

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental



**Programa conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento  
y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica.**

Proyecto Final de graduación para optar por el título de

Ingeniero en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

con el grado de

Licenciatura

Valeria Alvarado Rodríguez

Cartago, 07 diciembre 2023

## Licencia de Creative Commons



### **Attribution-NonCommercial 4.0 International**

Programa conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica © 2023 by Valeria Alvarado Rodriguez is licensed under Attribution-NonCommercial 4.0 International. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

### **Constancia de Defensa Publica**

Informe presentado a la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado de licenciatura.

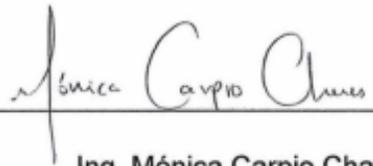
### **Miembros del Tribunal**



---

**MSc. Jorge Alfredo Chaves Arce**

**Profesor Evaluador**



---

**Ing. Mónica Carpio Chaves**

**Profesora Evaluadora**

**Coordinadora de Trabajo Final de Graduación**

**En representación de la Dirección EISLHA**

07 de diciembre, 2023

## **Agradecimientos**

A Dios por todas las oportunidades y personas que ha puesto en mi camino hasta el día de hoy. A mis papás, hermanos y familia que siempre estuvo presente en los buenos y malos momentos, apoyando de diferentes formas y pendientes de mí. A mis compañeros de carrera y principalmente a mi grupo de trabajo por ser el mayor de los soportes, tanto académicamente como emocionalmente; gracias por creer y sacar la mejor versión de mí. Finalmente, a mi ángel en el cielo, un beso hasta allá.

## Resumen

La empresa Aeris Holding Costa Rica S.A, es la encargada de prestar servicios para la operación, administración, mantenimiento, rehabilitación, financiamiento, construcción y promoción del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Los colaboradores del área de carga y mantenimiento se encuentran expuestos a niveles de presión sonora superiores al límite de exposición ocupacional de 85dB (A), indicado en la normativa nacional durante su jornada laboral por los ruidos generados en las máquinas y equipos utilizados en sus tareas diarias.

Para el proyecto se realizó un estudio de exposición a ruido ocupacional con el fin de determinar los posibles factores del proceso de ejecución de las tareas y condiciones del local que contribuyen en la exposición de las áreas de interés, así como la evaluación de los niveles de presión sonora que predominan en el taller de mantenimiento. Por medio del cuestionario sobre confort acústico, entrevistas y encuesta higiénica, se determinaron dos grupos de exposición homogéneos para ser evaluados por medio de audiodosimetrías, de los cuales, el grupo homogéneo 1 obtuvo resultados que superan los 85 dB (A) en la evaluación de la exposición ocupacional al ruido.

Los resultados obtenidos durante la evaluación de los niveles de presión sonora por medio del mapa de ruido determinaron dos zonas críticas que superan los 85 dB (A) dentro del taller de mantenimiento, donde se ubica una mesa de trabajo para desarrollar trabajos con dos de las máquinas más utilizadas por los colaboradores, la sierra circular para materiales industriales y el taladro columnar.

Finalmente, se propuso implementar un programa de conservación auditiva para los trabajadores del área de interés por medio del diseño de control ingenieriles y administrativos. Se planteó el diseño de un encerramiento con recubrimiento de componentes acústicos y una barrera con materiales que absorban y aíslen las ondas sonoras provenientes de las zonas críticas del taller de mantenimiento.

**Palabras clave:** Nivel de presión sonora, programa de conservación auditiva, controles ingenieriles, barrera acústica, controles administrativos.

## Abstract

Aeris Holding Costa Rica S.A. is responsible for providing services for the operation, administration, maintenance, rehabilitation, financing, construction, and promotion of the Juan Santamaría International Airport. Employees in the cargo and maintenance areas are exposed to sound pressure levels above the occupational exposure limit of 85dB (A), indicated in the national regulations, during their workday due to noise generated by the machines and equipment used in their daily tasks.

For the project, an occupational noise exposure study was conducted in order to determine the possible factors of the production of task develop and conditions of the zone of interest that contribute to the exposure of the employees in the cargo and maintenance areas, as well as the evaluation of the sound pressure levels that predominate in the maintenance workshop. By means of the acoustic comfort questionnaire, interviews and hygienic survey, two homogeneous exposure groups were determined to be evaluated by means of audiodosimetry, of which, homogeneous group 1 obtained results exceeding 85 dB (A) in the evaluation of occupational exposure to noise.

The results obtained during the evaluation of sound pressure levels by means of the noise map determined two critical zones that exceed 85 dB (A) within the maintenance workshop, where a work table is used to perform work with two of the most important machines, the circular saw for industrial materials and the columnar drill.

Finally, it was proposed to implement a hearing conservation program for workers in the area of interest through the design of engineering and administrative controls. In consideration of the challenges, it was suggested to design an enclosure with acoustic components and a barrier with materials that absorb and isolate the sound waves coming from the critical areas of the maintenance workshop.

**Key words:** Sound pressure level, hearing conservation program, engineering controls, acoustic barrier, administrative controls.

## Índice General

<b>I. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>A. Identificación de la empresa .....</b>	<b>1</b>
<b>B. Planteamiento del Problema .....</b>	<b>5</b>
<b>C. Justificación .....</b>	<b>6</b>
<b>D. Objetivos .....</b>	<b>10</b>
i) Objetivo General .....	10
ii) Objetivos Específicos.....	10
<b>E. Alcances.....</b>	<b>10</b>
<b>F. Limitaciones .....</b>	<b>10</b>
<b>II. Marco Teórico .....</b>	<b>11</b>
<b>III. Metodología.....</b>	<b>15</b>
<b>A. Tipo de Investigación.....</b>	<b>15</b>
<b>B. Fuentes de Información .....</b>	<b>15</b>
<b>C. Población y muestra .....</b>	<b>18</b>
<b>D. Operacionalización de variables .....</b>	<b>23</b>
<b>E. Descripción de instrumentos de investigación .....</b>	<b>28</b>
<b>F. Plan de Análisis .....</b>	<b>34</b>
<b>IV. Análisis de la situación actual.....</b>	<b>42</b>
<b>A) Identificación de los factores y condiciones de exposición a ruido.....</b>	<b>42</b>
i) Cantidad de turnos laborales, duración de la jornada y tiempos de descanso .....	42
ii) Número de trabajadores expuestos .....	43
iii) Metros cuadrados de los materiales estructurales del edificio .....	43
iv) Cantidad y frecuencia de capacitaciones sobre exposición al ruido ocupacional y cantidad de medidas de prevención que existen actualmente	43
v) Cantidad de máquinas, equipos y herramientas utilizadas en las tareas de interés.....	44
vi) Percepción de molestia al ruido y cantidad de tiempo laborando en el puesto.....	44

vii) Condiciones del local .....	47
B) Niveles de presión sonora en el área de estudio.....	48
i) Audio dosimetrías.....	48
ii) Mapa de ruido.....	50
iii) Porcentaje de cumplimiento de los requisitos legales del programa .....	52
iv) Atenuación en dB (A) del equipo de protección personal.....	53
v) FODA.....	53
viii) Diagrama causal .....	54
V. Conclusiones .....	55
VI. Recomendaciones .....	56
VII. Alternativa de solución .....	57
A. Programa conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica.....	59
i) Monitoreo de la exposición a ruido .....	70
ii) Controles ingenieriles .....	79
iii) Equipo de protección auditiva .....	98
iv) Capacitación, educación y motivación del personal .....	109
v) Vigilancia en salud auditiva .....	112
vi) Evaluación y seguimiento del programa de conservación auditiva .....	116
vii) Conclusiones .....	119
viii) Recomendaciones .....	119
VIII. Bibliografía.....	121
IX. Apéndices .....	129
X. Anexos.....	155

## índice de tablas

Tabla 1. Grupos de exposición homogénea al ruido.....	20
Tabla 2. Rango de Clasificación de dB (A).....	31
Tabla 3. Metros cuadrados de los materiales estructurales del edificio .....	43
Tabla 4. Coeficientes de absorción de los materiales estructurales y constante (R) del taller de mantenimiento.....	47
Tabla 5. Nivel de presión sonora continuo equivalente en grupos prioritarios.....	49
Tabla 6. Matriz de involucrados para el programa .....	66
Tabla 7. Matriz de responsabilidades (RACI) de las personas involucradas en el programa.....	67
Tabla 8. Etapas de implementación del programa de conservación auditiva y los recursos necesarios. ....	68
Tabla 9. Planificación de las actividades del programa .....	69
Tabla 10. Etapas para el cumplimiento del programa de conservación auditiva ..	70
Tabla 11. Especificaciones del material lana de roca cubierta acústica .....	81
Tabla 12. Especificaciones del material lana de roca Rockfon® Ekla® Th 40 .....	82
Tabla 13. Cálculo del coeficiente de absorción de los materiales estructurales y constante del local con el encerramiento de la alternativa 1 .....	85
Tabla 14. Especificaciones de los costos asociados a la alternativa 1 .....	86
Tabla 15. Especificaciones del material espuma convoluting.....	87
Tabla 16. Cálculo del coeficiente de absorción de los materiales estructurales y constante del local con el encerramiento de la alternativa 2 .....	88
Tabla 17. Especificaciones de los costos asociados a la alternativa 2 .....	89
Tabla 18. Reducción del ruido de las propuestas de barrera acústica con diferentes alturas .....	91

<b>Tabla 19. Cálculo del coeficiente de absorción de los materiales estructurales y constante del local con el encerramiento de la alternativa 3 .....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 20. Especificaciones de los costos asociados a la alternativa 3 .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 21. Criterios para la selección de la alternativa de control ingenieriles.....</b>	<b>96</b>
<b>Tabla 22. Comparación para las alternativas de control ingenieriles con los aspectos de interés.....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 23. Evaluación de riesgos para la validación del control ingenieril seleccionado .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 24. Niveles de presión sonora lineales con el equipo de protección auditiva</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 25. Especificaciones de las alternativas para tampones auditivos .....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 26. Criterios para la selección de un tapón auditivo apropiado .....</b>	<b>105</b>
<b>Tabla 27. Comparación para las alternativas de tapón auditivo con los aspectos de interés .....</b>	<b>106</b>
<b>Tabla 28. Propuesta de contenidos y actividades para el plan de capacitaciones sobre exposición al ruido.....</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 29. Plan de evaluación y seguimiento para el programa de conservación auditiva del área de mantenimiento y carga .....</b>	<b>117</b>

## índice de figuras

<b>Figura 1. Plan de análisis del proyecto .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 2. Cantidad de tiempo laborando en el puesto actual de trabajo.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 3. Percepción de molestia del ruido de los trabajadores en su puesto .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 4. Percepción de distracción o dificultad de concentración a causa del ruido en el desarrollo de tareas .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 5. Mapa de ruido del taller de mantenimiento Aeris Holding Costa Rica S.A.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 6. Comportamiento de los NPS (dB) en el cuadrante 5 y 6 del taller de mantenimiento el día 2.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 7. Análisis FODA sobre los factores y condiciones de exposición ocupacional al ruido .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 8. Diagrama causal de la exposición ocupacional al ruido .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 9. Componentes del programa de conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento y carga .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 10. Diseño del encerramiento de la alternativa 1.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 11. Diseño del encerramiento de la alternativa 2.....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 12. Diseño del encerramiento de la alternativa 3.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 13. Vista superior del diseño de la barrera acústica de la alternativa 3 .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 14. Instrucciones de uso tampones auditivos .....</b>	<b>101</b>

## **I. Introducción**

### **A. Identificación de la empresa**

La empresa Aeris Holding Costa Rica S.A, es la encargada de prestar servicios para la operación, administración, mantenimiento, rehabilitación, financiamiento, construcción y promoción del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría (en adelante AIJS). A continuación, se detallan los aspectos más relevantes de esta organización.

#### **Visión**

Ser reconocido como un aeropuerto líder de América Latina, conocido como un gran lugar donde trabajar y por una práctica de negocios de altos estándares, en administración de un aeropuerto seguro y financieramente solido que crea valor a los accionistas.

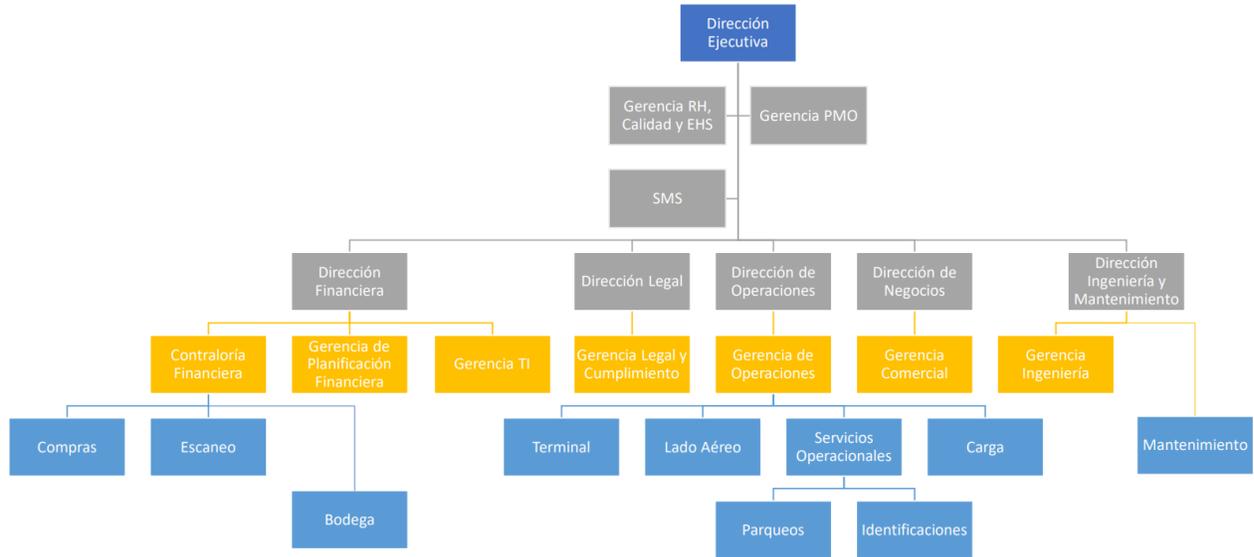
#### **Misión**

Proporcionar a Costa Rica un aeropuerto moderno que contribuya a mejorar la competitividad del país, superando los estándares establecidos en el Contrato de Gestión Interesada para el AIJS a través de sólidas y sanas decisiones financieras y gerenciales.

#### **Valores**

- Servicio
- Excelencia
- Respeto
- Seguridad
- Trabajo en equipo
- Compromiso

## Organigrama de la organización



## Cantidad de empleados

Actualmente Aeris Holding Costa Rica cuenta con 207 colaboradores distribuidos en 106 puestos. Las áreas de carga y mantenimiento específicamente cuentan con 15 y 29 personas respectivamente. Su jornada laboral cuenta con 3 turnos los cuales son 6:00 a 14:00, 14:00 a 22:00 y 22:00 a 6:00 y trabajan 6 días seguidos con 2 días de descanso en los turnos de día y 5 días seguidos con 2 días de descanso en el turno de noche, además, es de tipo rotativo, por lo que cada semana cambian su horario de trabajo.

## Servicio brindado

Con fundamento en el Contrato de Gestión Interesada (CGI), el Estado delega en Aeris Holding Costa Rica S.A., la prestación de servicios para la operación, administración, mantenimiento, rehabilitación, financiamiento, construcción y promoción del AIJS. Aeris Holding Costa Rica, S.A., es mayoritariamente propiedad del grupo CCR de Brasil, con el respaldo en operaciones de la casa matriz HAS Development Corporation, quienes merced a su diversidad de actividades aportan al AIJS una experiencia excepcional en el desarrollo, financiamiento, construcción y operación de proyectos de infraestructura pública con participación privada (APP).

Durante los años del contrato, Aeris Holding Costa Rica S.A., debe llevar a cabo un intenso programa de inversiones, ya sea con base en el financiamiento privado proveniente de instituciones financieras internacionales y/o del capital de sus accionistas. Es responsable de cubrir todos los gastos operativos y cumplir con las obligaciones financieras. De acuerdo con los objetivos establecidos en el CGI, está comprometida a mejorar la operación aeroportuaria y la eficiencia del servicio, mediante el desarrollo de la infraestructura del aeropuerto y la coordinación con las entidades del estado y las empresas privadas que operan en el AIJS.

### **Antecedentes históricos de la empresa**

El Consejo Técnico de Aviación Civil promovió en el año 1998 la Licitación Pública Internacional No. 1-98 para la Contratación de la Gestión Interesada de los Servicios Aeroportuarios prestados en el AIJS (Aeris Holding Costa Rica S.A., 2023). Con fundamento en ese CGI y a partir del año 2009 el Estado delegó en Aeris Holding Costa Rica, S.A., la prestación de servicios para la operación, administración, mantenimiento, rehabilitación, financiamiento, construcción y promoción del AIJS.

Como parte de las obligaciones de Aeris Holding Costa Rica, S.A. en el CGI, debe llevar a cabo un intenso programa de inversiones, cubrir todos los gastos operativos y las obligaciones financieras y de acuerdo con los objetivos establecidos en el CGI, la empresa está comprometida a mejorar la operación aeroportuaria y la eficiencia del servicio, mediante el desarrollo de la infraestructura del aeropuerto, en coordinación con las entidades del Estado y las empresas privadas que operan en el AIJS (Aeris Holding Costa Rica S.A., 2023).

Como resultado de esta alianza público-privada Costa Rica se ha beneficiado con un aeropuerto de clase mundial favoreciendo al desarrollo económico y turístico, a la comunidad aeroportuaria, los operadores aéreos y el Estado. El Aeropuerto es la principal puerta de entrada a Costa Rica, un atractivo destino turístico mundialmente reconocido por sus bellezas naturales, la calidez de su gente, su alta conciencia ecológica y su positivo clima de negocios, potenciado por la mejor seguridad jurídica y

ciudadana de la zona Centroamericana y del Caribe. Costa Rica cuenta hoy con uno de los mejores aeropuertos de Latinoamérica (Aeris Holding Costa Rica S.A., 2023).

### **Ubicación geográfica**

El aeropuerto está ubicado a 2 km sur de la ciudad de Alajuela, y a 17 km al oeste del centro de San José, en los distritos de la Guácima y Río Segundo, cantón de Alajuela y provincia de Alajuela. Las oficinas administrativas de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A están ubicadas 300m noroeste de la entrada principal de pasajeros de la terminal del AIJS.

### **Proceso productivo**

El aeropuerto da servicio a aerolíneas que vuelan a Centroamérica, Norteamérica, Sudamérica y Europa. Aeris ha logrado modernizar la terminal, aumentando no sólo la superficie en aproximadamente 14 mil metros cuadrados, sino también, aumentado el tránsito de pasajeros, registrando más de 4 millones en el 2016. De forma paralela, en el 2016 se unieron cinco nuevas aerolíneas que confirmaron sus operaciones hacia Costa Rica, así como el aumento de frecuencias por parte de seis aerolíneas, fortaleciendo las conexiones ya existentes. Incluyendo aerolíneas de bajo costo (Estrategia & Negocios, 2017). No obstante, el ICT publicó en su informe de enero a noviembre del 2017, el registro de 2 668 773 pasajeros en el AIJS (Instituto Costarricense de Turismo, 2017).

Lamentablemente, la pandemia del COVID-19 provocó que la tasa de crecimiento promedio de operaciones del AIJS en el 2020 con base al año 2019 fuera de -56%, lo que indica que no creció, sino que al contrario disminuyó. Para el 2021, siguió siendo negativa (-23%), mientras que para el primer semestre del 2022 se observaron tasas de crecimiento positivas, señalando que se está dando la recuperación de operación del aeropuerto (Dirección General de Aviación Civil Unidad de Transporte Aéreo, 2022).

