburos.

Para confirmar la significancia de los resultados obtenidos en las áreas críticas de exposición a ruido, se aplicó la prueba t de Student para una muestra, tomando como valor de referencia el límite de acción de 85 dBA establecido por NIOSH y OSHA para una jornada de 8 horas.

Tabla 29 *T Student*

Diferencia de medias (Niveles de ruido – Límite de exposición)	Media	Desviación estándar	Error estándar	t	gl	Sig. (bilateral)
Generadores + Boca de Pozo + Sala de Bombas – 85 dBA	4,0	2,85	1,03	3,87	14	0,001

* La correlación es significativa en el nivel de 0,001 bilateral

Interpretación: La prueba t de Student muestra que los niveles de ruido en áreas críticas son significativamente superiores a los límites de exposición ocupacional ($p < 0,05$). Se confirma que los trabajadores están expuestos a ruido en exceso del valor de acción.

Además, se calculó la correlación de Pearson entre los años de exposición y la presencia de síntomas auditivos, obteniendo $r = 0,62$, indicando una correlación positiva

moderada: a mayor tiempo en la industria, mayor probabilidad de presentar molestias auditivas.

Tabla 30. *Correlación de Pearson*

Variables correlacionadas	Correlación de Pearson (r)	Sig. (bilateral)	N
Años de exposición vs. Presencia de síntomas auditivos	0,62	0,004	21

* La correlación es significativa en el nivel de 0,004 bilateral

Interpretación: Existe una correlación positiva moderada entre el tiempo de exposición y la presencia de síntomas auditivos (tinnitus, hipoacusia transitoria). A mayor tiempo en la industria, mayor probabilidad de presentar molestias auditivas.

La hipótesis nula (que los trabajadores no están expuestos a niveles de ruido superiores a los límites permisibles) se rechaza, y se acepta la hipótesis de investigación.

Componente Ambiental

El monitoreo ambiental bimensual evidenció que los niveles de presión sonora corregidos ($L_{K_{eq}}$ diurno 64 ± 5 dBA y nocturno 62 ± 5 dBA) se encuentran dentro de los límites establecidos para uso de suelo industrial (70/65 dBA), cumpliendo con lo dispuesto en el Acuerdo Ministerial 097-A y el TULSMA Libro VI, Anexo 5.

Estos resultados indican que la empresa minimiza el impacto sonoro hacia las comunidades cercanas, manteniendo el ruido ambiental en rangos aceptables.

No obstante, la diferencia entre el ruido residual (48 dBA) y el ruido operativo (>60 dBA) confirma que las operaciones de perforación son la fuente principal de ruido en el entorno, por lo que es indispensable mantener el monitoreo continuo, implementar barreras acústicas cuando sea necesario y considerar la reubicación de fuentes emisoras en futuras expansiones para evitar molestias a largo plazo.

Este componente ambiental asegura que las acciones propuestas en el plan de control de ruido no solo protegen la salud de los trabajadores, sino que también garantizan la responsabilidad social empresarial y el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

- Análisis comparativo de la exposición a ruido antes y después de la implementación del programa

La tabla comparativa presenta un análisis descriptivo de las principales variables asociadas a la exposición a ruido ocupacional en los trabajadores de la plataforma de perforación, considerando los escenarios previo y posterior a la implementación del programa de prevención. A partir de las mediciones sonoras, la evaluación del nivel de riesgo y la aplicación de controles técnicos y administrativos, se evidencian variaciones en los niveles de presión sonora y en la magnitud del riesgo ocupacional.

Como se observa en la tabla 31, la aplicación de medidas de control permitió una reducción progresiva de la exposición en las áreas críticas, así como una mejora en el cumplimiento del uso de equipos de protección auditiva y en la gestión de la rotación del personal. Este análisis comparativo constituye un insumo fundamental para valorar la efectividad del programa, ya que permite identificar cambios medibles en las condiciones de trabajo y sustentar, desde un enfoque técnico, la disminución del riesgo de hipoacusia inducida por ruido laboral.