El proceso productivo de carga se lleva a cabo en un área de acceso restringido definida para carga y descarga, manipulación y custodia de las mercancías que ingresan y salen del AIJS. El proceso general inicia con el ingreso de la unidad de transporte terrestre al andén del Centro de Tránsito Rápido de Mercancías (CTRM), para entregar

carga. Una vez que la unidad se ha ubicado en el lugar correspondiente, el agente procede a descargarlo movilizándolo a la zona de exportación. El personal de Carga asignado al canal de exportación revisa y chequea la carga, y registra la información necesaria para el control de la paleta y/o contenedor. Una vez autorizada la carga del avión, la mercancía se entrega al agente, que luego la traslada hasta la rampa y procede a cargar el avión.

Con respecto a las responsabilidades que deben cumplir los trabajadores que abarca este proyecto, en el área de carga destacan las tareas de revisión, verificación y registro de la carga que ingresa al CTRM, tanto de importación como de exportación. Adicionalmente, en el área de mantenimiento se encargan de dar soporte, asistir, planificar, controlar, y documentar actividades preventivas, correctivas y predictivas en los equipos e instalaciones del AIJS.

## **B. Planteamiento del Problema**

En noviembre del 2022 la Consultora Multiservicios Profesionales Multipro S.A., generó un informe de mediciones de ruido ocupacional desarrollado en la empresa AERIS Holding Costa Rica S.A., donde se demostró con las evaluaciones desarrolladas que, las áreas de carga y la oficina de mantenimiento se encuentran en el nivel de acción de la empresa, con  $L_p$  promedio de 82.9 dB (A), esto obedece a que dichas áreas se encuentran contiguo a la zona de carga de los contenedores, razón por la cual, el ruido de los vehículos, así como los equipos móviles utilizados para el movimiento de las cargas, hace que la zona incremente el nivel de ruido entre 5 y 10 dB(A). Si bien es cierto, el informe explica que no se excede el límite permitido de 85 dB(A) en ruidos continuos (Gobierno de la República, 1979), pero es importante que el personal que se ubica en dicho sector sea considerado dentro de un programa de conservación auditiva por la cultura de prevención y el sistema de calidad de la empresa.

Por otro lado, las evaluaciones de exposición personal a ruido mostraron que, 4 puestos evaluados superan los 80 dB(A), el cual es un nivel de acción establecido en la empresa dentro del *Sistema de Gestión de Calidad de Aeris S.A*, los cuales son auxiliar de carga, coordinador de operaciones, operaciones y CTRM; mientras que 3 puestos

superan el límite de exposición ocupacional de 85 dB(A), los cuales son mantenimiento con 91 dB(A), operaciones con 86 dB(A) y fauna con 85 dB(A). Adicionalmente, de acuerdo con la Matriz de riesgos de AERIS actualizada en el 2021, las tareas con alta magnitud del riesgo obtenido fueron revisión de carga, supervisión de carga y descarga, manejo de mercancías peligrosas y reuniones con personas de Almacén Fiscal, Operador, Seguridad, chofer y aerolíneas.

La exposición continua a niveles de ruido excesivos puede dañar las estructuras del oído interno y causar una disminución permanente de la audición (Ganime et al., 2010), generando problemas en el rendimiento laboral de los colaboradores, rotación del personal, ausentismo y dificultades en la promoción y desarrollo profesional. Por esta razón, es importante implementar un programa de conservación auditiva en las áreas de mantenimiento y carga del AIJS.

### **C. Justificación**

La exposición a niveles de ruido superiores a los 85 dB (A) definidos por la normativa, son un riesgo para la salud muy común en diferentes industrias, incluida la aviación y los aeropuertos, ya que los trabajadores pasan constantemente en exposición a altos niveles de ruido, los cuales pueden estar en el rango de 80-110 dB (A) (World Health Organization, 2022), durante largos períodos de tiempo por su ambiente de trabajo y los equipos que utilizan para desarrollar sus tareas. Así mismo, el NIOSH (1998), menciona que la pérdida auditiva ocupacional es un riesgo presente en muchos trabajos, incluyendo las tareas de mantenimiento en industrias como la manufacturera, minería, construcción y aviación, donde esta exposición puede causar daños permanentes en el oído interno y resultar en una pérdida auditiva ocupacional.

Un estudio prospectivo de 10 años sobre la exposición al ruido y el daño auditivo entre los trabajadores de la construcción proporcionó evidencia de daños inducidos por el ruido a un nivel de exposición promedio de alrededor de 85 (A) dB (Seixas et al., 2012). Adicionalmente, un ejemplo de carga económica por incapacidad laboral relacionada con la pérdida de la audición se da en el estado de Washington, donde los arreglos

extrajudiciales sobre indemnizaciones tuvieron un costo de \$4.8 millones de dólares en 1991, todo esto sin incluir los gastos médicos (CDC, 2001).

En el 2017, el Consejo de Salud Ocupacional estableció que 721 casos de accidentes fueron reportados por riesgos físicos en el país (siendo este un 0,57% del total de reportes), entre ellos destacaron 17 casos por trabajadores que sufrieron lesiones debido a exposición al ruido. Mientras que, el resultado de las principales enfermedades laborales según las Estadísticas de Salud Ocupacional del 2021, el deterioro de la audición causada por ruido afectó a un total de 89 trabajadores, siendo estos 11 mujeres y 78 hombres (Consejo de Salud Ocupacional, 2021).

Esta exposición continua a niveles altos de ruido puede causar pérdida auditiva permanente, acúfenos (zumbidos en los oídos), dificultades de comunicación, problemas de concentración, estrés y trastornos del sueño (Álvarez et al., 2017). En los talleres de mantenimiento, las máquinas y herramientas como taladros, amoladoras, sierras y compresores de aire también pueden producir este tipo de niveles de ruido significativos. Además, Otárola et al. (2006), reportó que en Chile la hipoacusia causada por la exposición a ruido representa el 80% de las incapacidades permanentes por enfermedades profesionales.

Por otro lado, un estudio realizado en trabajadores de aeropuerto mostró que la implementación de programas de conservación auditiva redujo significativamente la prevalencia de la pérdida auditiva ocupacional en comparación con los trabajadores que no recibieron intervenciones preventivas (Cava et al., 2019). Con lo anterior se demuestra que los programas de conservación auditiva pueden reducir la exposición al ruido en el lugar de trabajo, prevenir la pérdida auditiva ocupacional en los trabajadores de aeropuerto y tener un impacto significativo en su calidad de vida, ya que, Kramer et al. (2018) explican que su implementación puede mejorar la calidad de vida de los trabajadores al reducir la discapacidad auditiva y mejorar la comunicación en el trabajo y en la vida diaria.

En su Sistema de Gestión de Calidad, la empresa Aeris Holding Costa Rica vela por la calidad y el nivel de servicio, la identificación, prevención y reducción de los impactos ambientales y sociales, así como de los riesgos laborales. Demuestran su

compromiso con el bienestar de sus trabajadores en sus pilares de la política de sistemas de gestión, específicamente, impulsando el compromiso con el mejoramiento continuo y el logro de los objetivos de la organización, involucrando a las partes interesadas en los procesos de comunicación, medición y evaluación de desempeño energético, ambiental, de salud y seguridad. Además, cuentan con un equipo llamado “Equipo Ejecutivo de Salud y Seguridad” quienes son los responsables del monitoreo del desempeño de la Salud y Seguridad Laboral de AERIS.

El departamento de *Environment Health and Security* (EHS) de la empresa, está dentro del sistema de calidad del aeropuerto, el cual está certificado por la ISO 9001:2015 desde el año 2004 y fue recertificado en el 2021. Además, en el informe de sostenibilidad del 2021 se muestra que la empresa forma parte del ranking de Great Place to Work desde el 2015 y se ha mantenido en el top 20 de las mejores empresas para trabajar en Costa Rica. En el 2021 alcanzó la posición 17 en la categoría de 10 a 500 colaboradores. El ranking identifica a las mejores organizaciones de la región al analizar sus programas de trabajo mediante encuestas realizadas a los colaboradores, quienes evalúan experiencias sobre la presencia de aspectos relacionados con la confianza, la innovación, los valores corporativos y el liderazgo efectivo.

Así también, la empresa realiza de manera anual audiometrías de rastreo al personal operativo, y si se encuentran alteraciones, se procede con una audiometría de cabina. Por ejemplo, en 2021 se desarrollaron 61 audiometrías entre las áreas de Mantenimiento, Carga y Operaciones, de las cuales 54% fueron aprobadas, 28% fueron de cabina y al 18% restante se le repitió el rastreo. Del 28% que fue realizado en cabina, el 71 % de los colaboradores tuvieron un resultado favorable en el análisis, mientras que el 29% restante tuvo seguimiento con un especialista para mejorarles su bienestar auditivo (Informe de Sostenibilidad AERIS, 2021).

De acuerdo con la Matriz de riesgos de AERIS actualizada en el 2021, las tareas con alta magnitud de riesgo a padecer una enfermedad o lesión causada por la exposición a ruido en el trabajo fueron, revisión de carga, supervisión de carga y descarga, manejo de mercancías peligrosas y reuniones con personas de Almacén Fiscal, Operador, Seguridad, chofer y aerolíneas. Así mismo, en 2022 la consultora

MULTIPROSA demostró en el Informe de Mediciones de Ruido Ocupacional que las áreas de carga y la oficina de mantenimiento se encuentran en el nivel de acción. Adicionalmente, las evaluaciones de exposición personal a ruido mostraron que a nivel de las audiogramas, 4 puestos evaluados superan los 80 dB(A) el cual es un nivel de acción establecido dentro del *Sistema de Gestión de Calidad de Aeris S.A*; mientras que otros 3 puestos superan el límite de exposición ocupacional de 85 dB(A), los cuales son mantenimiento, operaciones y fauna.

Por lo tanto, la implementación de medidas preventivas, controles ingenieriles para exposición a ruido y el monitoreo constante de los riesgos ambientales y de seguridad, son esenciales para garantizar la sostenibilidad del AIJS y el compromiso de la empresa con la seguridad y la salud de sus trabajadores. Además, en su política de Seguridad y Salud, la organización establece un deber con el cumplimiento de la legislación vigente, a fin de procurar el mayor bienestar físico, mental y social de sus trabajadores, proyectando un mejoramiento continuo de la salud y seguridad a través de las buenas prácticas.

De la misma manera, los empleadores tienen la responsabilidad legal de prevenir la pérdida auditiva ocupacional en el lugar de trabajo y cumplir con las regulaciones de salud y seguridad ocupacional, de la misma manera, Lusk et al., (2019) aclara que la implementación de programas de conservación auditiva es esencial para cumplir con las regulaciones y proteger la salud y la seguridad de los trabajadores de los aeropuertos. Además, una evaluación regular del programa de conservación auditiva en una empresa puede identificar tendencias, detectar espacios vacíos e incentivar las mejoras (3M, 2021).

Es importante destacar que la prevención de la pérdida auditiva ocupacional es fundamental en cualquier lugar de trabajo donde exista exposición al ruido, y es responsabilidad de los empleadores y trabajadores tomar medidas para prevenir la exposición al ruido peligroso y proteger la audición de los trabajadores. Debido a lo anterior, es necesario desarrollar un programa de conservación auditiva para evitar la aparición de problemas auditivos en los trabajadores y al mismo tiempo, cumplir con las obligaciones de la organización ante la legislación y sostenibilidad del aeropuerto.

## **D. Objetivos**

### **i) Objetivo General**

Proponer un programa de conservación auditiva para el control de la exposición ocupacional a ruido de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.

### **ii) Objetivos Específicos**

- Identificar los factores y condiciones de exposición a ruido de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.
- Evaluar la exposición ocupacional a ruido de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.
- Diseñar los controles ingenieriles y administrativos para la disminución de la exposición al ruido de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.

## **E. Alcances**

El programa de conservación auditiva va dirigido a los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A. a fin de controlar la exposición ocupacional a ruido. Para lograr esto se propusieron controles ingenieriles y administrativos de acuerdo con los resultados obtenidos en la identificación de factores y condiciones de exposición a ruido, así como la evaluación de exposición personal a ruido y de los niveles de presión sonora (NPS) realizadas en el edificio de mantenimiento, lugar donde se desarrollan la mayor cantidad de tareas del personal de interés.

## **F. Limitaciones**

Durante las evaluaciones de ruido en el taller de mantenimiento con el sonómetro, se ajustaron algunos puntos centrales de los cuadrantes debido a obstáculos como materiales de construcción, encontrados en el local.

## II. Marco Teórico

El sonido se define como una vibración mecánica que se propaga a través de un medio. Estas vibraciones se producen debido a la propagación de ondas de presión que generan cambios en la densidad del medio en el que se propagan (American Psychological Association, 2020). Es decir, el sonido se entiende como el fenómeno físico que provoca las sensaciones propias del sentido humano de la audición (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2021).

Por otra parte, el ruido se define como un sonido no deseado, inarmónico y perturbador, así como, sonidos no organizados y generalmente indeseables que pueden ser percibidos de manera molesta o dañina (ANSI/ASA, 2019). Desde el punto de vista del trabajo, se define como un agente de estrés presente en la mayoría de los entornos industriales, y es considerado uno de los factores que afectan el desempeño de las personas (Oyola, 2019).

El ruido y el sonido se encuentran diferenciados en función de la percepción auditiva que provoca en el receptor, en general son los atributos “agradable” o “desagradable” los que lo sitúan en dichos extremos (Oyola, 2019). Adicionalmente, Chiroque et al., (2019) entienden como ruido laboral a la contaminación acústica que se genera en un sector de trabajo y que afecta principalmente a los trabajadores del lugar.

Por esta razón, la norma INTE 31-09-16-00 caracteriza los niveles de ruido en cuatro tipos; el primero es el nivel de alarma (umbral), el cual corresponde a un nivel de ruido con un riesgo pequeño de que el oído no protegido sufra un deterioro como consecuencia de una exposición de ocho horas diarias (80 dB). Seguidamente, tenemos el nivel de acción, donde se deben establecer medidas de prevención, ya que los niveles de presión sonora rondan los 82 dB.

Posteriormente, el nivel de peligro corresponde al nivel de ruido por encima del cuál una exposición de ocho horas diarias del oído no protegido puede producir deterioro de la audición o la sordera (85 dB). Finalmente, el cuarto tipo es el valor máximo de emisión o el límite máximo admisible de emisión de ruidos, el cual ronda los 115 dB.

En Costa Rica, el Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones (Gobierno de la República, 1979) determina un límite de 90 decibeles (A) para lugares de trabajo con ruidos de impacto y establece que, ante ruidos continuos, no se podrá exceder los 85 decibeles (A). Ahora bien, en cuanto a la evaluación del sonido, se debe contextualizar en los entornos laborales, que el evaluador tenga certeza del objetivo, contexto normativo y el equipo de medición disponible en función del tipo de evaluación (Robles & Arias, 2015).

El sonómetro es un dispositivo utilizado para medir los niveles de presión sonora en el ambiente, proporciona una medida objetiva del nivel de ruido en decibelios (dB) y puede utilizarse para evaluar y monitorear la exposición al ruido en diversos entornos, incluidos los laborales (Brosed, 2016). Por otro lado, un dosímetro es un dispositivo que se utiliza para medir la dosis de ruido a la que está expuesta una persona durante un período determinado de tiempo, proporciona una medida de la exposición acumulativa al ruido y puede ser utilizado para evaluar el cumplimiento de los límites de exposición establecidos por las normas (Brosed, 2016).

Usualmente las metodologías existentes y sus aplicaciones son mapa de ruido para ver la distribución de las ondas sonoras en el interior de un local basado en un croquis del plano del edificio dividido en cuadrantes, evaluación puntual de la fuente para caracterizar como la fuente emite el sonido y el muestreo de área, que permite estimar la exposición de un grupo de trabajadores durante una jornada laboral (Robles & Arias, 2015).

En conjunto con la información anterior, AENOR (2009), establece una metodología para determinar el nivel de exposición a ruido de los trabajadores en la ISO 9612: *Determinación de la exposición al ruido en el trabajo*, la cual permite determinar el nivel de exposición ocupacional a través de distintas estrategias como medición basada en la tarea, en la función o de una jornada completa por medio de mediciones del nivel de presión sonora.

La mayor parte de las actividades laborales van acompañadas de la producción de ruido, el cual se manifiesta más cuanto mayores y numerosos elementos mecánicos intervienen (Covaleda Triana, 2016). Como consecuencia, la exposición al ruido es el

riesgo profesional dañino más común y constituye la segunda causa, después de los efectos del envejecimiento, de pérdida de audición. Se sabe que es prevenible, pero una vez que sucede, se convierte en una situación permanente e irreversible.

En relación con las repercusiones y los efectos negativos en la salud de los trabajadores, el más conocido y preocupante es la pérdida de capacidad auditiva ocupacional. Este efecto es el principal causante de hipoacusia o deficiencia auditiva de pérdida conductiva o de exposición prolongada que dificulta el desarrollo del habla, de la comunicación e incapacita a la persona en la escucha de sonidos (Echevarría & de la Caridad Arencibia, 2020).

Algunos de los efectos negativos para la salud auditiva incluyen pérdida de audición inducida por ruido, acúfenos o "zumbidos en los oídos" y dificultades de comunicación en el trabajo y en la vida cotidiana. Además, los problemas no auditivos tienen efecto en los sistemas respiratorio, cardiovascular, digestivo, visual, endocrinos y sobre el sistema nervioso central (trastornos, cansancio, irritabilidad, entre otros)." (Bovea Edo, 2013)

Así mismo, la pérdida de la audición inducida por el ruido es una de las lesiones ocupacionales más comunes y el segundo trastorno ocupacional más auto reportado (CDC, 2001). En un estudio de cohorte retrospectivo realizado a trabajadores expuestos a ruido industrial en el año 2021 concluyo que, existe una correlación entre la exposición laboral a ruido industrial y afectación auditiva donde, a mayor tiempo de exposición, mayor afectación (Alcívar, 2022).

Específicamente, los trabajadores de aeropuerto se encuentran expuestos a niveles de ruido elevados durante largos períodos de tiempo. Tal es el caso de un estudio transversal sobre pérdida auditiva causada por ruido en el personal de la aviación militar ecuatoriana donde se concluyó que, normalmente la hipoacusia causada por ruido en el campo de la aviación depende de factores como la edad y el tiempo de laborar en el puesto (Rodríguez, 2021).

NIOSH (2016) ha desarrollado un programa de vigilancia de la audición para la detección temprana de la pérdida auditiva ocupacional en trabajadores expuestos a ruido

en el trabajo, incluyendo aquellos que trabajan en aeropuertos. Este programa utiliza un conjunto de criterios de evaluación de la audición, para determinar si un trabajador tiene una pérdida auditiva ocupacional y si es necesario tomar medidas para prevenir una mayor pérdida auditiva.

Sabiendo que el ruido puede generar daños temporales o permanentes en la salud, la implementación de controles es el principal proceso de acción para el bienestar de los empleados, tal es el caso que Villacis & Andrade (2015), establecen que se deben realizar primero los controles ingenieriles, seguido por el medio de transmisión (controles administrativos), y por último el receptor, en este caso se refiere al equipo de protección personal.

Los controles ingenieriles son aquellos que involucran el rediseño del equipamiento, del proceso o del entorno de la organización, de tal forma que no se pueda transmitir la energía sonora a los colaboradores, donde cuentan con dispositivos derivados de los avances tecnológicos que ayudan a que los peligros sean contenidos o aislados, los cuales pueden ser de amortiguación, aislamiento, reflexión, sustitución entre otros (3M, 2021).

Por otro lado, Gómez et al., (2008), explican que los controles administrativos son aquellos que permiten reducir el tiempo de exposición de los trabajadores con respecto al agente, además, generan conciencia y advierten al trabajador acerca de un peligro determinado y de las medidas que se deben tomar para mitigarlo. Entre ellos se puede mencionar políticas, rotaciones del personal, la habilitación de zonas de descanso, capacitaciones entre otros.

Por añadidura, los controles elegidos deben ser integrados en un programa de conservación auditiva de acuerdo con la INTE T29:2016, siguiendo las fases y los requerimientos mínimos para elaborar programas en salud y seguridad. Estos programas están diseñados para identificar, evaluar y controlar los riesgos de exposición al ruido, así como, promover la conciencia y la educación sobre la salud auditiva de los trabajadores (Lusk et al., 2011).

La implementación de los controles para exposición a ruido beneficia tanto a los trabajadores expuestos como a la organización, reduciendo costos, disminuyendo la dependencia de equipo de protección personal (EPP) para laborar, reduciendo el riesgo de pérdida de audición y aumentando la productividad y el sentimiento de pertenencia al demostrar el compromiso de la empresa con sus empleados (3M, 2021).

Finalmente, los programas de conservación auditiva son esenciales para prevenir y reducir la prevalencia de la pérdida auditiva ocupacional en los trabajadores de aeropuerto, puede mejorar la calidad de vida de las personas, cumplir con las regulaciones de salud y seguridad ocupacional y prevenir la discapacidad auditiva (Ganime et al., 2010).

### **III. Metodología**

#### **A. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación de este proyecto fue descriptiva, ya que busca describir y caracterizar fenómenos, eventos o situaciones tal como ocurren, sin intervenir en ellos ni manipular variables. Su objetivo principal es proporcionar una representación objetiva y detallada de los hechos observados, permitiendo comprender su estructura y características, propiedades, entre otros, además, se recolectan datos de la variable de estudio y se miden (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Además, tiene un alcance explicativo, ya que está dirigido a responder a las causas de eventos y a las condiciones en que se manifiestan (Hernández et al, 2014). Por otro lado, tuvo un enfoque de investigación aplicada con el propósito de encontrar estrategias administrativas e ingenieriles que pudieran ser empleadas en el abordaje del problema a resolver.

#### **B. Fuentes de Información**

##### **1) Fuentes primarias**

- Entrevistas Semiestructuradas
- Encuesta Higiénica sobre ruido ocupacional
- Cuestionarios sobre confort acústico
- Registros documentales en la organización

- Audiometrías
- Informe de Mediciones de Ruido Ocupacional
- OSHA
  - Occupational Safety and Health Administration: Guía de conservación auditiva
  - Valoración del Equipo de Protección Personal Auditiva con el método OSHA
  - Guía de diseño de OSHA 3074: Hearing Conservation
- INSHT
  - Lista de verificación basada en el Real Decreto 286/2006, Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido, INSHT, España

## 2) Fuentes secundarias

- Manuales
  - Rodrigo Avilés López y Rocío Perera Martín, Manual de Acústica Ambiental y Arquitectónica, 2017
- Normativa / Reglamentos
  - Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo.
  - Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones.
  - Lista verificación basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541
  - INTE T34:2000 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
  - Normativa INTE/ISO 9612:2009: Determinación de la exposición ocupacional al ruido ocupacional.
  - Normativa INTE/ISO 31-09-09-16: Elaboración de programas de salud Ocupacional.
  - INTE 31-06-07:2011: Guía para la identificación de los peligros y la evaluación de los riesgos de salud y seguridad ocupacional.
  - Normativa INTE/ISO 5130:2019. Acústica. Mediciones del nivel de presión sonora emitida por vehículos automotores en condición estática.
  - Ministerio de Salud Pública de Costa Rica. Reglamento para el control de ruido y vibraciones.

-NTP 270: Evaluación de la exposición a ruido. Determinación de los niveles representativos.

-NTP 960. Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización.

-NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico

### 3) Fuentes terciarias

- Bases de datos
  - Repositorio TEC
  - AENORMás
  - E-libro
  - EBSCO
  - ScienceDirect
  - Google académico
- Proyectos de graduación
  - Ana Gabriela Chavarría Espinoza, Programa de Prevención y Conservación Auditiva para los Trabajadores de la planta de producción de ByC Exportadores del Valle de Ujarrás S.A., 2021.
  - Anthony Josué Torres Betancourt, Propuesta de un programa de conservación auditiva para los operadores de equipos montacargas en la dirección de almacenes de la empresa DHL Global Forwarding Costa Rica, Oficinas Centrales, Setiembre, 2021.
  - Daniela Meneses Coto, Propuesta de un programa de prevención y conservación auditiva para los colaboradores de la planta de producción de la empresa Micro Technologies S. A., Costa Rica, Noviembre, 2021.
  - Anny Paola Alvarado Céspedes, Programa de conservación auditiva y prevención de riesgo ergonómico para los colaboradores de la empresa Centro de Servicio Mecánico S.A., Costa Rica, Julio, 2022.
- Artículos científicos

- Andrés Robles Ramírez y Esteban Arias Monge, Metodologías de evaluación: Exposición ocupacional a ruido y casos de análisis en agentes ambientales físicos; Módulo exposición ocupacional a ruido, 2015

### **C. Población y muestra**

Actualmente Aeris Holding Costa Rica S.A cuenta con 207 colaboradores distribuidos en 106 puestos. Las áreas de carga y mantenimiento específicamente cuentan con 15 y 29 personas respectivamente, siendo una población total de interés de 44 personas. Su jornada laboral cuenta con 3 turnos los cuales son 6:00 am a 2:00 pm, 2:00 pm a 10:00 pm y 10:00 pm a 6:00 am y trabajan 6 días seguidos con 2 días de descanso en los turnos de día y 5 días seguidos con 2 días de descanso en el turno de noche, además, es de tipo rotativo, por lo que cada semana cambian su horario de trabajo.

A continuación, se detalla el procedimiento ejecutado para obtener la muestra para la aplicación de las herramientas y metodologías del proyecto.

#### **1. Encuesta Higiénica sobre Ruido Ocupacional para analista de EHS**

La primera herramienta se aplicó a la Ing. Angie Escobar como una visita preliminar a la empresa, con el fin de recopilar toda la información posible para identificar aquellos factores presentes en el ambiente laboral, características del lugar de trabajo, tiempo de descansos, tareas, entre otras. Actualmente, el departamento cuenta con cuatro analistas de EHS pero, se decidió aplicar la encuesta higiénica solamente a una persona, ya que todas tienen el mismo acceso a la información.

#### **2. Entrevista Semiestructurada a supervisor de Mantenimiento y jefe de carga**

La aplicación de la entrevista semiestructurada al supervisor de mantenimiento y al jefe de carga será efectuada a las únicas dos personas en cada puesto para obtener toda la información que se requiere en cuanto a las máquinas, herramientas y equipos, sus características, mantenimiento y procesos de cada tarea.

### 3. Cuestionario sobre confort acústico basada en la herramienta del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Para la identificación de necesidades de mejora y la adopción de medidas destinadas al perfeccionamiento de las condiciones acústicas del lugar y puestos de trabajo, se aplicará la herramienta: Cuestionario de confort acústico del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, a una muestra de 27 operarios de las áreas de mantenimiento y carga, los cuales cuentan con una población total de 44 empleados. Estos fueron seleccionados de forma aleatoria/ al azar (método probabilístico) para mantener la distribución de los datos y reducir cualquier sesgo. El cálculo de la muestra se realizó por medio de la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 1**

*Cálculo del tamaño de la muestra*

$$n = \frac{Z^2 * p(1 - p) * N}{Z^2 * p * (1 - p) + E^2 * (N - 1)}$$

n= tamaño de la muestra

Z= nivel de confianza (90%, valor 1.64)

p= proporción de la característica deseada (0.5)

N= tamaño de la población (44)

E= nivel de error (10%)

### 4. Determinación de la exposición ocupacional a ruido en el trabajo *basado en la función* según la normativa de la ISO 9612:2009

Se llevó a cabo un muestreo de exposición ocupacional por medio de dosimetrías mediante la medición basada en la función, estableciendo un grupo de exposición al ruido homogéneo entre los trabajadores de mantenimiento y carga. Para la selección del número de personas que conforman este grupo, se hizo un muestreo no probabilístico de carácter intencional, priorizando las tareas y seleccionando los puestos con mayor exposición a ruido, apegada a la realidad de la operación, es decir, los puestos más

críticos, con el fin de utilizar los recursos disponibles de equipo y tiempo de una forma óptima. Dichos puestos críticos, fueron elegidos de acuerdo con los resultados en el informe de mediciones de ruido ocupacional desarrollado en noviembre del 2022 por la Consultora Multiservicios Profesionales Multipro S.A.

Durante el análisis de trabajo, se identificaron dos grupos de trabajadores con distinción entre las tareas realizadas por las condiciones de exposición al ruido y la duración de las tareas, los cuales constan de 32 y 12 personas respectivamente. A continuación, se muestra una tabla con la división de los puestos en dos grupos homogenizados.

**Tabla 1. Grupos de exposición homogénea al ruido**

Grupo 1 (puestos prioritarios)	Grupo 2 (puestos no prioritarios)
-Auxiliar de carga	-Coordinador de carga
-Operador de Monitoreo	-Coordinadora de servicios de mantenimiento
-Auxiliar gestión de mantenimiento	-Supervisor de Mantenimiento
-Auxiliar servicios de mantenimiento	-Coordinador de rotulación
-Técnico de aire acondicionado	-Coordinador de mantenimiento
-Técnico de fontanería y acabados	-Supervisor de facilidades

Para la selección de la duración de la muestra, se utilizó la **Tabla 1 – Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño  $n_g$**  de la ISO 9612 (ver anexo 1), donde se determinó que la duración mínima acumulativa de medición a repartir es de 14,25 horas, con un  $n_g=32$  para el grupo 1 y 8,5 horas, con un  $n_g=12$  para el grupo 2. El periodo de evaluación se llevó a cabo durante las 8:00 a 14:00 en el turno de la mañana con un tiempo de descanso de una hora de almuerzo (12:00 a 13:00), y durante las 14:00 a 17:00 en el turno de la tarde.

Para cumplir con la duración mínima acumulativa de medición que pide la tabla anteriormente mencionada, se decide tomar a conveniencia la medición de ocho

miembros del grupo 1 y cinco miembros del grupo 2, ya que los puestos del grupo 1 son prioritarios por su exposición al ruido. Estas personas fueron seleccionadas aleatoriamente, se midió una dosimetría a cada miembro con una duración de 2 horas de medición para cada uno, esto a conveniencia, con el fin de completar las 14,25 horas del grupo 1 y las 8,5 horas del grupo 2. El criterio de selección se basó en las personas que trabajan en revisión y manutención de equipo cerca de la pista de aterrizaje del AIJS y recibiendo material de exportación en el área de carga, en el horario de 8:00 a 14:00 y de 14:00 a 17:00.

Los datos fueron obtenidos con dos audiodosímetros marca Extech 407355, que miden la exposición total al sonido durante un periodo de 8 horas y fueron calibrados por un calibrador de sonido 94/114dB marca Extech 407766 para micrófono de 0,5 y 1 pulgada.

### 5. Mapa de ruido

Para el segundo objetivo se pretende la creación de un mapa de ruido con el fin de comprender la distribución de niveles de presión y ondas sonoras en el lugar de trabajo más crítico, así como sus tendencias. Se consideró la información del medio ambiente de trabajo de los puestos seleccionados en la herramienta anteriormente mencionada. El lugar donde se desarrollan la mayor cantidad de tareas es el edificio de mantenimiento y sus oficinas. Luego de establecer los parámetros de medición, se realiza la división del croquis del edificio en 6 cuadrantes de  $26,7\text{m}^2$  cada uno aproximadamente, los cuales tienen una dimensión de 4,24m de ancho y 6,29m de largo, debido a que el área total del edificio es de  $159,848\text{m}^2$  (ancho = 8,48m y largo = 18,85m).

Los posibles obstáculos en algunos de los cuadrantes como máquinas y materiales serán tomados en consideración, por lo que se tomarán los datos desde el punto más cercano del centro del cuadrante. Las mediciones de presión sonora se recolectarán cada 15 minutos durante parte de dos turnos de trabajo (de 9:00 a 16:30) siendo 4 horas en el turno de la mañana y 2.5 horas en el turno de la tarde y excluyendo el tiempo de almuerzo, por 2 días definidos aleatoriamente, ya que el aeropuerto no cuenta con días críticos de trabajo definidos. Finalmente, se promediaron los niveles de presión sonora por cuadrante. Los datos fueron obtenidos con un sonómetro marca

3M™, modelo SoundPro SE-2-1/1 SIM, serie BBP100001, con un rango de medición comprendido entre los 30 y los 130 dB, el cual fue calibrado el 05 de junio del 2023 por la empresa TSI Incorporated (ver anexo 2).

#### D. Operacionalización de variables

Objetivo 1: Identificar los factores y condiciones de exposición a ruido de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
Factores y condiciones de exposición a ruido de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.	Condiciones y materiales del edificio que pueden generar una exposición ocupacional a ruido a los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A., basado en las características de las tareas y responsabilidades de los trabajadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cantidad de tareas, duración de la jornada, turnos laborales</li> <li>-Cantidad de periodos de descanso</li> <li>-Cantidad de trabajadores</li> <li>-Cantidad audiometrías y audiodosimetrías anteriores</li> <li>-Frecuencia de aplicación de las audiometrías y audiodosimetrías anteriores</li> <li>-Cantidad de medidas de prevención a la exposición a ruido que existen actualmente</li> <li>-Cantidad y frecuencia de capacitaciones sobre exposición al ruido ocupacional que han recibido los colaboradores</li> <li>-Metros cuadrados de los materiales estructurales del edificio, dimensiones y máquinas/equipos</li> </ul>	-Encuesta higiénica sobre Ruido Ocupacional para analista de EHS y recorrido en el lugar
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Nivel y tipo de ruido percibido en los puestos de trabajo</li> <li>-Cantidad de máquinas, equipos y herramientas utilizadas en las tareas de interés</li> <li>-Número de trabajadores que utilizan protección auditiva</li> </ul>	-Entrevista semiestructurada al supervisor de mantenimiento y jefe de carga con base a la <i>Lista de control para garantizar la detección de los eventos de ruido significativo durante el</i>

		-Cantidad de personas involucradas en el proceso de planificación de un programa en las áreas de mantenimiento y carga -Cantidad de temas de ruido que se han impartido en las áreas de interés	<i>análisis del trabajo</i> del anexo A, de la INTE/ISO 9612 (2009)
		-Cantidad de tiempo laborando en el puesto -Número de trabajadores con molestias a ruido en su trabajo	-Cuestionario sobre confort acústico basada en la herramienta creada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
		-Constante de local -Coeficiente de absorción de los materiales -Área superficial de cada material	-Matriz materiales estructurales y sus características acústicas -Método de cálculo de la constante del local -Método de cálculo del coeficiente de absorción de los materiales

Objetivo 2: Evaluar la exposición ocupacional a ruido de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.

<b>Variable</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos o herramientas</b>
Exposición ocupacional a ruido de los trabajadores del área de	Es la intensidad de ruido a la que están expuestos los trabajadores durante la jornada	- Niveles de presión sonora (NPS) -Porcentaje de exposición diaria de los trabajadores en una jornada laboral	-Evaluación de exposición ocupacional a ruido según la normativa de la ISO 9612:2009 basada en medición de la función

mantenimiento y carga	laboral y la que está presente en el edificio de mantenimiento, producto de las tareas, herramientas, equipo y maquinas utilizadas		-Bitácora de muestreo con audiodosímetros
		-Cantidad de cuadrantes para realizar el mapa de ruido -Niveles de presión sonora (NPS) distribuidos de acuerdo con el número de cuadrantes -Promedio decibeles (A) captados por el sonómetro según los cuadrantes en función del tiempo.	-Metodología Mapa de ruido -Bitácora de muestreo con sonómetro
		-Porcentaje de cumplimiento de los requisitos legales del programa	-Lista verificación basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541
		-Atenuación en dB (A) del Equipo de Protección Personal	-Valoración del Equipo de Protección Personal Auditiva con el método OSHA
		-Cantidad de causas y efectos que tienen en común la exposición ocupacional al ruido de las área de interés	-Diagrama causal
		-Cantidad de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de los factores y condiciones de exposición a ruido	-Análisis FODA

Objetivo 3: Diseñar los controles ingenieriles y administrativos para la disminución de la exposición al ruido de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos o herramientas
Controles ingenieriles y administrativos necesarios en un programa de conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.	Son los componentes integrados dentro de programa de conservación auditiva que buscan reducir la exposición a ruido, minimizando los riesgos sobre la salud de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A.	-Cantidad de requerimientos de un programa de conservación auditiva (Monitoreo de la exposición a ruido, controles ingenieriles y administrativos, EPP, capacitación, vigilancia de la salud, evaluación y seguimiento)	-Guía de diseño de OSHA 3074: Hearing Conservation
		-Cantidad de recursos humano necesario para la aplicación del programa	-Matriz de involucrados internos
		-Número de responsabilidades para los involucrados del programa	-Matriz de asignación de responsabilidades (RACI)
		-Cantidad y tipo de controles ingenieriles y administrativos para condiciones de riesgo por exposición a ruido	-Reducción técnica del ruido según NTP 960 (medidas ingenieriles y administrativas)
		-Cantidad de temas de ruido que deben abarcarse en las áreas de interés -Cantidad de capacitaciones anuales en temas de ruido ocupacional	-Matriz de planificación de capacitaciones
		-Cantidad de requisitos necesarios para seleccionar las propuestas de diseño administrativas e ingenieriles	-Matriz comparativa de diseños de propuestas de control ingenieriles y administrativos
		-Presupuesto del programa	-Matriz de presupuesto

		-Cantidad de actividades que se deben planificar para la implementación del programa	-Matriz planificación de actividades
--	--	--	--------------------------------------

## **E. Descripción de instrumentos de investigación**

### 1) Encuesta higiénica sobre Ruido Ocupacional para analista de EHS

Esta herramienta permitió conocer la situación previa de las tareas, entorno y jornada laboral de los trabajadores expuestos. Su aplicación se basó en la recopilación de información sobre la presencia de ruido en las tareas de los trabajadores para identificar aquellos posibles factores presentes en el ambiente laboral, así como, características del lugar de trabajo, tiempo de descansos, frecuencia de las audiometrías y audiodosimetrías, capacitaciones, medidas de prevención, fuentes generadoras de ruido y maquinas, equipo y herramientas utilizadas. Esta encuesta fue aplicada a la analista del departamento de EHS, Angie Escobar, tuvo una duración de 2 horas aproximadamente y fue utilizada como visita previa (ver apéndice 1).

### 2) Entrevista semiestructurada a supervisor de mantenimiento y jefe de carga

La aplicación de la entrevista semiestructurada al supervisor de mantenimiento y al jefe de carga tuvo una duración de 30 minutos aproximadamente y permitió obtener toda la información que se requiere en cuanto al número de trabajadores que utilizan protección auditiva y las características de estos, también sobre las máquinas, herramientas y equipos, sus características, mantenimiento y procesos. Las preguntas finales fueron con base a la *Lista de control para garantizar la detección de los eventos de ruido significativo durante el análisis del trabajo* del anexo A, de la INTE/ISO 9612 (2009) para entender el tipo de ruido emitido por las diferentes fuentes presentes (ver apéndice 2).

### 3) Cuestionario para confort acústico del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSSHT)

Este instrumento está compuesto por 13 preguntas de selección única y casillas de verificación con el objetivo de recopilar información sobre molestias, perturbación de la concentración, interferencia de la comunicación verbal, reverberación en el edificio donde trabajan, fuentes de ruido, características de las tareas y condiciones de trabajo,

así como caracterización del agente físico. Este cuestionario permitió la identificación de necesidades de mejora y la adopción de medidas destinadas al perfeccionamiento de las condiciones acústicas del lugar. Fue aplicado de forma presencial a una muestra de 27 operarios de las áreas de mantenimiento y carga seleccionados de forma aleatoria para mantener la distribución de los datos y reducir la aparición de sesgo (ver apéndice 3).

#### 4) Matriz materiales estructurales y sus características acústicas

Esta herramienta está compuesta por una lista de los materiales estructurales con los que cuenta cada superficie del edificio de mantenimiento, con su respectiva área ( $m^2$ ), coeficiente de absorción, área del coeficiente de absorción y sumatoria (ver apéndice 4).