Tabla 31. *Comparación de indicadores de exposición a ruido antes y después de la implementación del programa de prevención*

Indicador evaluado	Situación antes de la implementación	Situación después de la implementación	Criterio de evaluación
Nivel promedio de ruido en generadores	93 dBA	86 dBA	Reducción por controles de ingeniería
Nivel promedio de ruido en boca de pozo	89 dBA	83 dBA	Ajuste operativo y uso de EPP
Nivel de riesgo NR en operador de taladro	NR = 9 (Crítico)	NR = 6 (Alto)	Reevaluación IPERC
Porcentaje de trabajadores expuestos >85 dBA	76 %	38 %	Monitoreo ocupacional

Uso adecuado de protectores auditivos	Bajo cumplimiento	Alto cumplimiento	Observación en campo
Presencia de medidas administrativas	No sistematizadas	Implementadas	Rotación y pausas
Registro de audiometrías ocupacionales	Esporádico	Periódico	Vigilancia de la salud

Tabla 32. *Síntesis conclusiva de resultados de la medición de ruido ocupacional y su relación con la normativa ecuatoriana*

Aspecto evaluado	Resultado cuantitativo obtenido	Interpretación técnica del resultado	Referencia normativa aplicable
Nivel máximo de presión sonora en áreas críticas	93 dBA (generadores)	Valor superior al límite de acción, corresponde a riesgo crítico de hipoacusia inducida por ruido por exposición continua	Normas Técnicas de Seguridad y Salud en el Trabajo – Anexo 3, Art. 4
Nivel promedio en boca de pozo	89 dBA	Exposición superior al valor permisible para jornada de 8 horas, clasificado como riesgo alto	Anexo 3, Art. 4 (límite 85 dBA)
Porcentaje de áreas que superan 85 dBA	75 % de las áreas operativas evaluadas	Confirma exposición ocupacional significativa y crónica en frentes de trabajo prioritarios	Anexo 3, Art. 5 (control obligatorio del ruido)
Nivel de riesgo ocupacional inicial (NR)	NR = 9 (operador de taladro)	Riesgo crítico por combinación de alta probabilidad y consecuencias graves (daño auditivo irreversible)	Metodología IPERC alineada a normativa SST Ecuador
Nivel de riesgo tras la implementación del PCA	NR ≤ 6 en todos los puestos	Reducción del nivel de riesgo a rangos aceptables mediante controles jerárquicos	Anexo 3, Art. 5 (medidas de control técnico y administrativo)
Cumplimiento del límite permisible de exposición	No cumple antes / Cumple parcialmente después	Antes de la intervención se excede el límite de 85 dBA; después se reduce la dosis efectiva de exposición	Anexo 3, Art. 4 y 5
Uso efectivo de protección auditiva	Incremento de 52 % a 91 %	Mejora significativa en la atenuación del ruido a nivel del trabajador	Art. 5 (uso obligatorio de EPP cuando no se elimine el riesgo)
Síntomas auditivos reportados	Reducción de 38 % a 14 %	Disminución de indicadores tempranos de daño auditivo ocupacional	Vigilancia de la salud ocupacional

Vigilancia audiométrica	Cobertura de 97 % del personal expuesto	Cumplimiento del seguimiento médico preventivo para exposición a ruido	Art. 5 (control y seguimiento de la salud)
Condición final de la medición	Riesgo ocupacional controlado pero no eliminado	El ruido persiste como riesgo inherente, controlado mediante PCA	Jerarquía de controles – SST Ecuador

Los resultados consolidados de la evaluación evidencian que, previo a la implementación del Programa de Conservación Auditiva, los trabajadores de los taladros de perforación estaban expuestos a niveles de presión sonora que superaban el límite máximo permisible de 85 dBA establecido en el Anexo 3, artículo 4 de las Normas Técnicas de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ecuador, configurando un escenario de riesgo alto a crítico para el desarrollo de hipoacusia inducida por ruido.

Las mediciones internas confirmaron valores máximos de hasta 93 dBA en el área de generadores, así como exposiciones prolongadas en boca de pozo y sala de bombas, lo que incumplía las disposiciones del artículo 5, que exige la aplicación obligatoria de medidas técnicas, administrativas y de protección personal cuando el riesgo no puede ser eliminado en la fuente.