#### 5) Método de Constante de Local

Esta herramienta se utiliza para calcular y asignar el coeficiente de absorción de cada uno de los materiales estructurales de un local para obtener la capacidad de absorción del área total por medio de ecuaciones. Una vez identificados los materiales estructurales del área, se calcula la constante del local (R) y a se asigna su correspondiente coeficiente de absorción para analizar la capacidad de absorción del edificio total.

#### 6) Evaluación de exposición ocupacional a ruido según la normativa de la ISO 9612:2009 basada en medición de la función

Esta norma permite determinar el nivel de exposición a ruido ocupacional a través de distintas estrategias como medición basada en la tarea, en la función o de una jornada completa por medio de mediciones del nivel de presión sonora, así como el respectivo tratamiento de los datos recolectados. El principio de la estrategia basada en la medición de la función consiste en tomar muestras aleatorias de la exposición al ruido medido durante la realización de las funciones identificadas durante el análisis de trabajo y estableciendo grupos de exposición al ruido homogéneos.

Finalmente, se debe determinar la duración mínima total de medición a aplicar al grupo de exposición de acuerdo con el tamaño establecido. La dosimetría permite

determinar la dosis de ruido porcentual a la que un trabajador está expuesto en una jornada laboral a nivel de oído y que además debe estar en constante movimiento.

7) Bitácora de muestreo con audiodosímetro para niveles de presión sonora a la que están expuestos los trabajadores con medición de la función

Esta bitácora permitió ordenar los datos recolectados durante el periodo de muestreo personal con dosímetros, donde se incluye la identificación del colaborador y su área de trabajo, la hora de inicio y finalización de cada medición y el responsable de la evaluación, para así conocer las condiciones en las que se han realizado las mediciones (ver apéndice 5).

8) Croquis del edificio de mantenimiento

Este instrumento es una representación gráfica del edificio de mantenimiento, donde se observan sus características y dimensiones de ancho y largo. Esto permite dividir el área en cuadrantes y enumerarlos con base al recorrido en forma de S para la recolección de los datos (ver apéndice 6).

9) Metodología de Mapa de Ruido

Esta metodología permite obtener las características de distribución de las ondas sonoras dentro del local. Además, permite tener una representación gráfica para determinar si existen zonas críticas con niveles de presión sonora muy altos y así, asociarlo con el proceso productivo y/o la localización de las máquinas, equipos y otros factores (Robles & Arias, 2015). Además, esta metodología permite determinar por medio de colores el rango de clasificación (ver tabla 2).

**Tabla 2. Rango de Clasificación de dB (A)**

Rango de clasificación	
Rango dB (A)	Color
70 – 80,9	Verde
81 – 84,9	Amarillo
85 – 90,9	Rojo
91 - 95	Rojo oscuro

10) Bitácora de muestreo con sonómetro para NPS en el edificio de mantenimiento

Esta bitácora fue creada con el fin de constatar la recolección de datos durante el periodo de muestreo en cada cuadrante con el sonómetro, a 1 metro de altura. La herramienta incluye información importante como la hora de inicio y finalización de cada medición y el responsable de la evaluación, para así conocer las condiciones en las que se han realizado las mediciones (ver apéndice 7).

11) Lista verificación basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541-TSS

Esta lista de verificación busca determinar la cantidad de artículos del reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones Decreto N° 10541 con los que la empresa cumple, no cumple o no aplican para el programa. Los artículos tomados en consideración son a partir del 7<sup>o</sup> hasta el 26<sup>o</sup> (ver apéndice 8).

12) Diagrama Causal

La utilización de esta herramienta permite obtener un diagrama de las posibles causas que contribuyen a un efecto. Además, proporciona un conocimiento amplio del problema con todos sus elementos y relaciones a detalle.

13) Análisis FODA

Es una herramienta que permite conformar una matriz de la situación actual del área de interés, contemplando las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, obteniendo así un diagnóstico preciso que permite la toma de decisiones acordes con los objetivos y metas del proyecto.

#### 14) Valoración del Equipo de Protección Personal Auditiva con el método OSHA

Esta metodología permite determinar la efectividad del equipo de protección auditiva (EPA) utilizado por los trabajadores evaluados, con el fin de analizar su exposición actual y en caso de ser necesario, recomendar otro tipo para disminuir los niveles de presión sonora percibido por los colaboradores (ver apéndice 9).

#### 15) Guía de diseño OSHA 3074

Esta guía fue elaborada por *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA, por sus siglas en inglés), el cual brinda los componentes necesarios y las fases que debe contener un programa de conservación auditiva. Es importante resaltar que se debe de adaptar para cada empresa y como componentes estructurales se seleccionaron controles ingenieriles y administrativos, monitoreo, EPA, capacitaciones (educación) y evaluación del programa.

#### 16) Matriz involucrados internos

Esta herramienta permite definir los involucrados internos de la empresa necesarios para la aplicación del programa de conservación auditiva, en cuanto a las tareas, responsabilidades y las capacidades de estos (ver apéndice 10).

#### 17) Matriz de asignación de responsabilidades (RACI)

Esta matriz permite establecer las responsabilidades de quienes participan (involucrados internos), organizar las tareas, determinación de roles y cumplimiento de asignaciones en actividades determinadas dentro del programa de conservación auditiva. En esta se le asigna una letra (RACI) a cada actor donde: R es Responsable, A es Aprobador, C es Consultado e I es Informado (ver apéndice 11).

#### 18) Reducción técnica del ruido según NTP 960 (medidas ingenieriles y administrativas)

En esta NTP se describen las fases que debería incluir ese programa y se dan una serie de pautas para facilitar la aplicación de cada una de ellas, incluyendo un abreviado descripción de cada una de las fases para esclarecer los aspectos esenciales a considerar en su diseño e implementación. La nota técnica de prevención también brinda ejemplos de controles administrativos, con el fin de reducir la exposición al ruido en el lugar de trabajo. De esta se obtienen las bases para los controles administrativos propuestos en el programa para la reducción de ruido.

#### 19) Matriz de planificación de capacitaciones

Este es un instrumento de carácter educacional y estratégico permite ordenar las necesidades de capacitación con respecto a ruido de los trabajadores expuestos, así como ordenar la información como objetivos, temas, recursos (económicos y humanos), tiempo necesario para realizar las capacitaciones y los métodos de evaluación necesaria (ver apéndice 12).

#### 20) Matriz comparativa de diseños de propuestas de control ingenieriles

Esta herramienta busca colocar todos los requerimientos y aspectos necesarios como estándares, viabilidad, recursos económicos, componentes ambientales, sociales y culturales necesarios para realizar una comparación de los controles propuestos, de modo que permita seleccionar el mejor diseño y el más beneficioso en cuanto a controles ingenieriles (ver apéndice 13).

#### 21) Matriz de presupuesto

Esta matriz ayuda a visualizar de una manera más amplia y estratégica, la forma en la que se va utiliza el dinero de la empresa, además, permite realizar las correctas estimaciones financieras del programa de conservación auditiva (ver apéndice 14).

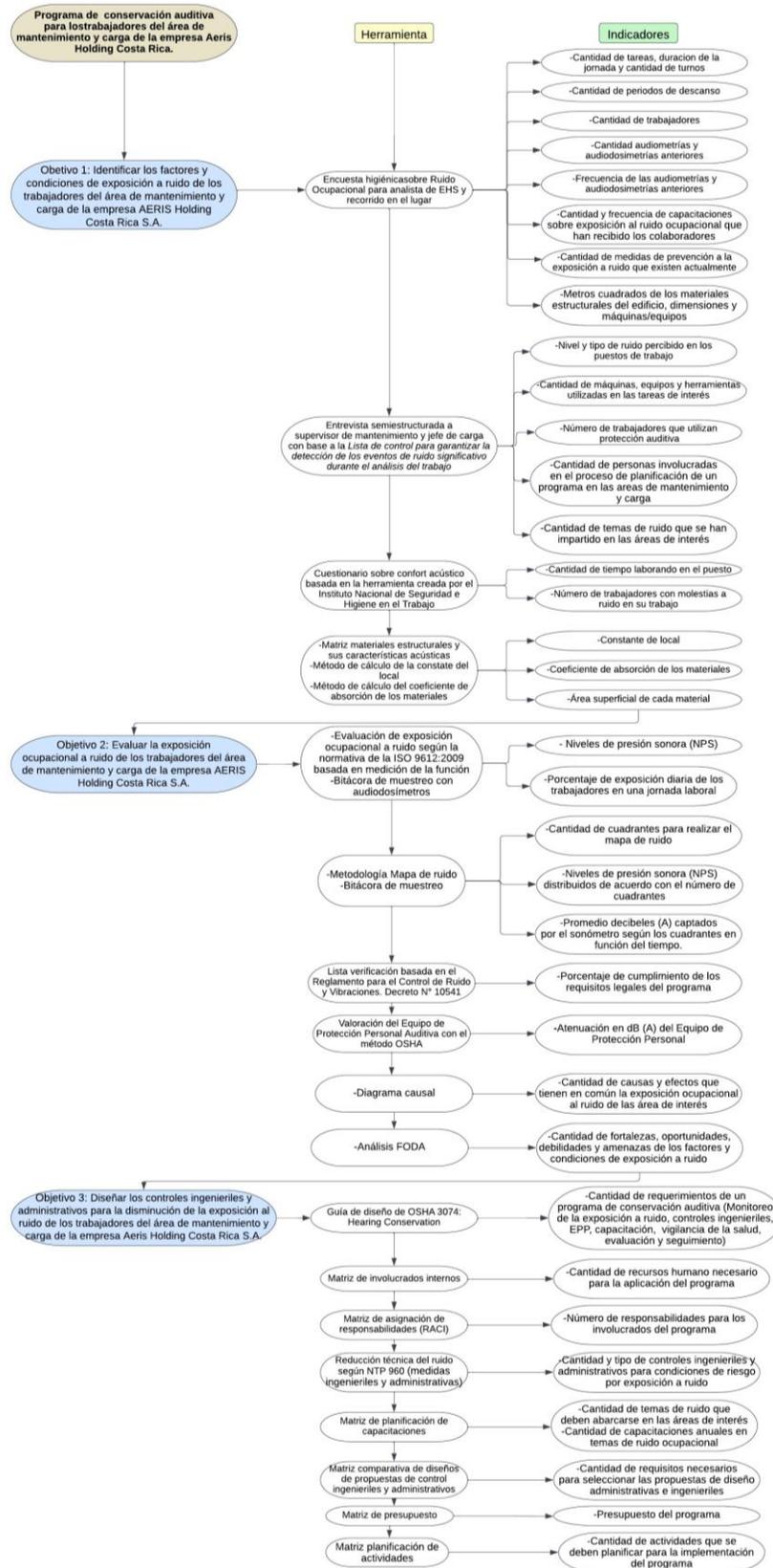
#### 22) Matriz planificación de actividades

Esta herramienta permite representar de manera tabular la duración y frecuencia de tiempo para realizar las actividades necesarias de gestión el programa de conservación auditiva.

#### **F. Plan de Análisis**

A continuación, la figura 1 muestra un diagrama de causa-efecto generado con la información obtenida del proyecto y las herramientas se aplicaron de acuerdo con el orden que muestran las flechas.

**Figura 1. Plan de análisis del proyecto**



La variable de estudio del primer objetivo son los factores de las tareas y las condiciones del edificio de mantenimiento que contribuyen a la exposición ocupacional a ruido, esto con el fin de conocer las características de las tareas y responsabilidades, así como las condiciones y materiales del edificio que pueden generar una exposición. Para obtener esta información, se llevó a cabo la encuesta higiénica a la analista de EHS (ver apéndice 1), donde se obtuvieron los datos sobre la cantidad de tareas, la duración de la jornada laboral y los respectivos turnos de trabajo, los periodos de descanso, la cantidad de trabajadores, la cantidad y frecuencia de audiometrías y audiodosimetrías anteriores, la cantidad de capacitaciones sobre exposición al ruido ocupacional, la cantidad de medidas de prevención y los metros cuadrados de los materiales estructurales del edificio de mantenimiento.

Así mismo, para recolectar información acerca del nivel y tipo de ruido percibido en los puestos de trabajo, la cantidad de herramientas, máquinas y equipos utilizados en las tareas de interés y la cantidad de trabajadores que utilizan EPA, se aplicó una entrevista semiestructurada para el supervisor de mantenimiento y el coordinador de carga (ver apéndice 2). Adicionalmente, el número de trabajadores con molestias a causa del ruido y la cantidad de tiempo laborando en el puesto se conoció gracias al cuestionario sobre confort acústico basada en la herramienta creada por el INSHT (ver apéndice 3). Una vez recopilada la información, se utilizaron gráficos de barras y pastel para analizar la escala de las respuestas obtenidas.

Por otro lado, la información de los metros cuadrados de los materiales estructurales del edificio, las dimensiones y demás características del edificio de mantenimiento, fue obtenida en la entrevista semiestructurada a la analista de EHS, la cual permitió obtener los datos necesarios para obtener la constante del local (R), el coeficiente de absorción de los materiales y el área superficial de cada material y del área total del lugar, junto con la matriz de materiales estructurales y sus respectivas características acústicas (ver apéndice 4). Esto permitió determinar si el problema de ruido estaba relacionado con ondas directas y ondas reflejadas.

Para el cálculo de la constante del local (R), se tomó en cuenta el cálculo de las superficies del material de construcción y su coeficiente de absorción acústica, para finalmente poder analizar la capacidad de absorción del edificio total con las siguientes ecuaciones.

## **Ecuación 2**

*Cálculo de la Constante del Local (R)*

$$R = \frac{\alpha_m \cdot S}{1 - \alpha_m}$$

## **Ecuación 3**

*Coefficiente medio de absorción*

$$\alpha_m = \frac{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots + S_n\alpha_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}$$

Donde:

R: constante del local

$\alpha$ : coeficiente del material

$\alpha_m$ : coeficiente medio

S: área de la superficie en metros cuadrados

El segundo objetivo cuenta como variable de estudio la exposición a ruido de los trabajadores del área de carga y mantenimiento, con el fin de conocer la intensidad de ruido a la que están expuestos los trabajadores durante la jornada laboral y la que está presente en el edificio de mantenimiento. Para cumplir con este objetivo, se determinaron los niveles de presión sonora y el porcentaje de exposición diaria de los trabajadores en una jornada laboral a nivel de oído con la aplicación de audiodosimetrías. La metodología seleccionada fue la establecida en la ISO 9612:2009, específicamente basada en la

función, tomando muestras aleatorias en dos grupos de exposición homogéneo, considerando que sus tareas son similares y están bajo las mismas condiciones de exposición y percepción del ruido. La duración mínima total de medición establecida en la norma para el grupo 1 fue de 14,25 horas, con un  $n_g=32$  y 8,5 horas, con un  $n_g=12$  para el grupo 2.

Para las dosimetrías se utilizaron audiodosímetros calibrados marca Extec 407355, que miden la exposición total al sonido durante un periodo de 8 horas y fueron calibrados por un calibrador de sonido 94/114dB marca Extech 407766 para micrófono de 0.5 y 1 pulgada. Dichos equipos fueron colocados en la pretina del pantalón de los colaboradores y los micrófonos fueron prensados en sus camisas a la altura del hombro. Además, se utilizó la bitácora de muestreo con audiodosímetros (ver apéndice 5) para documentarlos datos y las observaciones. Una vez obtenidos los resultados, se utilizó la siguiente ecuación para obtener el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado para la duración efectiva de la jornada laboral.

#### **Ecuación 4.**

*Cálculo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado para la duración efectiva de la jornada laboral*

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB}$$

Donde:

$L_{p,A,eq,T,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de la muestra n

$n$ : es el número de la muestra de la función

$N$ : es el número total de muestras de la función

Adicional, la ecuación 5 se utilizó para obtener el nivel de exposición al ruido diario ponderado:

## Ecuación 5.

*Cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado de los trabajadores en un grupo de exposición homogéneo*

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{dB}$$

Donde

$L_{EX,8h}$ : nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A calculado

$T_e$ : duración efectiva de la jornada laboral

$T_0$ : duración de referencia

Por otro lado, la metodología de mapa de ruido fue utilizada para determinar los niveles de presión sonora distribuidos de acuerdo con el número de cuadrantes y las frecuencias emitidas por las máquinas y equipos, además, visualizar por medio de colores el rango de clasificación y el promedio de decibeles (A) captados por el sonómetro según los cuadrantes en función del tiempo. Esta metodología consistió en dividir el croquis del local (ver apéndice 6) en 6 cuadrantes de 26,7m<sup>2</sup> cada uno aproximadamente, los cuales tienen una dimensión de 4,24m de ancho y 6,29m de largo.

Seguidamente, se tomaron los datos desde el punto más cercano del centro del cuadrante, se recolectaron los datos cada 15 minutos durante parte de dos turnos de trabajo por 2 días y se colocaron en la bitácora de muestro con sus respectivas observaciones (ver apéndice 7). Los datos fueron obtenidos con un sonómetro marca 3M™, modelo SoundPro SE-2-1/1 SIM, serie BBP100001, con un rango de medición comprendido entre los 30 y los 130 dB, colocado a 1 metro de altura en dirección sur. Finalmente, después de obtener las mediciones, se promediaron logarítmicamente los niveles de presión sonora en dB (A) con la ecuación 6 para su respectiva clasificación por colores.

### **Ecuación 6.**

*Promedio logarítmico del nivel de presión sonora*

$$\bar{L}_p = 20 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{pi}}{20}} \right]$$

Donde

$L_p$ : Promedio de nivel de presión sonora

$N$ : Número de recorridos

$L_{pi}$ : Nivel de presión sonora de cada medición

Adicionalmente, el tiempo de reverberación del local fue calculado con la siguiente fórmula.

### **Ecuación 7.**

*Tiempo de reverberación del local*

$$T = 0.163 \frac{V}{A}$$

Donde

$V$ : Volumes del local en  $m^3$

$A$ : Area del local en  $m^2$

Para determinar el porcentaje de cumplimiento de los requisitos legales del programa, se aplicó una lista de verificación basada en el reglamento para el control de ruido y vibraciones (ver Apéndice 8) basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541. Esta información se analiza dependiendo de la cantidad de artículos con los que cumple o no cumple el programa.

Además, para la valorización del equipo de protección auditiva utilizado actualmente en los puestos de interés, se calculó la atenuación brindada por el mismo con el fin de determinar si reduce el ruido percibido por los trabajadores por medio del método OSHA (ver Apéndice 9). Después de esta evaluación, se considerará la posible adquisición de nuevo EPA, en caso de ser necesario.

Con base en la información obtenida de las herramientas anteriormente mencionadas, se procedió a construir el diagrama causal de la exposición ocupacional a ruido, presentado más adelante en el análisis de la situación actual para sintetizar las causas identificadas de los factores, condiciones y evaluaciones. De igual forma, el análisis FODA permitió por medio de una matriz, conocer el diagnóstico sobre la exposición ocupacional a ruido del las área de interés.

Seguidamente, la variable de estudio del tercer objetivo son los controles ingenieriles y administrativos necesarios en un programa de conservación auditiva. Para esto se utilizó la guía de diseño de OSHA 3074 para establecer los requerimientos mínimos del programa y como componentes estructurales se seleccionaron controles ingenieriles y administrativos, monitoreo, EPA, capacitaciones (educación) y evaluación del programa.

Además, la matriz de involucrados internos (ver apéndice 10) permitió determinar la cantidad de recurso humano necesario para la aplicación del programa, así como una matriz RACI (ver apéndice 11) para la asignación de responsabilidades, organización de tareas, determinación de roles y cumplimiento de actividades por parte de los participantes. Por otro lado, la NTP 960 sobre reducción técnica del ruido permitió describir las fases que debe incluir el programa, con sus respectivas pautas para la aplicación de ellas, así como las bases para los controles administrativos propuestos en el programa para la reducción de ruido.

Por añadidura, la matriz de planificación de capacitaciones (ver apéndice 12) determinó la cantidad de capacitaciones necesarias, permitió ordenar las necesidades de capacitación con respecto a ruido de los trabajadores expuestos y ordenar la

información como objetivos, temas, recursos (económicos y humanos), tiempo necesario para realizar las capacitaciones y los métodos de evaluación necesaria.

Para determinar el diseño más factible se desarrolló una matriz comparativa de diseños de propuestas de control administrativas e ingenieriles (ver apéndice 13) con el fin determinar la cantidad de propuestas de diseño y la cantidad de requisitos necesarios para seleccionar las propuestas de diseño que cumplen con los estándares, recursos económicos, componentes ambientales, sociales y culturales.

De igual forma, se utilizó una matriz de presupuesto (ver apéndice 14) que incluya la información de las cotizaciones de los recursos necesarios para visualizar de manera más amplia y estratégica para la aplicación del programa de conservación auditiva, así como un diagrama de Gantt para determinar de manera grafica las tareas y el tiempo necesario realizar las mismas.

#### **IV. Análisis de la situación actual**

Este proyecto se llevó a cabo en la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A., específicamente en las áreas de mantenimiento y carga. A continuación, se presenta la situación actual de la empresa en cuanto a la exposición ocupacional a ruido.

##### **A) Identificación de los factores y condiciones de exposición a ruido**

###### **i) Cantidad de turnos laborales, duración de la jornada y tiempos de descanso**

Actualmente, los trabajadores de mantenimiento y carga de Aeris Holding Costa Rica S.A. laboran en 3 turnos de trabajo distintos, los cuales son 6:00 a 14:00, 14:00 a 22:00 y 22:00 a 6:00, y trabajan 6 días seguidos con 2 días de descanso en los turnos de día y 5 días seguidos con 2 días de descanso en el turno de noche, además, es de tipo rotativo, por lo que cada semana cambian su horario de trabajo. Durante la jornada, todos cuentan con dos espacios de 15 minutos cada uno para las meriendas y otro de 30 minutos para el almuerzo o cena. Dicho lo anterior, el tiempo de exposición total a ruido es de 7 horas.

## ii) Número de trabajadores expuestos

Con la encuesta higiénica realizada a la analista de EHS, se determinó que las áreas de carga y mantenimiento específicamente cuentan con 15 y 29 personas respectivamente, siendo una población total de interés de 44 personas.

## iii) Metros cuadrados de los materiales estructurales del edificio

Con el cuestionario aplicado al supervisor de mantenimiento de la empresa, se determinó que los materiales estructurales del edificio son: concreto en el suelo, block para las paredes y láminas de zinc para el techo, con acero estructural. Es importante resaltar que el frente del edificio (pared 4) cuenta con un portón que permanece abierto durante toda la jornada laboral, el cual se ubica en dirección a la pista de aterrizaje y despegue de aviones. En la siguiente tabla se observan los metros cuadrados de cada material específico.

**Tabla 3. Metros cuadrados de los materiales estructurales del edificio**

Superficie	Material	Area (m <sup>2</sup> )
Piso	Concreto	159.85
Pared 1	Block	60.21
Pared 2	Block	60.21
Pared 3	Block	27.09
Pared 4	Block	14.31
Techo	Zinc	159.85
<b>Total</b>		<b>481.50</b>

## iv) Cantidad y frecuencia de capacitaciones sobre exposición al ruido ocupacional y cantidad de medidas de prevención que existen actualmente

A través de la encuesta higiénica realizada a la analista del departamento de EHS, se documentó que la cantidad de capacitaciones en temas de ruido que han recibido los colaboradores de carga y mantenimiento durante el último año fiscal es solamente una, en la cual se desarrollaron temas sobre: ¿Cómo puede afectar el ruido en la salud de los trabajadores?, ¿Cuál es el uso adecuado de los tapones auditivos? y su importancia.

Adicionalmente, se mencionó que estas capacitaciones normalmente tienen una duración de 30 minutos y son de suma importancia para el departamento para mantener la cultura de seguridad y prevención en los colaboradores. Por otro lado, en la misma encuesta higiénica, se determinó que la cantidad de medidas preventivas actualmente existentes en el departamento son únicamente los tampones auditivos reutilizables marca Honeywell (modelo: UKCA 0321 / CE 2777) de NRR 27.

#### **v) Cantidad de máquinas, equipos y herramientas utilizadas en las tareas de interés**

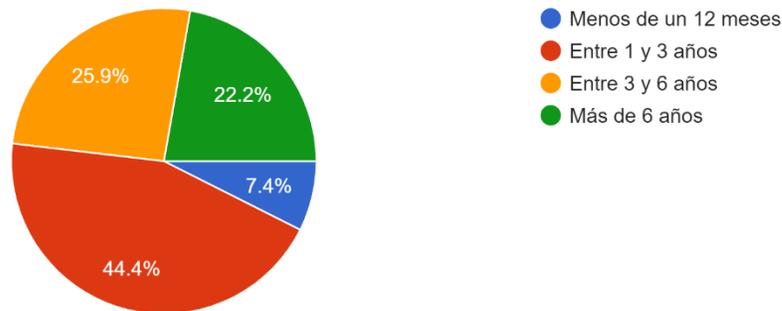
A través de la entrevista semiestructurada al supervisor de mantenimiento, se determinó que existen 4 máquinas principales que generan ruido dentro del taller de mantenimiento, las cuales reciben soporte preventivo una vez cada año. Además, se desarrolla mantenimiento correctivo cada vez que se encuentra una falla y finalmente, se realiza el predictivo una vez cada año, el cual tiene asociado un análisis previo de las máquinas para conocer las necesidades que eventualmente se podrían generar.

#### **vi) Percepción de molestia al ruido y cantidad de tiempo laborando en el puesto**

La cantidad de trabajadores encuestados con el cuestionario sobre confort acústico fue de 27 personas, de los cuales 33,3% era del área de carga y 66,7% de mantenimiento, ambas poblaciones de los turnos de día (ver apéndice 15).

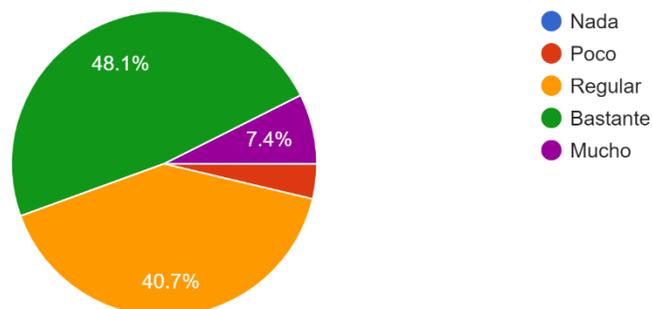
De estas 27 personas, únicamente 2 llevan menos de 12 meses laborando en su actual puesto de trabajo, mientras que los 25 restantes tienen más de un año de estar trabajando en su lugar actual (ver figura 2). Este dato ofrece confianza en las respuestas del cuestionario, ya que el 92,6 % ellas van a ser de trabajadores con experiencia y conocimiento de la situación remota y actual de los puestos de interés.

**Figura 2. Cantidad de tiempo laborando en el puesto actual de trabajo**



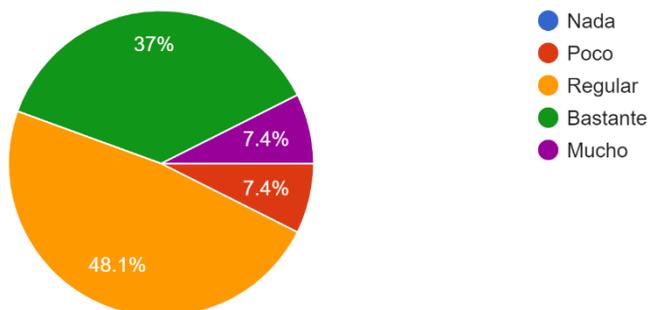
Con respecto a la cantidad de encuestados que sienten molesto el ruido en su puesto de trabajo, se determinó que un 7,4% lo considera “muy” molesto, un 48,1% “bastante” molesto, seguido por un 40,7% que lo considera “Regular” y finalmente un 3,7% que lo considera “poco” molesto (ver figura 3). Esta información deja como evidencia el discomfort acústico que percibe más de 50% de las personas encuestadas.

**Figura 3. Percepción de molestia del ruido de los trabajadores en su puesto**



Es importante resaltar que el trabajo desarrollado por las personas encuestadas requiere de tareas mentales o manuales de mucha complejidad, así como un 100% de altos niveles de atención (Ver apéndice 16 y 17). Por esta razón, es importante resaltar que un 37% de los encuestados opina que el ruido existente dificulta “bastante” la concentración o distrae el desarrollo de sus tareas, mientras que un 48,1% piensa que esta distracción es “regular” (ver figura 4).

**Figura 4. Percepción de distracción o dificultad de concentración a causa del ruido en el desarrollo de tareas**



Como se puede observar en la figura anterior, la percepción de ruido por parte de los colaboradores varía, ya que los mismos se encuentran distribuidos en distintas zonas de trabajo, con diferentes tipos de máquinas, herramientas y equipos que generan ruido. Sin embargo, de acuerdo con los comentarios de los encuestados y al mapa de ruido expuesto más adelante, las máquinas más utilizadas son la sierra circular para metales industriales, la cual tiene un NPS de 97 dB(A) y un nivel de potencia acústica (LwA) de 108 dB(A) (Capris. 2023); adicionalmente, la segunda máquina más utilizada es el taladro columnar, el cual produce un nivel de ruido de 65 dB(A) (Industrias Rogen S.L. 2023) durante su funcionamiento. Lo anterior hace referencia a que en la figura 4, al menos un 44,4% de los encuestados considera que se les dificulta “mucho o bastante” concentrarse en su trabajo a causa del ruido.

De igual forma, se les preguntó a los colaboradores si era necesario elevar el tono de voz para hacerse entender durante el desarrollo de su trabajo, a lo que el 18,5% indicó que deben elevar “mucho” el tono de voz, el 48,1% mencionó que deben hacerlo “bastante”, el 29,6% consideró que lo hacen de manera “regular” y el 3,7% indicó que lo hace “poco” (ver apéndice 18).

Cabe recalcar que las máquinas, herramientas y equipos se mantienen encendidas generando ruido durante periodos indefinidos dependiendo del área de trabajo, por lo que el departamento de EHS exige que todos los operarios de estas áreas deben utilizar los tapones auditivos reutilizables Honeywell de NRR 27 durante toda la jornada.

### vii) Condiciones del local

Con el cuestionario aplicado al supervisor de mantenimiento, se determinó que los materiales estructurales del edificio son: concreto, block y láminas de zinc, los cuales tienen asociados los siguientes coeficientes de absorción (ver tabla 4).

**Tabla 4. Coeficientes de absorción de los materiales estructurales y constante (R) del taller de mantenimiento**

Superf.	Material	Area (m <sup>2</sup> )	Coeficientes de Absorción F(Hz)						Sup. Coeficientes de Absorción						
			125	250	500	1000	2000	4000	125	250	500	1000	2000	4000	
Piso	Concreto	159.85	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	1.5985	1.59848	3.19696	3.19696	3.19696	4.79544	
Pared 1	Block	161.81	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	1.6181	1.61808	3.236161	3.23616	3.23616	4.85424	
Porton abierto		12.78	1	1	1	1	1	1	12.776	12.776	12.776	12.776	12.776	12.776	
Techo	Zinc	159.85	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	63.939	95.9088	127.8784	127.878	111.894	79.924	
<b>Total</b>		494.28							<b>Sumatoria</b>	79.932	111.901	147.0875	147.088	131.103	102.35
									<b>Coef. Medio Absorción</b>	0.1617	0.22639	0.297579	0.29758	0.26524	0.20707
									<b>Constante local R</b>	95.351	144.649	209.4009	209.401	178.429	129.078

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, se observa que la constante del local es menor en la frecuencia de 125 Hz, en comparación con las otras frecuencias, esto evidencia que tiene un mayor aporte por las ondas reflejadas en dicha frecuencia. Por otra parte, la constante del local en las frecuencias de 500 y 1000 Hz es alta en comparación con las otras, esto indica que, en dichas frecuencias, la estructura presenta una menor reflexión de las ondas sonoras.

Adicionalmente, el coeficiente medio de absorción en las frecuencias de 250 Hz a los 4000 Hz se mantiene con valores similares, entre 0,207 y 0,297. Esto quiere decir que en estas frecuencias los materiales constructivos tienen una mejor capacidad de absorber la energía de las ondas sonoras, sin embargo, estos coeficientes tienen valores muy bajos y existe la oportunidad de mejora con materiales de mayor absorción de ruido.

Por otra parte, el tiempo de reverberación fue calculado con la ecuación 7 anteriormente mencionada y su resultado fue de 560,36s en la frecuencia de 500 Hz y 1000 Hz, mientras que, en las frecuencias de 2000 Hz y 4000 Hz, se obtuvieron 628,69s y 805,3s respectivamente, dejando en evidencia que el NPS tarda mucho tiempo en

disminuir los 60 dB por debajo del valor inicial del sonido en el local del taller de mantenimiento.

## **B) Niveles de presión sonora en el área de estudio**

### **i) Audio dosimetrías**

Para cumplir con la duración mínima acumulativa de medición que se establece en la INTE/ISO 9612, se tomaron a conveniencia las mediciones de ocho miembros del grupo homogéneo 1 y cinco miembros del grupo homogéneo 2, ya que los puestos del grupo 1 son prioritarios por su exposición al ruido. Las evaluaciones fueron aplicadas por tres días durante 2 horas a cada persona, con el fin de completar el mínimo de 14,25 horas del grupo homogéneo 1 y las 8,5 horas del grupo homogéneo 2 y conocer el porcentaje de dosis que reciben los trabajadores de interés. A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el muestreo (ver tabla 5).

**Tabla 5. Nivel de presión sonora continuo equivalente en grupos prioritarios**

No. medición	Grupo prioritario	Tiempo medición total (horas)	Porcentaje dosis obtenida (%)	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado (A) en dB	Nivel de exposición diario ponderado (A) en dB	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado (A) de la muestra en dB
1	1	2	57,7	86,9	92,34	85,46
2	1	2	58,9	87,1	92,54	
3	1	2	46,5	84,1	89,54	
4	1	2	45,3	83,9	89,34	
5	1	2	53,8	86,5	91,94	
6	1	2	51,4	85,1	90,54	
7	1	2	47,6	84,7	90,14	
8	1	2	45,2	83,9	89,34	
1	2	2	15,4	80,2	85,64	84,97
2	2	2	17,2	80,7	86,14	
3	2	2	11,3	79,3	84,74	
4	2	2	9,9	78,1	83,54	
5	2	2	10,7	78,9	84,34	

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla anterior, se observa que los trabajadores del grupo 1 reciben un porcentaje de dosis más alto en comparación con los trabajadores del grupo 2, esto debido a la naturaleza de sus puestos, siendo los del grupo 1 el taller de mantenimiento y el andén de carga, mientras que el grupo 2 trabaja en oficinas administrativas, demostrando así que el grupo 1 tiene los puestos prioritarios en relación con la exposición al ruido.

Además, todos los niveles de exposición diarios ponderados (A) del grupo prioritario 1 superan los 85 dB (A), lo que advierte el posible incumplimiento del artículo 7° del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones que indica que no se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades mayores de 85 dB (A) respecto a ruidos

continuos, si los trabajadores no están provistos del equipo de personal adecuado que atenúe su intensidad hasta los 85 dB (A).

Como bien se mencionó anteriormente, el departamento de EHS de la empresa provee a los colaboradores de carga y mantenimiento los tapones de protección auditiva requeridos, sin embargo, las colaboradoras de este departamento indican que en ocasiones las personas no lo utilizan diariamente por descuido o desinterés. Además, la normativa nacional menciona en el artículo 18, que en los locales que superan los 85 dB (A) no es permitida una exposición mayor a ocho horas en el día sin protección auditiva.

Adicionalmente, la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (2016), menciona que la dosis diaria de exposición para un trabajador durante una jornada laboral de ocho horas no deberá ser mayor al 100%, pero si sumamos los porcentajes del grupo prioritario 1 en un tiempo de medición de 8 horas, se obtienen resultados que superan este límite, dejando en evidencia un alto nivel de exposición al ruido en este grupo.

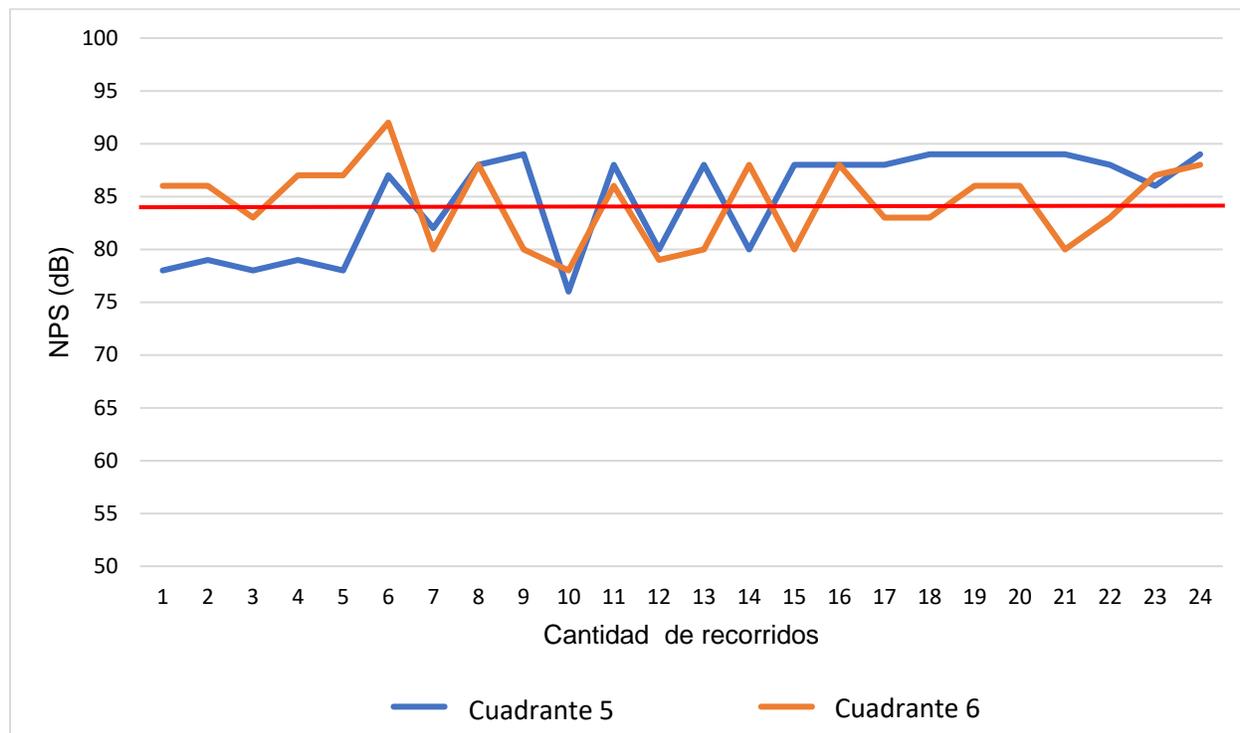
## **ii) Mapa de ruido**

Esta metodología consistió en dividir el croquis del local en 6 cuadrantes de 26,7m<sup>2</sup> cada uno aproximadamente. Los datos fueron tomados desde el punto más cercano del centro del cuadrante cada 15 minutos durante parte de dos turnos de trabajo por 2 días. Una vez realizados los muestreos, se calculó el promedio logarítmico con los NPS en dB (A) predominantes en los cuadrantes (ver apéndice 19), los cuales se identificaron en el croquis de la planta, siguiendo el rango de clasificación de dB (A) por colores (ver tabla 2).

A continuación, se muestra el mapa de ruido del taller de mantenimiento de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A. (ver figura 5).