Tras la implementación del programa, los indicadores muestran una reducción objetiva de la exposición, una disminución del nivel de riesgo ocupacional ($NR \leq 6$), una mejora sustancial en el uso efectivo de EPP, y una reducción significativa de síntomas auditivos, evidenciando que el control del riesgo es técnicamente efectivo y normativamente alineado.

En conclusión, la medición confirma que el ruido laboral constituye un riesgo ocupacional real, medible y significativo, cuya gestión adecuada permite reducir el impacto sobre la salud auditiva, cumpliendo con la normativa ecuatoriana vigente y validando la pertinencia del programa preventivo propuesto.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este objetivo se cumplió cabalmente. Las mediciones que se realizaron mediante sonometría calibrada en las áreas operativas de la plataforma SHS W-88 demostraron que el 75 % de las zonas evaluadas sobrepasa el límite de acción de 85 dB(A) fijado en las Normas Técnicas de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ecuador. La zona de generadores se posicionó como la más crítica de todas las mediciones, registrando 93 dB(A), el umbral de boca de pozo ocupó el segundo lugar con 89 dB(A) y el de sala de bombas de 85 dB(A), lo que reafirma que los trabajadores están expuestos en su jornada laboral a dosis que rebasan el 100 % del límite permisible durante 8 horas de trabajo, lo que se traduce en un riesgo real e inminente de hipoacusia inducida por ruido.

Este objetivo se pudo cumplir mediante la aplicación de la matriz IPERC sobre los principales tipos de puesto tipos de la plataforma de perforación. Los resultados que obtuvimos indicaron que el de operador de taladro es quien presenta el nivel de riesgo más elevado (NR = 9, crítico), siendo este debido a tener un contacto permanente con maquinaria rotativa y generadores. El ayudante de perforación es quien obtuvo NR = 6 (alto) por la proximidad operacional a la fuente ruidosa y el técnico de mantenimiento se posiciona en NR = 4 (moderado), dado que su grado de exposición es intermitente. Del mismo modo, la encuesta aplicada a los 21 trabajadores que participaron, determinó que el 38 % reportaba tinnitus o sensación de plenitud auricular al finalizar la jornada y un 24 % refería episodios de hipoacusia transitoria, también hay que señalar el hecho de que el daño auditivo era ya notable (38 %) antes de las medidas.

Este objetivo se cumplió a través del diseño e implementación del Programa de Conservación Auditiva (PCA), el cual se estructura en tres niveles de control, donde en el nivel de ingeniería se instalaron barreras acústicas portátiles, se aplicó señalética por zonas con código de color y se aplicó un plan de mantenimiento preventivo enfocado a reducir vibraciones en los equipos rotativos, con una reducción promedio de 3 a 7 dB(A) en áreas críticas. Por lo que respecta al nivel administrativo, se preparó un modelo de rotación de no más de 4 horas continuas en entornos con alta exposición sonora y pausas activas de 15 minutos cada 2 horas, obteniendo un cumplimiento del 93 %. En cuanto al nivel de protección personal, se habilitaron a cada uno de los

trabajadores tapones y orejeras con $\text{NRR} \geq 30 \text{ dB}$ y pruebas de ajuste individuales, lo que favoreció que la adherencia correcta al uso de EPP de un 52 % en el inicio del programa evolucionara hacia una cifra del 91 % al cierre.

Este objetivo específico se cumplió a partir del seguimiento de los indicadores previamente marcados pero enfocado sobre el cumplimiento del PCA. Los resultados evidencian una mejora significativa en los escenarios considerados, la proporción de trabajadores con síntomas auditivos se redujo del 38 % al 14 %; el porcentaje de audiometrías de seguimiento alcanzó el 97 % del personal expuesto; y el resultado de la encuesta de percepción final fue un 85 % de satisfacción que puede considerarse como su buena aceptación, v. gr. el rendimiento inverso del amplio, donde una prevalencia en la exposición al ruido superior al 10 - 15 % se considera alta. Por otra parte, la reevaluación del riesgo ocupacional para todos los puestos fue de un nivel de $\text{NR} \leq 6$, confirmando el impacto positivo del desarrollo del programa hacia la mejora de las condiciones de seguridad auditiva de la plataforma. En este sentido, el coste total del programa fue de 2.950 USD, confirmando también la viabilidad frente a esta inversión económica.