**Figura 6. Comportamiento de los NPS (dB) en el cuadrante 5 y 6 del taller de mantenimiento el día 2**



De acuerdo con la figura anterior, se observa en color azul los NPS (dB (A)) del cuadrante 5 y en color naranja los del cuadrante 6 obtenidos el segundo día de mediciones, así como, en color rojo el límite de exposición ocupacional a ruido. Se analiza que el comportamiento de ambas zonas es muy similar y los valores obtenidos no fluctúan más de los 13 dB y 14 dB respectivamente, pero manteniéndose con valores superiores a los 85 dB (A) el 54,2% del tiempo evaluado. Siendo este un ruido percibido como continuo o constante pero dentro de un nivel de acción, donde se deben establecer medidas de prevención, ya que el nivel de peligro está por encima de una exposición de ocho horas diarias y aumenta el deterioro de la audición de las personas expuestas.

**iii) Porcentaje de cumplimiento de los requisitos legales del programa**

Con respecto al porcentaje de cumplimiento para el programa de conservación auditivo, se determinó que la empresa cuenta con un 78,57% de cumplimiento de los requisitos legales del Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541 (ver apéndice 20).

Los aspectos obtenidos como incumplimiento legal que la empresa debe implementar son: señalización del local donde se producen ruidos superiores al límite establecido en el artículo 2°, con el fin de que Trabajadores ajenos a esos locales no permanezcan dentro de ellos; los vehículos que ingresen al local deben tener dispositivos que eliminen los ruidos superiores a 85 dB (A) y finalmente, el local debe ser objeto de una nueva medición de ruido para determinar si las condiciones de los materiales de su estructura han variado”.

#### **iv) Atenuación en dB (A) del equipo de protección personal**

Como bien se mencionó anteriormente, el departamento de EHS brinda y solicita a todos los colaboradores de carga y mantenimiento el uso de tapones de seguridad mientras que desarrollan sus tareas en el aeropuerto. Para la valoración de este EPA se aplicó el método OSHA (ver apéndice 21) por lo que se realizó un barrido de frecuencias a nivel oído, a uno de los trabajadores del grupo prioritario 1 evaluado con audio dosimetría. La atenuación que ofrecen los tapones auditivos es de 26,9 dB (A) y al realizar la reducción, los niveles sonoros continuos equivalentes se encuentran entre los 63,1 dB (A) aproximadamente, por lo tanto, el EPA brindado a los trabajadores de las áreas de interés cumple su función.

#### **v) FODA**

Al realizar el análisis FODA se obtuvieron diferentes estrategias para recomendar en el programa de conservación auditiva y asegurar los mejores componentes para su gestión. Ver análisis con la información en la siguiente figura.

**Figura 7. Análisis FODA sobre los factores y condiciones de exposición ocupacional al ruido**

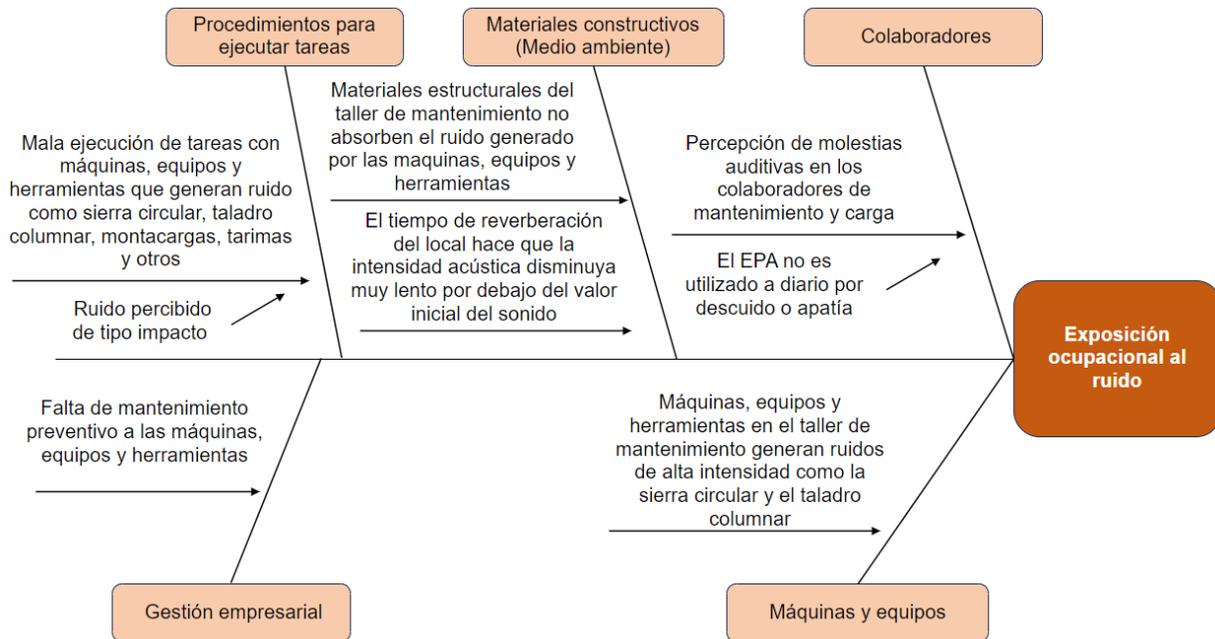
		Factores internos		
		Fortalezas	Debilidades	
		<p>F1. El departamento de EHS le brinda equipo de protección auditiva a los colaboradores.</p> <p>F2. La empresa cuenta con un informe de mediciones de ruido ocupacional del 2022.</p> <p>F3. Aeris Holding cuenta con un sonómetro y un audiodosímetro propio para las evaluaciones.</p> <p>F4. El nivel de acción establecido en la empresa dentro del Sistema de Gestión de Calidad de Aeris S.A, es de 80 dB (A).</p>	<p>D1. Los trabajadores de mantenimiento y carga no tienen conocimientos básicos sobre el sonido, riesgos de exposición a ruido ni la importancia de usar EPA.</p> <p>D2. Actualmente, la empresa no cuenta con un programa de conservación auditiva para los trabajadores de las áreas de interés.</p> <p>D3. Máquinas, equipos y herramientas en el taller de mantenimiento generan altos niveles de presión sonora.</p> <p>D4. Materiales estructurales del taller de mantenimiento no absorben el ruido.</p>	
		Oportunidades	Estrategia FO	Estrategia DO
Factores externos	<p>O1. Estándar internacional como la ISO9612 para determinación de la exposición al ruido en el trabajo.</p> <p>O2. Variedad de materiales acústicos en el mercado con tecnología y seguridad para diseñar encerramientos y barreras acústicas.</p> <p>O3. Posicionar a la empresa a nivel global en temas de carácter educacional para fortalecer la cultura de seguridad en sus estándares de calidad.</p> <p>O4. Proveedores externos que ofrecen el estudio de audiometrías para el plan de vigilancia de la salud auditiva.</p>		<p>F2-O4. Considerar el informe de mediciones de ruido ocupacional del 2022 para aplicar un plan de funcionamiento de vigilancia de la salud auditiva de los colaboradores expuestos a NPS superiores a 85dB (A).</p> <p>F3-O1. Ejecutar evaluaciones de NPS del área de mantenimiento y carga con el sonómetro y un audiodosímetro de la empresa.</p>	<p>D1-O3. Capacitar a los trabajadores de mantenimiento y carga en temas básicos sobre el sonido, riesgos de exposición a ruido e importancia de usar EPA.</p> <p>D4-O2. Diseñar un encerramiento y una barrera con materiales acústicos para absorber los NPS en el taller de mantenimiento.</p>
		Amenazas	Estrategia FA	Estrategia DA
		<p>A1. Incumplimiento de la normativa referente a los NPS máximos de exposición ocupacional.</p> <p>A2. Desacato de los criterios corporativos de grupo CCR y de la casa matriz HAS Development Corporation. A3. Presencia de numerosos equipos de protección auditiva en el mercado que carecen de la calidad necesaria o no cumplen con los estándares de la empresa.</p>	<p>A3-F1. Proponer instrucciones técnicas sobre selección de equipo de protección auditiva correcto.</p>	<p>A1-D2. Proponer un programa de conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica con el fin de disminuir la exposición de estos colaboradores y evitar la aparición de problemas auditivos.</p> <p>A2-D3. Implementar un plan que permita la evaluación y seguimiento de los controles propuestos y de los componentes del programa donde se incluyan todos los criterios a evaluar para buscar la mejora continua en el tiempo.</p>

**viii) Diagrama causal**

Al realizar el análisis de la situación actual, se obtuvieron diferentes causas de la exposición ocupacional al ruido al que están expuestos los colaboradores de

mantenimiento y carga. Para entender mejor esta información, se desarrolló el diagrama causal mostrado en la siguiente figura.

**Figura 8. Diagrama causal de la exposición ocupacional al ruido**



## V. Conclusiones

El conocimiento básico sobre sonido, riesgos de exposición a ruido y factores que afectan la salud auditiva de los colaboradores, son temas que no han sido implementados en la empresa. Es decir, la ausencia de estos temas provoca un conocimiento bajo sobre sus consecuencias, generando negligencia, descuido y/o apatía por parte de los colaboradores al utilizar el EPA.

Los materiales estructurales del taller de mantenimiento son concreto, block y láminas de zinc, los cuales presentan mala absorción de ondas sonoras. Por lo tanto, contribuyen a la propagación del ruido en las frecuencias de 250 Hz a los 4000 Hz principalmente.

La distribución de los NPS supera los 85 dB (A) en los cuadrantes 5 y 6 del taller de mantenimiento y el ruido se caracteriza como continuo. Esto se debe a que en estas zonas se ubican mesas de trabajo donde se realizan trabajos con herramientas y equipos

como la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar, las cuales son las principales fuentes generadoras de ruido en el taller de mantenimiento. Por lo tanto, los colaboradores de estas zonas se encuentran expuestos a niveles superiores de riesgo de pérdida auditiva ocupacional.

Todos los niveles de exposición diarios ponderados (A) del grupo prioritario 1 superan el límite de exposición ocupacional recomendado de 85 dB (A), lo que indica que estos trabajadores están en riesgo de sufrir daños auditivos debido a su exposición continua al ruido.

Estos niveles de exposición ponderados están relacionados con la naturaleza de las tareas de los trabajadores del grupo prioritario 1, ya que desempeñan labores técnicas, de mantenimiento y operación cerca de las principales fuentes generadoras de ruido anteriormente mencionadas.

## **VI. Recomendaciones**

Proponer un programa de conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica con el fin de disminuir la exposición de estos colaboradores y evitar la aparición de problemas auditivos.

Proponer instrucciones técnicas sobre selección de equipo de protección auditiva correcto, vigilancia de la salud y un plan de capacitaciones en temas de ruido ocupacional para prevenir daños auditivos en los colaboradores expuestos al riesgo y fortalecer la cultura de seguridad con buenas prácticas de uso, mantenimiento y disposición del equipo de protección auditiva implementado en la empresa.

Implementar un plan que permita la evaluación y seguimiento de los controles propuestos y de los componentes del programa donde se incluyan todos los criterios a evaluar para buscar la mejora continua en el tiempo.

Realizar una evaluación puntual de fuente en la mesa de trabajo donde se ubican la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar en el taller de mantenimiento.

Diseñar un encerramiento con recubrimiento de componentes acústicos en los materiales estructurales del fondo del taller de mantenimiento y una barrera con materiales que absorban y aíslen las ondas sonoras provenientes de los cuadrantes 5 y 6 donde se ubican la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar, esto para disminuir los niveles de presión sonora percibidos por los colaboradores de los puestos colindantes.

## **VII. Alternativa de solución**

Por medio del análisis de la situación actual con respecto al ruido, se evidenció que la zona crítica del taller de mantenimiento es el área donde se encuentran las máquinas sierra circular para metales industriales y el taladro columnar que exponen a los trabajadores a un nivel de presión sonora media de 85,79 dB (A) y el cual se esparce dentro de todo el taller por su ubicación al fondo de este local.

Además, se determinó que los trabajadores en el área de carga también reciben ruido de impacto durante el proceso de carga y descarga de mercancías, el cual es provocado cuando los montacargas mueven los materiales. Dicho factor contribuye en la exposición a ruido, con valores picos de hasta 86,9 dB(A), resultando en valores de exposición ocupacional a ruido que requieren de intervención desde un punto de vista administrativo para su control.

Para disminuir la situación actual de exposición a ruido ocupacional, se realizó un programa de conservación auditiva en el cual se integraron controles ingenieriles y administrativos para el monitoreo, vigilancia y promoción de la salud auditiva. A continuación, se presenta el programa propuesto.

**Programa de  
conservación auditiva  
para los trabajadores  
del área de  
mantenimiento y carga  
de la empresa Aeris  
Holding Costa Rica.**

---

**Elaborado por: Valeria Alvarado Rodríguez**

## **A. Programa conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica.**

### Aspectos Generales

#### 1. Introducción

El programa de conservación auditiva proporciona alternativas de solución que se enfocan en disminuir los niveles de presión sonora percibidos por los trabajadores de mantenimiento y carga de Aeris Holding Costa Rica S.A. Asimismo, éstas contemplan la prevención temprana de los problemas auditivos asociados a la exposición a ruido.

Estas áreas de trabajo son las que permiten el adecuado desarrollo operativo del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. Debido a la exposición a fuentes móviles de ruido como las aeronaves, equipos de transporte en tierra, montacargas, camiones y máquinas industriales, reciben a diario altos niveles de presión sonora que pueden representar un peligro para la salud auditiva de las personas trabajadoras. La existencia de este agente físico fue confirmada en los resultados de las audiodosimetrías y el mapa de ruido en el taller de mantenimiento, los cuales comprobaron que colaboradores de mantenimiento y carga se exponen a niveles de ruido que superan los 80 dB(A).

La aplicación de este programa permitirá reducir la exposición al ruido, sus efectos y dar cumplimiento a las exigencias legales y estándares internos que tiene la empresa, identificando las condiciones de trabajo y de salud que están influyendo o que podrían influir en la salud de sus colaboradores.

Entre los componentes del programa, se incluye el monitoreo de la exposición, controles ingenieriles y administrativos, selección de equipos de protección auditiva, capacitación, educación y motivación de los trabajadores, vigilancia de la salud y evaluación del programa (ver figura 9).

**Figura 9. Componentes del programa de conservación auditiva para los trabajadores del área de mantenimiento y carga**



En relación con lo anterior, para mejorar las alternativas de control ingenieril, se consideraron los principios de absorción, reflexión, transmisión y difracción acústica, los cuales se describen a continuación.

1.1. Principio de absorción acústica: Para el diseño del encerramiento y de la barrera se trabajó con el principio de absorción acústica, el cual consiste en una propiedad de los materiales, objetos y las estructuras para transformar la energía incidente en calor. Esto resulta en la propagación en un medio o la disipación de la energía sonora (ver anexo 3) (Aviles y Pereda, 2001).

1.2. Principio de reflexión acústica: Para el diseño de los encerramientos y las barreras, se contempló el fenómeno de reflexión de una onda sonora, el cual consiste en una propiedad que poseen los materiales, objetos y estructuras para reflejar la onda incidente (Ver Anexo 3) (Gómez-Cano, 2021).

1.3. Principio de transmisión acústica: Para el diseño de las barreras, se contempló el fenómeno la transmisión sonora. Éste se define como la energía que radia a través de un material, objeto y estructura (Ver Anexo 3) (Gómez-Cano, 2021).

1.4. Principio de difracción acústica: Para el diseño de las barreras también se trabajó con el principio de difracción acústica. Dicho fenómeno posibilita que la onda sonora rodee cualquier obstáculo, para continuar con su propagación. Además, éste determina la cantidad de energía que alcanza el receptor, por lo cual se condiciona la barrera (Avilés y Perera, 2017). Se formará una zona de sombra acústica o un área donde no llega el sonido, pero esto dependerá de las dimensiones del obstáculo, así como la frecuencia de la onda (Anexo 4) (Aviles y Pereda, 2001).

En cuanto a las alternativas de control administrativo, se realiza una propuesta de capacitaciones, EPP, instrucciones de trabajo dirigidas a la administración, uso y manejo del equipo de protección auditiva.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Prevenir la pérdida auditiva provocada por las condiciones de de exposición ocupacional a ruido de los trabajadores de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Evaluar los niveles de presión sonora anualmente en las áreas de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica.
- Proponer medidas ingenieriles y administrativas de control a ruido en el taller de mantenimiento de la empresa Aeris Holding Costa Rica.
- Plantear medidas de seguimiento y evaluación de las etapas que contempla el programa de conservación auditiva.

### 3. Alcances

El programa de conservación auditiva tiene como finalidad anticipar y prevenir las situaciones en las que se presenten NPS mayores o iguales a 80 dB (A), los cuales son peligrosos para la salud auditiva de los trabajadores de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica.

### 4. Limitaciones

- El programa está diseñado en función de las condiciones en las que se realizaron las evaluaciones de ruido durante el mes de agosto del año 2023. Ante cualquier cambio en la metodología del trabajo o del ambiente laboral, las propuestas del presente programa de conservación auditiva deberán ser actualizadas.

### 5. Metas

- Asegurar que en un año, los niveles de presión sonora en las evaluaciones ambientales no superen 80 dB (A).
- Asegurar que en un año, los niveles de presión sonora en las evaluaciones de exposición ocupacional no superen 80 decibeles (A).
- Capacitar en un año al 100 % del personal de mantenimiento y carga en temas de ruido, implicaciones en la salud, así como las medidas y acciones para la disminución de la exposición al ruido.
- Revisar el 100% de los componentes y resultados del programa de conservación auditiva en un plazo de un año.

## 6. Planificación del Programa

A continuación, se define cada uno de los componentes de un Programa de Conservación Auditiva:

### 1. Monitoreo de la exposición a ruido:

En esta etapa se procede a monitorear los niveles de presión sonora de manera que se permita identificar al personal que se encuentra expuesto a ruidos superiores a los 85 dB(A), durante jornadas laborales mayores a ocho horas. La medición de la exposición debe incluir todo ruido continuo, intermitente o de impacto que oscile entre los 80 dB(A) y los 130 dB(A); se deberá medir durante una condición común de trabajo. Además, para llevar a cabo el monitoreo, los encargados deben verificar y calibrar los instrumentos de medición utilizados para asegurar que los resultados sean precisos.

### 2. Controles ingenieriles y administrativos:

Los controles ingenieriles buscan reducir la exposición a ruido minimizando los riesgos sobre la salud, a partir de la modificación o sustitución de equipos, cambios físicos en la fuente o a lo largo del medio de propagación (OSHA, 2008). Los controles administrativos corresponden al conjunto de medidas que pueden cambiar los turnos de trabajo o los procedimientos, con la finalidad de reducir la exposición al ruido de las y los colaboradores, cuando los aspectos ingenieriles han sido insuficientes (Werner, 2006).

### 3. Equipo de protección auditiva:

Este equipo debe ser facilitado sin costo alguno por parte de la empresa a todos los empleados que se encuentran expuestos a 85 dB(A) o más en una jornada laboral de 8 horas diarias. En función de lo anterior, estos colaboradores deben estar entrenados para el uso y mantenimiento de este EPA.

### 4. Capacitaciones, educación y motivación:

Se recomienda que el personal de trabajo sea entrenado antes de comenzar a laborar en ambientes ruidosos y posteriormente, recibir una capacitación sobre este tema

mínimo una vez al año. Esta capacitación busca educar y motivar a las personas funcionarias en relación con el ruido y sus posibles efectos en la salud, así como concientizar sobre el adecuado uso y mantenimiento de los protectores auditivos.

#### 5. Vigilancia de la salud

Son las pruebas donde las personas encargadas de los Programas de Conservación Auditiva pueden determinar el grado de audición que poseen los empleados, esto con el fin de diagnosticar de manera temprana algún tipo de patología asociada a la pérdida auditiva inducida por ruido (OSHA, 2008). Además, se deberá informar a las personas trabajadoras sobre los resultados de las pruebas audiométricas.