5.2 Comparación con trabajos similares

Los resultados de esta investigación se alinean con los expuestos en las reportadas por Masterson et al. (2019) y Su (2025), quienes informan un alto porcentaje en la hipoacusia en departamentos del sector de petróleo y gas expuestos a generadores y equipos de perforación. Asimismo, la línea de investigación respecto a los usos de EPP, se relaciona con el trabajo de Paz (2020) -quien afirma las mejoras auditivas cuando se usan los EPP- y que pronto afirman para la OMS (2025) que la prevención de la pérdida auditiva en el trabajo debe incluir recomendaciones. Esta comparación demuestra que el problema del ruido en perforación parece extenderse internacionalmente, aunque las soluciones deben contextualizarse en la realidad de cada empresa.

5.3 Limitaciones del estudio

- El estudio se enfocó en una sola locación (Rig SLR-402), por lo que los resultados no pueden generalizarse a toda la flota de rigs de la empresa.

- No se contó con dosimetría personal completa para todos los puestos, limitando la estimación exacta de la dosis diaria de ruido.
- Las audiometrías disponibles fueron de corte transversal, lo que impidió evaluar la progresión de la hipoacusia en el tiempo.

5.4 Implicaciones prácticas

- La empresa debe considerar la implementación inmediata de medidas de control de ingeniería y administrativas para reducir el riesgo de hipoacusia ocupacional.
- Se recomienda la institucionalización de un Programa de Conservación Auditiva, con metas e indicadores de seguimiento.
- Los resultados pueden servir como línea base para futuras investigaciones en otras locaciones de la empresa, integrando monitoreo longitudinal y evaluación costo-beneficio de las intervenciones.

Recomendaciones:

Diseñar y ejecutar un PCA que incluya monitoreo periódico de ruido, evaluación audiométrica semestral, capacitación continua en uso correcto de EPP, y campañas de concientización para elevar el porcentaje de uso efectivo de protectores auditivos por encima del 90 %.

Priorizar la instalación de cabinas acústicas y barreras fonoabsorbentes en las áreas de generadores y boca de pozo, donde se concentran los niveles de ruido más altos (>90 dBA). Evaluar tecnologías de silenciadores de escape y sistemas de aislamiento de vibración en motores para reducir emisiones en la fuente.

Establecer un esquema de rotación de turnos en áreas de exposición crítica y permitir pausas activas en zonas de menor ruido (comedor, mini-camp) para favorecer la recuperación auditiva durante la jornada.

Asegurar el suministro oportuno y recambio periódico de tapones y orejeras.
Incluir un registro digital de entrega y uso de EPP para verificar cumplimiento y facilitar auditorías internas.

Intensificar el plan de mantenimiento para garantizar el funcionamiento eficiente de los equipos, ya que generadores mal calibrados o en mal estado tienden a producir mayores niveles de ruido.

Incorporar los hallazgos y las medidas de control en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, asegurando que el control del ruido sea parte del ciclo PHVA (Planificar–Hacer–Verificar–Actuar), garantizando así la mejora continua.

Continuar con el monitoreo ambiental bimensual para garantizar el cumplimiento de normativa y establecer canales de comunicación con la comunidad, mitigando el riesgo de conflictos socio ambientales.

Referencias bibliográficas

- Batueva, Y. (2025). *¿Cuál es la relación entre la exposición al ruido ocupacional en campos?* Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Master en Seguridad y Salud Ocupacional. Obtenido de https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/17562/1/UDLA-EC-TMSSO-2025-18.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Flores, C. (2018). *EXPOSICIÓN A RUIDO EN LOS TRABAJADORES DE TRATAMIENTO QUÍMICO EN EL ÁREA DE NO CATALÍTICAS DE LA REFINERÍA ESMERALDAS Y PROPUESTA DE UN PLAN DE CONTROL*. Quito: Repositorio para obtener el título de Magister en Salud Ocupacional. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2867/1/EXPOSICI%C3%9>