#### 6. Evaluación y seguimiento del programa:

La evaluación busca verificar si las etapas propuestas en el programa están funcionando correctamente o si es necesario realizar cambios en las medidas propuestas, para que se ajusten a las necesidades del departamento y a los objetivos de la empresa. El programa se puede evaluar a partir de la integridad y calidad de los componentes a través de listas de control, además, la OSHA (2008) establece que la evaluación de todos los componentes del programa es necesaria para establecer la medida en que el programa está trabajado, para identificar problemas en su totalidad o en elementos que deben ser modificados, así como brindar un seguimiento para obtener los mejores resultados.

#### Compromiso empresarial

La empresa Aeris Holding Costa Rica es la organización dedicada a la administración del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, que está comprometida con el cumplimiento de los requisitos del Sistema de Gestión de Ambiente, Salud y Seguridad y Social, el mejoramiento continuo de los procesos administrativos, operativos y de construcción, por medio de la identificación, reducción y prevención de los impactos ambientales, sociales y de riesgos laborales generados por las actividades desarrolladas en el aeropuerto. Por lo anterior, la empresa Aeris Holding Costa Rica en su política

ambiental, social, salud y seguridad, se compromete a lograr un óptimo desempeño mediante:

a. La identificación, evaluación y cumplimiento de todos los requisitos legales aplicables a su operación y su expansión, así como todos los compromisos que se tomen y sean relevantes para las partes interesadas de la organización.

b. La prevención continua de la contaminación, los riesgos a la salud y a la seguridad, tanto de los espacios dentro del control de la empresa, como aquellos que pudieran ser afectados de manera indirecta por las operaciones.

c. El uso eficiente y sostenible de los recursos naturales, incluyendo la promoción y educación hacia todas las partes interesadas, para que contribuyan en el esfuerzo de mejora ambiental.

d. La reducción de la generación de gases con efecto invernadero, buscando disminuir la huella de carbono producto de las operaciones.

e. La promoción permanente de prácticas y conductas seguras de trabajo, de implementación de procesos seguros y la mejora basada en el aprendizaje de los incidentes que se presenten.

f. La incorporación de todas las partes interesadas en los procesos de comunicación y evaluación de desempeño ambiental, de salud y seguridad.

### Recursos

La implementación del programa de conservación auditiva requiere el apoyo del personal en tres categorías:

- La gestión que abarca el personal en la posición de aprobar los cambios, autorizar la asignación de recursos financieros, avalar la participación del personal en las actividades del programa, hacer cumplir la política y el programa.
- El personal implementador, quienes hacen funcionar los elementos del programa.

- Los empleados, los cuales son los encargados de comunicar al departamento de EHS los factores y las condiciones de exposición a niveles peligrosos de ruido ocupacional.

En el siguiente apartado se contemplan los diferentes recursos necesarios para llevar a cabo la ejecución del presente programa.

### Recursos Humanos

A continuación, se presenta la matriz con los involucrados internos (ver tabla 6) para el programa de conservación auditiva, los cuales tendrán asociados diferentes tareas para la implementación de este.

**Tabla 6. Matriz de involucrados para el programa**

<b>Puesto</b>	<b>Nivel de Influencia</b>	<b>Tareas</b>
Gerencia General (GG)	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobación de presupuesto del programa</li> </ul>
Recursos Humanos (RRHH)	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobación de propuestas del programa</li> </ul>
Encargado EHS	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de los niveles de presión sonora               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de factores y condiciones de riesgo ocupacional al ruido</li> </ul> </li> <li>• Organización de capacitaciones en temas de interés sobre el ruido ocupacional</li> <li>• Control de la implementación de los controles ingenieriles propuestos               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobación, implementación y seguimiento del programa</li> </ul> </li> </ul>
Supervisor de mantenimiento	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación del programa a los trabajadores</li> </ul>
Supervisor de carga	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación del programa a los trabajadores</li> </ul>
Departamento de mantenimiento	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de los controles ingenieriles</li> </ul>

Colaboradores de mantenimiento y carga	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplir con el programa propuesto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar el EPA facilitado por el departamento de EHS</li> </ul> </li> <li>• Participar de las capacitaciones en temas de interés sobre el ruido ocupacional <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reportar cambios y/o anomalías que puedan alterar los niveles de presión sonora en sus puestos de trabajo</li> </ul> </li> </ul>
--	------	--

Cada uno de los encargados de estas áreas son los responsables del desarrollo y ejecución del programa. A continuación, se presenta la matriz de responsabilidades con los respectivos involucrados internos para el programa de conservación auditiva, los cuales tendrán asociados diferentes tareas para la implementación del mismo.

**Tabla 7. Matriz de responsabilidades (RACI) de las personas involucradas en el programa**

Responsabilidades	Involucrados						
	GG	RR HH	EHS	Superv. mante	Superv. carga	Dept. mante	Colab oradores
<b>R: Responsable    A: Aprueba    C: Comunica    I: Informa</b>							
Aprobar las propuestas del programa		C	R/A				
Realizar propuestas del programa			R	C	C		
Aprobación de presupuestos para llevar a cabo el programa	R	I	C				
Comunicación del programa		I	R	C	C		
Asignación de responsabilidades para la implementación de las etapas del programa			R/C				
Desarrollar evaluaciones de ruido			R/C				
Implementar los controles ingenieriles propuestos			A			R	
Coordinar y realizar las capacitaciones		A/I	R/C	I	I		

Facilitar el tiempo necesario para desarrollar las capacitaciones			R	I	I		
Reportar cualquier inconsistencia relacionada con el programa			R	C	C	I	I
Velar por el cumplimiento del programa		C	R	C	C	I	I
Evaluar el programa			R/I	C			

### Recursos Económicos

Corresponde al recurso económico para la implementación de cada componente del programa de conservación auditiva. En el apéndice 22 se muestra el presupuesto para la implementación del programa.

### Recursos Tecnológicos

Son aquellos dispositivos necesarios para las evaluaciones de ruido y vigilancia de la salud, tales como sonómetro, audiodosímetro, computadora, entre otros. A continuación, se presentan los recursos necesarios de acuerdo con las etapas de implementación de programa de conservación auditiva.

**Tabla 8. Etapas de implementación del programa de conservación auditiva y los recursos necesarios.**

Etapas del programa	Recursos necesarios	
	Humano	Material
Monitoreo de exposición a ruido ocupacional	Encargado de llevar a cabo las mediciones de ruido en las áreas de interés.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonómetro con ponderación A</li> <li>• Calibrador acústico</li> <li>• Baterías</li> <li>• Audiodosímetro</li> <li>• Bitácora de muestreo</li> </ul>
Controles ingenieriles	Departamento de Mantenimiento encargado por EHS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espuma de poliuretano</li> <li>• Lana de Roca Fachada Acústica 100mm</li> <li>• Lana de Roca Ekla® Th 40</li> <li>• Reglas de madera</li> <li>• Tornillos para fijación</li> </ul>

Controles administrativos	Departamento de EHS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadora</li> <li>• Material audiovisual (presentación Power Point, vídeos, juegos de internet)</li> <li>• Formulario de control de asistencia a las capacitaciones</li> </ul>
---------------------------	---------------------	--

### Planificación de actividades

A continuación, se presenta la planificación de las actividades a desarrollar en el programa, así como la duración y frecuencia de cada una de éstas.

**Tabla 9. Planificación de las actividades del programa**

Actividad	Duración	Frecuencia
Presentación del programa de conservación auditiva a los gerentes generales	1 semana	-
Aprobación del programa de conservación auditiva	1 mes	-
Monitoreo y evaluación de la exposición ambiental y personal a ruido	1 mes	1 vez al año
Capacitación a los colaboradores de mantenimiento y carga en temas de ruido ocupacional	2 meses	3 veces al año
Compra del EPA	2 meses	2 veces al año
Evaluación del programa de conservación auditiva	4 meses	3 veces al año
Actualización del programa de conservación auditiva	2 meses	2 veces al año

### Estructura del Programa de Conservación Auditiva

Para la ejecución del presente programa, es necesario contemplar las etapas que lo componen. En la siguiente tabla se expone cada una de ellas y la descripción de las actividades que contemplan.

**Tabla 10. Etapas para el cumplimiento del programa de conservación auditiva**

Etapas	Actividades
Análisis y revisión de la propuesta del programa de conservación auditiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presentación del programa a la Gerencia General.</li> <li>▪ La Gerencia General revisa y aprueba el programa.</li> <li>▪ Se encomiendan las responsabilidades y recursos necesarios para la implementación del programa.</li> <li>▪ Se generan los informes y registro de las observaciones recolectadas del análisis del programa.</li> </ul>
Ejecución del programa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coordinar las tareas y responsabilidades de los involucrados del programa.</li> <li>▪ Comunicar a los colaboradores el propósito del programa y los elementos que contempla.</li> <li>▪ Desarrollar el monitoreo de exposición al ruido.</li> <li>▪ Implementar los controles ingenieriles propuestos.</li> <li>▪ Implementar el EPA a todos los colaboradores de mantenimiento y carga.</li> <li>▪ Implementar el plan de capacitaciones en temas de ruido ocupacional.</li> </ul>
Evaluación y seguimiento del programa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ejecutar el procedimiento para la evaluación de las etapas del programa, una vez implementado.</li> <li>▪ Valorar los resultados obtenidos una vez ejecutadas las medidas propuestas.</li> </ul>
Actualización del programa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efectuar los cambios necesarios dentro de los componentes del programa.</li> <li>▪ Evaluar el funcionamiento de los cambios efectuados.</li> </ul>

Componentes y ejecución del Programa de Conservación Auditiva

**i) Monitoreo de la exposición a ruido**

1.1 Propósito

Brindar una guía para la implementación de las evaluaciones de la exposición ambiental y ocupacional al ruido en los departamentos de carga y mantenimiento.

### 1.2. Alcance

Se facilita una guía con las instrucciones y las herramientas requeridas para evaluar la exposición ambiental y ocupacional a ruido en los departamentos de carga y mantenimiento.

### 1.3. Meta

- Conseguir en un año que, los niveles de presión sonora en las evaluaciones del ruido ambiental no superen 80 dB (A).
- Lograr en un año que, los niveles de presión sonora en las evaluaciones de la exposición ocupacional a ruido no superen 85 dB (A).

### 1.4. Responsables

- Encargado del departamento de EHS: Deberá coordinar y llevar a cabo las evaluaciones de exposición a ruido (mapa de ruido, medición puntual de la fuente, audio dosimetrías), así como aplicar las bitácoras de medición y los instrumentos de recolección de datos para la evaluación del ruido.
- Departamento de EHS: Los responsables deberán generar un reporte con los hallazgos y las medidas de mejora. Este será dirigido a los representantes de la Gerencia General.
- Supervisores de mantenimiento y carga: Colaborar con las evaluaciones de exposición al ruido, según lo indique el encargado de EHS.

## 1.5. Identificación de los factores y condiciones de exposición a ruido

### 1.5.1 Instrucciones para la recolección de datos

Para la identificación de los factores y condiciones de exposición a ruido en los colaboradores de mantenimiento y carga, se asignan una serie de instrumentos, los cuales se indican a continuación:

- Entrevista semiestructurada a supervisor de mantenimiento y jefe de carga: la herramienta se detalla en el apéndice 2. Esta debe ser aplicada durante la misma semana al supervisor de mantenimiento y jefe de carga. Las preguntas finales fueron con base a la Lista de control para garantizar la detección de los eventos de ruido significativo durante el análisis del trabajo del anexo A, de la INTE/ISO 9612 (2009) para entender el tipo de ruido emitido por las diferentes fuentes presentes.
- Cuestionario sobre Confort Acústico - Aeris Holding Costa Rica: Este instrumento tiene el objetivo de recopilar información sobre molestias, perturbación de la concentración, interferencia de la comunicación verbal, reverberación en el edificio donde trabajan, fuentes de ruido, características de las tareas y condiciones de trabajo, así como caracterización del agente físico. La muestra es de 27 operarios de las áreas de mantenimiento y carga seleccionados aleatoriamente para mantener la distribución de los datos y reducir la aparición de sesgo. La herramienta se encuentra en el apéndice 3 y fue desarrollado por el INSSHT.
- Matriz materiales estructurales y sus características acústicas: Esta herramienta es útil para la identificación de las condiciones del taller de mantenimiento, los cuales pueden generar un incremento de los NPS en el lugar. Está compuesta por una lista de los materiales estructurales con los que cuenta cada superficie del edificio de mantenimiento, con su respectiva área ( $m^2$ ), coeficiente de absorción, área del coeficiente de absorción y sumatoria (ver apéndice 4).
- Método de constante de local: Esta herramienta se utiliza para calcular y asignar el coeficiente de absorción de cada uno de los materiales estructurales de un local

para obtener la capacidad de absorción del área total por medio de ecuaciones. Para este cálculo, se considera el cálculo de las superficies del material de construcción y su coeficiente de absorción acústica, para finalmente poder analizar la capacidad de absorción del edificio total con las ecuaciones 2 y 3 anteriormente mencionadas, de constante del local y coeficiente de absorción respectivamente.

### 1.5.2 Instrucciones para la evaluación de la exposición ocupacional al ruido

Para la selección de los puestos a evaluar, es importante utilizar como referencia la guía de la INTE/ISO 9612:2009 basada en medición de la función con estrategia de muestreo por tarea.

Dividir los puestos por evaluar en dos grupos homogéneos de trabajadores expuestos al ruido, de acuerdo con las tareas que desarrollan y las fuentes generadoras de ruido cerca de sus puestos de trabajo. Las tareas de los técnicos, auxiliares y personal de operaciones serán el grupo 1 prioritario por la naturaleza de sus funciones y la cercanía a las máquinas de sierra circular y taladro columnar, las cuales son fuentes generadoras de ruido en el taller de mantenimiento. Por otro lado, las tareas de los supervisores y coordinadores serán situadas en el grupo 2 no prioritario (ver tabla 1).

Para establecer la duración de la muestra de cada grupo, seleccionar la cantidad total de trabajadores por grupo y calcular la muestra con la *Tabla 1 – Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño  $n_g$  de la ISO 9612* (ver anexo 1).

Revisar previamente el equipo de muestreo para poder verificar su funcionamiento en campo. Debe revisar que las baterías requeridas se encuentren cargadas y asegurarse que el instrumento no cuente con reventaduras, golpes u otros daños. Los datos de tiempo de inicio/parada, dosis, TWA y bandas de pico deben estar disponibles en la pantalla del instrumento. Utilizar un audiodosímetro de medición de la exposición total al sonido durante un periodo de 8 horas con un certificado de calibración que no supere los

dos años. En caso de no tener dicha certificación, utilice un calibrador acústico para verificar su buen funcionamiento y calidad.

Para la colocación del equipo al trabajador, es necesario comunicar previamente al trabajador el motivo de la evaluación, así como la función y los cuidados que deberá tener con el equipo. Proceda a colocar el equipo en el cinturón del pantalón del colaborador, situando el micrófono por encima del hombro, a una distancia de diez centímetros (como mínimo) de la entrada del canal auditivo externo más expuesto. Utilizar una prensa para fijar el micrófono y el cable, de manera que no interfiera con las actividades laborales de la persona.

Para la obtención de los datos, realizar medición mínima acumulativa de 14,25 horas, para el grupo 1 y 8,5 horas para el grupo 2. Para cumplir con la duración mínima acumulativa de medición que pide el anexo 1, se decide tomar a conveniencia la medición de ocho miembros del grupo 1 y cinco miembros del grupo 2 con una duración mínima de dos horas, ya que los puestos del grupo 1 son prioritarios por su exposición al ruido. Estas personas son seleccionadas aleatoriamente.

El periodo de evaluación es durante las 8:00 a 14:00 en el turno de la mañana con un tiempo de descanso de una hora de almuerzo (12:00 a 13:00), y durante las 14:00 a 17:00 en el turno de la tarde. Los resultados obtenidos se anotan en la bitácora de muestreo (ver apéndice 5). Esta bitácora permite ordenar los datos recolectados durante el periodo de muestreo personal, donde se incluye la identificación del colaborador y su área de trabajo, la hora de inicio y finalización de cada medición y el responsable de la evaluación, para así conocer las condiciones en las que se han realizado las mediciones.

Al final de la toma de mediciones por cada trabajador, realizar la verificación del equipo mediante el calibrador, tal como se explicó anteriormente. Para el análisis de los datos se procede a ver que, en el documento anterior se realizan los cálculos sobre los NPS percibidos durante la tarea, para una jornada de trabajo, así como el NPS continuo equivalente para una jornada ponderada con las siguientes fórmulas:

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB}$$

Donde:

$L_{p,A,eqT,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de la muestra  $n$

$n$ : es el número de la muestra de la función

$N$ : es el número total de muestras de la función

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{dB}$$

Donde

$L_{EX,8h}$ : nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A calculado

$T_e$ : duración efectiva de la jornada laboral

$T_0$ : duración de referencia

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,mi}} \right) \text{dB}$$

Donde:

$L_{p,A,eqT,mi}$ : Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea

Después de obtener los cálculos anteriores, se comparan los NPS continuo equivalente ponderado A entre ambos grupos. Si los NPS superan los 80 decibeles (A), se deberá analizar los posibles factores que conllevaron a estos resultados y generar las oportunidades de mejora correspondientes. Asimismo, se debe dar seguimiento a las medidas que beneficien una reducción de los NPS. Para el informe de resultados, el departamento de EHS se encargará de generar un informe de resultados que incluya los

hallazgos sobre la evaluación de la exposición, análisis de la información, las conclusiones y las medidas de mejora para la disminución de los NPS. Este informe se presentará a la Gerencia General y a las partes involucradas.

### 1.5.3 Instrucciones para la evaluación mediante mapa de ruido

Crear un croquis del taller de mantenimiento donde se observen sus características y dimensiones de ancho y largo para dividir el área en cuadrantes y enumerarlos con base al recorrido en forma de S para la recolección de los datos (ver apéndice 6). Luego, se realiza la división del croquis del edificio en 6 cuadrantes de 26,7m<sup>2</sup> cada uno aproximadamente, los cuales tienen una dimensión de 4,24m de ancho y 6,29m de largo.

Preparar el formato de la bitácora de muestreo para utilizar los días de las mediciones (ver apéndice 7). La herramienta incluye información importante como la hora de inicio y finalización de cada medición y el responsable de la evaluación, para así conocer las condiciones en las que se realizan las mediciones.

Revisar previamente el equipo de muestreo que vaya a utilizar para poder hacer una verificación en campo. Debe revisar que las baterías requeridas se encuentren cargadas y asegurarse que el instrumento no cuente con reventaduras, golpes u otros daños. Escoger un sonómetro con un rango de medición comprendido entre los 30 y los 130 dB (A) con un certificado de calibración que no supere dos años. En caso de no tener dicha certificación, utilice un calibrador acústico para verificar su buen funcionamiento y calidad. El tiempo de respuesta de la medición debe ser rápido (fast), con filtros de octava completa y con escala de ponderación A. Recordar en el transcurso de las mediciones verificar que el micrófono se encuentra en la misma dirección.

En caso de encontrar obstáculos en algunos de los cuadrantes como máquinas y materiales de trabajo, debe tomar los datos desde el punto más cercano del centro del cuadrante. Las mediciones de presión sonora se recolectarán cada 15 minutos durante parte del turno de la mañana y tarde (de 9:00 a 16:30) y excluyendo el tiempo de almuerzo, por 2 días definidos aleatoriamente.

Para el análisis de los datos, realizar el cálculo de los promedios logarítmicos por cada cuadrante y su respectivo día de medición. En cuanto a la interpretación de criterios seleccionados para los colores, el rojo implica un nivel crítico, donde se requiere la intervención inmediata con medidas de control. El color amarillo indica un nivel de alarma, donde se recomienda aplicar dichas medidas. Mientras tanto, el color verde refiere a un nivel de ruido aceptable. Este criterio se describe a continuación:

- Rojo:  $L_{\bar{p}} \geq 80$  decibeles (A).
- Amarillo:  $75 \text{ decibeles (A)} \leq L_{\bar{p}} < 80$  decibeles (A).
- Verde:  $L_{\bar{p}} < 75$  decibeles (A).