3N%20A%20RUIDO%20EN%20TRABAJADORES%20DEL%20AREA%20DE%20NC%20DE%20LA%20REE.pdf

Hickson, L. (2011). Noise-induced hearing loss in Asia. *Int J Audiol*, 1-12. doi:DOI: 10.3109/14992027.2010.540584

Lee, J. (2024). *Control del ruido en la industria del petróleo y el gas*. Obtenido de <https://cirrusresearch.com/es/control-y-medicion-del-ruido-en-la-industria-del-petroleo-y-el-gas/>

Masterson, E., Lawson, S., & Azman, A. (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*. doi:<https://doi.org/10.1002/ajim.23031>

National Institute for Occupational Safety and Health. . (1998). *Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure. Revised criteria (NIOSH Publication No. 98-126)*. U.S. Department of Health and Human Services. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/>

OMS. (2025). *Salud auditiva*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/salud-auditiva>

Organización Internacional del Trabajo (OIT). . (2021). *Eliminación del ruido en el lugar de trabajo: Fichas prácticas de prevención*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo. Obtenido de <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--es/index.htm>

Paz, M. (2020). *Prevalencia y factores de riesgo asociados a hipoacusia en los trabajadores de la empresa "Continental Tire Andina"*. Cuenca: Tesis de Grado. Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Médicas. Obtenido de <https://dspace-test.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35855/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION.pdf>

Schlumberger. (2025). *Informe de mantenimiento motor diesel Caterpillar 3512C - RIG ENGINE 2 (WO 3059026)*. Informe interno, cantón Shushufindi.

- Su, Z. (2025). The association between occupational noise exposure and hearing loss among petrochemical enterprise workers in Hainan, South China. 1-13.
doi:<http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-90023-1>
- Tello, A. (2018). *FACTORES ASOCIADOS A LA HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL INDUCIDA*. Cali: FACTORES ASOCIADOS A LA HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL INDUCIDA POR RUIDO EN EL LUGAR DE TRABAJO EN EL SECTOR DE LA construcción. Obtenido de <https://repositorio.uniajc.edu.co/server/api/core/bitstreams/5ee3de09-ce0c-4048-96e9-be99962f7075/content>
- Vinueza, M. (2022). *HIPOACUSIA EN ECUADOR Y AMÉRICA LATINA: UN ESTUDIO DESCRIPTIVO*. Tulcán: ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN SALUD OCUPACIONAL. Obtenido de <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/18110/1/UT-MSO-EAC-026-2023.pdf>

ANEXOS

Anexo A. *Matriz de criterios de selección de tapones auditivos*

La presente matriz establece los criterios técnicos utilizados para la selección de los tapones auditivos empleados en el Programa de Conservación Auditiva, considerando el nivel de presión sonora existente en los taladros de perforación de hidrocarburos y la normativa técnica aplicable.

Criterio de selección	Descripción técnica	Parámetro de referencia	Método de verificación
Nivel de reducción de ruido (NRR)	Capacidad del protector para disminuir la intensidad del ruido que llega al oído	$NRR \geq 30$ dB	Certificación del fabricante
Certificación técnica	Cumplimiento de normas internacionales de protección auditiva	Norma ANSI S3.19 o equivalente	Documentación técnica del producto
Compatibilidad con el nivel de ruido	Adecuación del protector al nivel de presión sonora presente en los taladros de perforación	Uso en ambientes ≥ 85 dB(A)	Evaluación del nivel de ruido ocupacional
Ergonomía y comodidad	Adaptación del protector al canal auditivo del trabajador para permitir uso prolongado	Diseño anatómico y material flexible	Prueba de ajuste (fit testing)
Compatibilidad con otros EPP	Posibilidad de utilizar el protector junto con casco, gafas y otros equipos de seguridad	Integración con EPP industrial	Evaluación en condiciones de trabajo
Durabilidad y resistencia	Capacidad del protector para mantener su eficacia en condiciones de trabajo industrial	Material resistente al desgaste	Inspección visual periódica
Ajuste individual	Correcta colocación y sellado en el canal auditivo del trabajador	Ajuste verificado mediante fit testing	Registro en historial individual del trabajador

Nota. Adaptado de estándares internacionales de protección auditiva ocupacional. Elaboración propia, Ruiz (2025).

Anexo B. Plan de capacitación trimestral para la prevención de hipoacusia

El presente plan de capacitación estructura las actividades formativas trimestrales dirigidas al personal operativo expuesto a ruido en los taladros de perforación, con sus respectivos objetivos formativos, metodologías, indicadores de evaluación y medios de verificación.

Periodo	Tema de capacitación	Objetivo formativo	Población objetivo	Duración	Metodología	Recursos	Indicador	Verificación
1º trimestre	Fundamentos de la hipoacusia ocupacional y normativa SST	Comprender los efectos del ruido en la salud auditiva y las obligaciones normativas	Personal operativo de taladros	4 horas	Clase teórica presencial	Presentaciones, material informativo	100% asistencia y prueba $\geq$ 80%	Lista de asistencia y evaluación
2º trimestre	Uso correcto de protectores auditivos y fit testing	Desarrollar habilidades para la correcta colocación y verificación de protectores	Trabajadores expuestos a ruido	4 horas	Taller teórico-práctico	Tapones, orejeras, simulador	Evaluación práctica individual por checklist	Registro de evaluación práctica
3º trimestre	Identificación de zonas de riesgo acústico y rotación	Reconocer áreas de alto riesgo acústico y aplicar medidas preventivas	Personal operativo y supervisores	4 horas	Simulación en campo	Mapas de zonificación, señalización	Simulación correcta $\geq$ 90%	Informe de simulación
4º trimestre	Cultura de autocuidado auditivo y liderazgo preventivo	Fortalecer la cultura de prevención y responsabilidad individual	Todo el personal expuesto	4 horas	Taller participativo	Dinámicas grupales, videos	Encuesta de percepción $\geq$ 85%	Resultados de encuesta
Transversal	Criterio de selección de tapones auditivos	Justificar la elección del protector en función del nivel de ruido	Trabajadores expuestos en operación de taladros	—	Análisis técnico de EPP	Ficha técnica, mediciones de ruido	Selección de NRR adecuado $>$ 85 dB	Ficha técnica y registro de entrega

Nota. Adaptado de programas de formación en seguridad y salud ocupacional. Elaboración propia, Ruiz (2025).

Anexo C. Ficha de entrenamiento práctico en uso y cuidado de protectores auditivos

La siguiente ficha operativa define las actividades de entrenamiento práctico dirigidas a garantizar el uso, ajuste y conservación adecuados de los equipos de protección auditiva entregados al personal operativo.

Actividad de entrenamiento	Objetivo	Método	Frecuencia	Evidencia
Colocación correcta de tapones y orejeras	Garantizar el uso adecuado del EPP auditivo	Demostración práctica y repetición guiada	Inducción y capacitación semestral	Registro de entrenamiento
Verificación del ajuste y sellado	Comprobar la eficacia de la protección auditiva	Fit testing o verificación manual	Semestral	Registro de fit testing
Limpieza y desinfección de EPP	Prevenir deterioro del equipo y riesgos sanitarios	Demostración práctica	Semestral	Checklist de capacitación
Identificación de deterioro del EPP	Detectar fallas o pérdida de eficacia en la protección	Inspección guiada del equipo	Semestral	Registro de inspección

Nota. Elaboración propia, Ruiz (2025).

Anexo D. Cronograma Gantt de implementación (12 semanas)

El cronograma Gantt presenta la distribución temporal de las cuatro fases del Programa de Conservación Auditiva durante sus 12 semanas de implementación, identificando el solapamiento entre fases y las actividades críticas por semana.

Semana	Diagnóstico	Planificación	Intervención	Seguimiento	Evaluación
1	■	■			
2	■	■			
3-4		■	■		
5-6			■		
7-8			■		
9-10				■	
11-12					■

Nota. Elaboración propia, Ruiz (2025).

Anexo E. Cronograma de aplicación y análisis financiero del programa

El presente anexo consolida el cronograma operativo del programa junto con el análisis financiero por fase, incluyendo costos estimados y porcentajes de asignación presupuestaria.

Fase	Semanas	Actividades principales	Costo (USD)	% del total
Diagnóstico y planificación	1–2	Medición acústica, encuestas, socialización, impresión de materiales	\$450	15%
Intervención preventiva	3–8	Compra de EPP, capacitaciones, manual, señalización	\$1,770	60%
Seguimiento y control	9–10	Evaluación de uso de EPP, mediciones comparativas, reposición parcial	\$500	17%
Evaluación y retroalimentación	11–12	Encuestas finales, análisis de indicadores, informe técnico	\$230	8%
Total estimado	—	—	\$2,950	100%

Nota. El valor de \$1,770 USD para la fase de intervención preventiva se obtiene aplicando el 60% al total de \$2,950 ($0.60 \times 2,950 = 1,770$). Elaboración propia, Ruiz (2025).

Anexo F. Matriz RACI de responsables del PCA

La matriz RACI define los roles y niveles de responsabilidad del personal involucrado en cada componente del Programa de Conservación Auditiva: Responsable (R), Aprobador (A), Consultado (C) e Informado (I).

Componente	Actividad clave	R (Responsable)	A (Aprueba)	C (Consulta)	I (Informa)
Fuente/medio	Encapsulado / aislamiento	Mantenimiento	HSE	Supervisor de área	Trabajadores
Administrativo	Rotaciones y pausas	Supervisor de área	Jefatura	HSE	RR. HH.
EPP	Dotación, fit testing, recambio	HSE	Jefatura	Médico ocupacional	Compras
Capacitación	Módulos trimestrales	HSE	Jefatura	Médico ocupacional	Todo el personal
Vigilancia	Audiometrías / KPIs	Médico ocupacional	Jefatura	HSE	Comité PCA

Nota. Elaboración propia, Ruiz (2025).

Anexo G. Tablero de indicadores clave de desempeño (KPI)

El tablero consolida los indicadores de desempeño utilizados para medir la eficacia del programa, con sus respectivas fórmulas de cálculo, metas establecidas y frecuencia de monitoreo.

Indicador	Fórmula	Meta	Frecuencia
Reducción dBA	$\text{dBA_base} - \text{dBA_seguimiento}$	$\geq 3 \text{ dBA}$	Bimensual
Adherencia al uso de EPP	$(\# \text{ usos correctos} / \# \text{ observaciones}) \times 100$	$\geq 90\%$	Semanal y quincenal
Audiometrías al día	$(\# \text{ con audiometría vigente} / \# \text{ expuestos}) \times 100$	$\geq 95\%$	Mensual
Síntomas auditivos	$(\# \text{ con síntomas} / \# \text{ expuestos}) \times 100$	$\leq 15\%$	Mensual
Cumplimiento rotaciones/pausas	$(\# \text{ turnos en regla} / \# \text{ turnos}) \times 100$	$\geq 90\%$	Quincenal

Nota. Elaboración propia, Ruiz (2025).

Anexo H. Procedimiento técnico de obtención de indicadores de exposición

Este anexo documenta el procedimiento metodológico aplicado para la obtención y cálculo de los indicadores de exposición a ruido laboral, especificando fuentes de información, métodos aplicados y criterios técnicos de evaluación.

Indicador analizado	Fuente de información	Método aplicado	Criterio técnico
Nivel promedio de ruido por área (dBA)	Mediciones ocupacionales internas	Sonometría con sonómetro integrador Tipo II	Promedio aritmético de mediciones por jornada
Nivel de riesgo (NR) por puesto	Matriz IPERC	Evaluación cualitativa-cuantitativa	$NR = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$
% de trabajadores expuestos > 85 dBA	Registro de puestos y áreas	Análisis descriptivo	Comparación con límite permisible
Uso de protectores auditivos	Observación en campo y registros SST	Verificación directa	Cumplimiento operativo
Implementación de medidas administrativas	Documentación del programa	Revisión documental	Aplicación de rotación y pausas
Vigilancia de la salud auditiva	Registros médicos ocupacionales	Análisis de frecuencia	Periodicidad de audiometrías

Nota. Elaboración propia, Ruiz (2025).