Para la ejecución del informe final, el departamento de EHS se encargará de generar un informe de resultados que incluya los hallazgos sobre la evaluación de la exposición, análisis de la información, las conclusiones y las medidas de mejora para la disminución de los NPS. Este informe se presentará a la Gerencia General y a las partes involucradas.

#### 1.5.4 Instrucciones para la evaluación puntual de la fuente

Preparar el área de muestreo, seleccionando las máquinas de interés para implementar la metodología sobre la evaluación puntual de la fuente. Específicamente en el taller de mantenimiento, las maquinas seleccionadas fueron sierra circular y taladro columnar. Seguidamente, es necesario preparar una bitácora de muestreo para cada maquinas, donde se contemplen los puntos de medición, los NPS (dB), la hora de inicio y final de las mediciones, y observaciones (ver apéndice 23). Adicionalmente, enumerar los puntos de medición en cada máquina, de acuerdo con la representación gráfica de un diagrama en modo araña para la distribución de los puntos de medición para las maquinas emisoras de ruido.

Para la revisión previa de las especificaciones del equipo de muestreo, es necesario utilizar un sonómetro convencional con banda de octava, verificando que el instrumento tenga un certificado de calibración reciente (no más de 2 años). En caso de no tener dicha certificación, utilice un calibrador acústico para verificar su buen funcionamiento y calidad. La configuración del equipo de medición es importante utilizarla

en respuesta rápida (fast) y escala de ponderación A. Revisar que las baterías se encuentren cargadas y asegurarse que el instrumento no cuente con reventaduras, golpes u otros daños.

Para la obtención de los datos, se deben realizar las mediciones en los puntos físicamente posibles en cada máquina de interés. Cada medición por punto deberá tener una duración de 30 segundos. Se registran los datos en la bitácora de muestreo. En caso de no se pueda realizar una medición, anotar la observación respectiva en la bitácora de muestreo, así como aquellas situaciones o eventos que interfieran con los niveles de ruido presentes al momento de las mediciones.

Para el barrido por frecuencias, seleccionar el punto con el NPS más alto. Para los siguientes pasos, este valor se considera como punto crítico. Realizar un barrido por frecuencias en el punto crítico e integrar los valores en un periodo de un minuto. Al final de las mediciones, realizar la verificación del equipo mediante el calibrador acústico, tal como se realizó en la verificación previo al inicio de las mediciones. Para el análisis de los datos se recomienda elaborar un diagrama de araña con los valores críticos obtenidos y codificar cada punto de medición de acuerdo a los colores de la tabla 2 anteriormente mencionada.

Se deberán proponer controles ingenieriles en los sectores o partes de la máquina que contribuyen mayormente al ruido emitido. Del mismo modo, si los NPS superan los 80 decibeles (A), se deberá analizar los posibles factores que conllevaron a estos resultados y generar las oportunidades de mejora correspondientes.

El informe de los resultados se lleva a cabo por el departamento de EHS, el cual debe incluir los hallazgos sobre la evaluación de la exposición, análisis de la información, las conclusiones y las medidas de mejora para la disminución de los NPS. Se contará con un periodo de una semana a partir de la obtención de los resultados, para elaborar el informe. Se espera que este informe sea presentado a los miembros de la gerencia general.

## **ii) Controles ingenieriles**

### **2.1. Propósito**

Disminuir los niveles de presión sonora que llegan a las áreas de trabajo de los colaboradores del taller de mantenimiento de Aeris Holding Costa Rica.

### **2.2. Alcance**

Brindar alternativas de control ingenieril, las cuales disminuyan los niveles de presión sonora que se transmiten a los colaboradores del taller de mantenimiento de Aeris Holding Costa Rica.

### **2.3. Meta**

Que en un lapso máximo de un año, las medidas de control ingenieril reduzcan hasta un límite máximo de 80 dB (A) el ruido a nivel ambiental que prevalece en el área de mantenimiento de Aeris Holding Costa Rica.

### **2.4. Responsables**

- El encargado del departamento de EHS deberá aplicar y evaluar la efectividad de los controles ingenieriles. Además, deberá coordinar las medidas de mejora con el departamento de mantenimiento.
- Los miembros de la gerencia general serán responsables de aprobar el presupuesto para las medidas de mejora que indique el departamento de EHS.
- Los colaboradores del departamento de mantenimiento son los responsables de acatar las instrucciones brindadas por el departamento de EHS para llevar a cabo la instalación de la propuesta de control ingenieril.

### **2.5. Medidas de control ingenieril para la exposición ocupacional a ruido**

Los controles ingenieriles propuestos a continuación, serán evaluados por medio de una tabla comparativa de propuestas de controles de diseño para el programa de

conservación auditiva, en el que se comparan criterios como seguridad y salud, cultural y social, legal, ambiente y económicos.

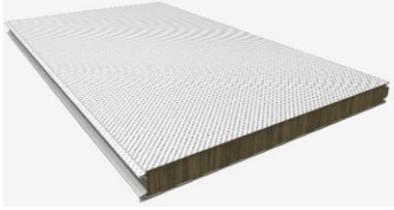
2.5.1 Alternativa 1: Encerramiento con material acústico para el área del taller de mantenimiento donde se ubican la sierra circular y el taladro columnar.

- Características del diseño

La propuesta consiste en implementar un encerramiento para el área del taller de mantenimiento donde se ubican la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar, con el fin de que el ruido generado por estas máquinas no sea propagado a las áreas de trabajo de los demás colaboradores. Para ello, se considera utilizar paneles de lana de roca para fachada acústica, para recubrir las 3 paredes de concreto que encierran esta área. Por otro lado, se considera utilizar un material de menor densidad para recubrir la parte del techo del taller donde se ubican estas máquinas, siendo la lana de roca Ekla® Th 40 el material elegido.

- Especificaciones de los materiales

**Tabla 11. Especificaciones del material lana de roca cubierta acústica**

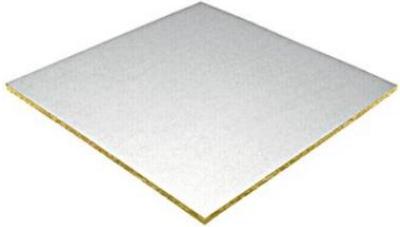
Ilustración	Características	Localización
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Espesor: 100 mm de aislamiento</li> <li>- Evita reverberaciones y facilita la absorción de NPS hasta 37 dB</li> <li>-Medidas de la placa:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho: 1.15 m</li> <li>• Largo: 6.5 m</li> </ul> </li> <li>-Peso: 19,4 kg/m<sup>2</sup></li> <li>-Atenuación acústica (Rw): ≥ 37,0 dB</li> <li>-Aislamiento acústico (Ra): ≥ 36,2 dB (A)</li> <li>-Resistencia al fuego: EI120 (ver anexo 5)</li> </ul>	<p>En las 3 paredes de concreto del taller de mantenimiento donde se ubican la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar.</p>
<p><b>Beneficios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Eficiente y versátil</li> <li>-Fácil instalación, ya que se fija directamente a la estructura del edificio</li> <li>-Capacidad para absorber el sonido</li> <li>-Resistencia al fuego, es clasificado como incombustible (Clasificación A1)</li> <li>-Resiste hasta los 1000 °C por lo que, los trabajos en soldadura del taller no afectarían su funcionalidad</li> <li>-Es un material transpirable, lo que permite que el vapor de agua pase a través de él</li> <li>-No retiene la humedad, lo que beneficia su limpieza y vida útil</li> <li>-Es aislante térmico.</li> <li>-Es una opción duradera y confiable, ya que puede mantener todas sus características por más de 50 años</li> <li>-Es una opción ecoamigable, ya que puede ser reciclado al 100% sin perder sus propiedades</li> <li>-Posee una lámina interior microperforada con velo negro que ofrece máxima insonorización, aislamiento y absorción acústica.</li> </ul> <p><b>Accesorios requeridos:</b> *Incluidos en el precio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Remate en forma de U</li> <li>-Remate esquina exterior</li> </ul>		

-Remate esquina interior
-Tornillería para fachada interior de estructura metálica
<u>Cantidad requerida:</u> 18 paneles
<u>Proveedor:</u> Grupo Panel Sandwich Costa Rica
<u>Precio por unidad:</u> ₡ 49 535,10
<u>Mano de obra:</u> taller de mantenimiento de Aeris Holding

Fuente: Panel lana de roca fachada acústica. (2023).

De acuerdo con la tabla anterior, la propuesta consiste en implementar un recubrimiento de este material (lana de roca cubierta acústica) en un 100% de las paredes de concreto donde se encuentran ubicadas las máquinas. Se incluye el precio neto del material requerido y se recalca que el departamento de mantenimiento es quien brindaría la mano de obra.

**Tabla 12. Especificaciones del material lana de roca Rockfon® Ekla® Th 40**

Ilustración	Características	Localización
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dimensiones: (1200 x 1200 x 40) mm</li> <li>-Peso: 3,1 kg x m<sup>2</sup></li> <li>-Densidad: 65 kg x m<sup>3</sup></li> <li>-Absorción acústica ponderado: 1(clase A)</li> <li>-Compuesto por materiales inorgánicos, inertes</li> <li>-Material incombustible, el punto de fusión sobrepasa los 1000 °C</li> <li>-Clasificación A1 en las Euroclases</li> <li>-Impide el desarrollo de Microorganismos (ver anexo 6)</li> </ul>	<p>Recubrimiento para el techo del taller de mantenimiento donde se ubican la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar.</p>
<p><u>Beneficios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reacción y resistencia al fuego: A1, es un material incombustible</li> <li>-Su punto de fusión sobrepasa los 1000 °C por lo que, los trabajos en soldadura del taller no afectarían su funcionalidad</li> <li>-Reflexión de la luz: 86%</li> </ul>		

-Resistencia a la humedad y estabilidad dimensional: hasta un 100 % HR. No se observan signos visibles de deformación en condiciones de humedad elevada, lo que beneficia su vida útil
-Higiene: la lana de roca no contiene ningún elemento que favorezca el desarrollo de microorganismo, lo que beneficia su limpieza y vida útil
-Medio ambiente: es totalmente reciclable, el contenido reciclado de los productos es entre el 29% y el 64% según la norma ISO 14021. Las soluciones acústicas Rockfon cuentan con la Certificación Cradle to Cradle® en los niveles Bronze y Silver (dependiendo del tipo de producto).
-Huella de carbono: De la cuna a la puerta 3.14 kg de CO2 eq. (según la DAP verificada por terceros). De la cuna a la tumba 4.17 kg de CO2 eq. (según la DAP verificada por terceros)
-Aislamiento térmico: conductividad térmica: $\lambda_D = 37 \text{ mW/mK}$ . Resistencia térmica: $R = 1,05 \text{ m}^2\text{K/W}$
<u>Cantidad requerida:</u> 17 cuadros
<u>Proveedor:</u> Rockfon
<u>Precio por unidad:</u> ₡42 728,58
<u>Mano de obra:</u> taller de mantenimiento de Aeris Holding

Fuente: Rockfon® EKLa® TH 40, (s.f.).

Adicionalmente, en la tabla anterior se presenta el recubrimiento de lana de roca Rockfon, con un menor espesor, para el 100% del techo del encerramiento. Se incluye el precio neto del material requerido y se recalca que el departamento de mantenimiento es quien brindaría la mano de obra.

- Cálculos de las variables acústicas

De acuerdo con los cambios establecidos en la alternativa 1, el cálculo de los coeficientes de absorción de los materiales estructurales y constante del encerramiento propuesto en la alternativa 1 se muestra a continuación. El análisis del coeficiente de absorción antes del control se muestra en la tabla 4 y se procede a calcular el coeficiente del local como se muestra en la tabla 13. Se logra observar un aumento de 0,248 en el coeficiente medio de absorción y de 384,0369 en la constante del local del taller de mantenimiento en la frecuencia de 500 Hz, además, observar un aumento de 0,32 en el coeficiente medio de absorción y de 588,893 en la constante del local del taller de mantenimiento en la frecuencia de 1000 Hz.



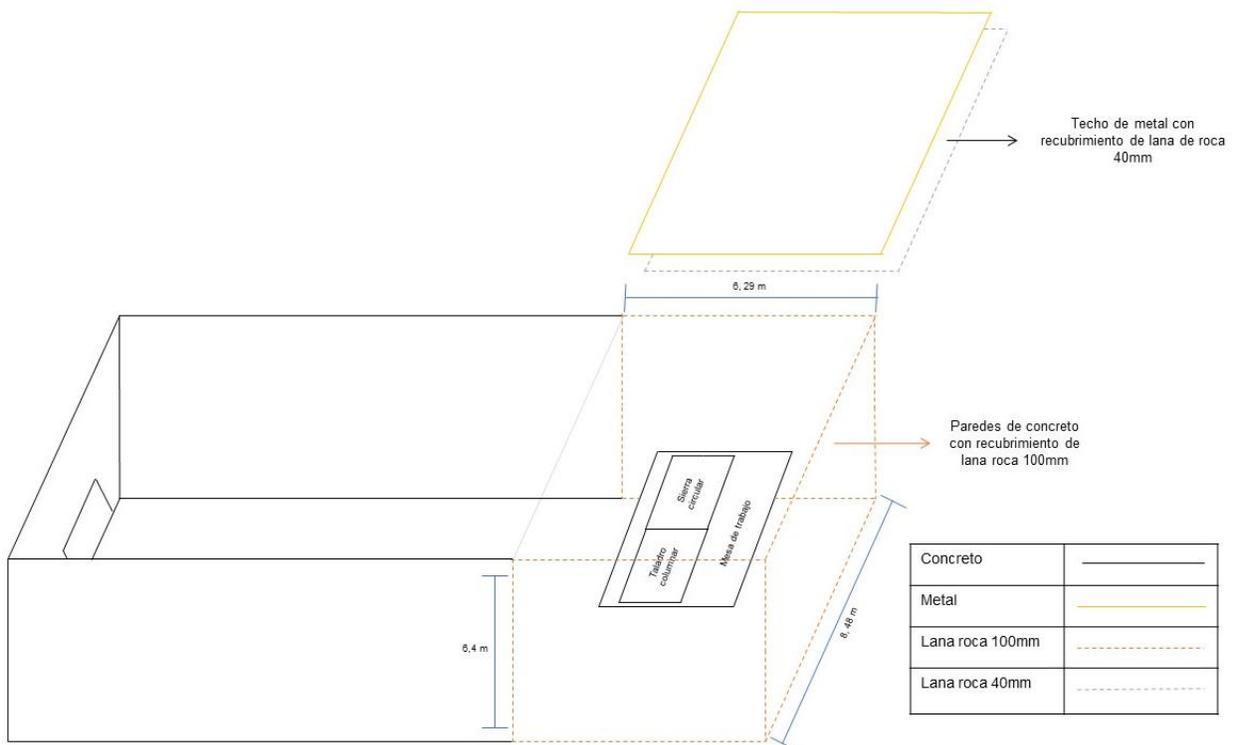
**Tabla 13. Cálculo del coeficiente de absorción de los materiales estructurales y constante del local con el encerramiento de la alternativa 1**

Sumatoria	Frecuencias					
	125	250	500	1000	2000	4000
Coef. Medio Absorción	0.4016	0.47687	0.545581	0.6176	0.6176	0.47223
Constante local R	331.7	450.579	593.4378	798.294	798.294	442.266

- Diseño del encerramiento

En la siguiente figura, se indica la representación gráfica del encerramiento del área.

**Figura 10. Diseño del encerramiento de la alternativa 1**



En la figura 10 se especifican las dimensiones generales del encerramiento en metros, así como los materiales estructurales y los recubrimientos propuestos. De igual

forma, se indica la ubicación de la mesa de trabajo donde se encuentran la sierra circular para materiales industriales y el taladro columnar al final del taller.

- Costos asociados a la alternativa 1

**Tabla 14. Especificaciones de los costos asociados a la alternativa 1**

Material	Unidades	Proveedor	Costo total
Paneles de lana de roca cubierta acústica	18	Grupo Panel Sandwich C.R.	₡ 891 631,8
Placas de lana de roca Rockfon® Ekla® Th 40	35	Rockfon	₡ 1 495 500,3
Mano de obra	-	Departamento de mantenimiento de Aeris Holding	0
<b>Costo de la alternativa 1:</b>			<b>₡ 2 387 132.1</b>

Fuente: Panel lana de roca fachada acústica. (2023), Rockfon® EKLa® TH 40, (s.f.).

**2.5.2 Alternativa 2:** Encerramiento con materiales acústicos y reducción de la superficie de transmisión sonora para el taller de mantenimiento

- Características del diseño

Se propone implementar un recubrimiento para el área del taller de mantenimiento donde se ubican la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar, con el fin de que el ruido generado por estas máquinas no sea propagado a las áreas de trabajo de los demás colaboradores. Para ello, se considera utilizar paneles de lana de roca para fachada acústica, para recubrir 2 de las paredes de concreto que encierran esta área y la pared restante con Espuma Convoluting, el cual es un material aplicado para reducir ruido en espacios encerrados. Por otro lado, se considera utilizar un material de menor densidad para recubrir la parte del techo del taller donde se ubican estas máquinas, siendo la lana de roca Ekla® Th 40 el material elegido.

La ventaja de esta propuesta radica en que, una de las paredes se recubre con material aislante de ruido. Esta espuma de poliuretano tiene una superficie texturizada con patrones de formas cónicas o "convolutas", similares a ondas o crestas que se

extienden a lo largo de la superficie de la espuma. Gracias a ello, se disminuye la transmisión de las ondas sonoras hacia los puestos colindantes.

- Especificaciones de los materiales

La propuesta consiste en implementar un encerramiento utilizando paneles de lana de roca para fachada acústica (ver características del material en la tabla 11), para recubrir 2 de las paredes de concreto que encierran el área de interés y la pared restante con Espuma Convoluting. Además, se considera utilizar lana de roca Ekla® Th 40, para recubrir la parte del techo del taller donde se ubican estas máquinas (ver características del material en la tabla 12). A continuación, se presentan las características de la espuma convoluting.

**Tabla 15. Especificaciones del material espuma convoluting**

Ilustración	Características	Localización
	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Espuma de poliuretano</li> <li>-Es aplicada para reducir el ruido en espacios cerrados</li> <li>-Tamaño: 100x200 cm</li> <li>-Espesor: 3 pulgadas</li> <li>-Densidad: 24 kg x m<sup>3</sup></li> <li>-Dureza: 95</li> <li>-Elongación: baja</li> <li>-Resiliencia: Baja.</li> <li>-Color: Gris oscuro</li> <li>-Retardante a la llama en caso de fuego</li> <li>- Coeficiente de reducción del sonido (NRC): 0.87</li> </ul>	<p>Pared al fondo del taller, frente a la estación de las máquinas sierra circular para metales industriales y el taladro columnar.</p>
Cantidad requerida: 17 espumas		
Precio por unidad: ₡46 039.14		
Proveedor: Proursa		
Mano de obra: taller de mantenimiento de Aeris Holding		

Fuente: Espuma D24. (s. f.).

Se incluye el precio neto del material de espuma convoluting requerido y se recalca que el departamento de mantenimiento es quien brindaría la mano de obra.

- Cálculos de las variables acústicas

De acuerdo con los cambios establecidos en la alternativa 2, el cálculo de los coeficientes de absorción de los materiales estructurales y constante del encerramiento propuesto en la alternativa 2 se muestra a continuación. El análisis del coeficiente de absorción antes del control se muestra en la tabla 4 y se procede a calcular el coeficiente del local como se muestra en la tabla 16. Se logra observar un aumento de 0,24855 en el coeficiente medio de absorción y de 385,3501 en la constante del local del taller de mantenimiento en la frecuencia de 500 Hz, además, observar un aumento de 0,323861 en el coeficiente medio de absorción y de 601,99 en la constante del local del taller de mantenimiento en la frecuencia de 1000 Hz.

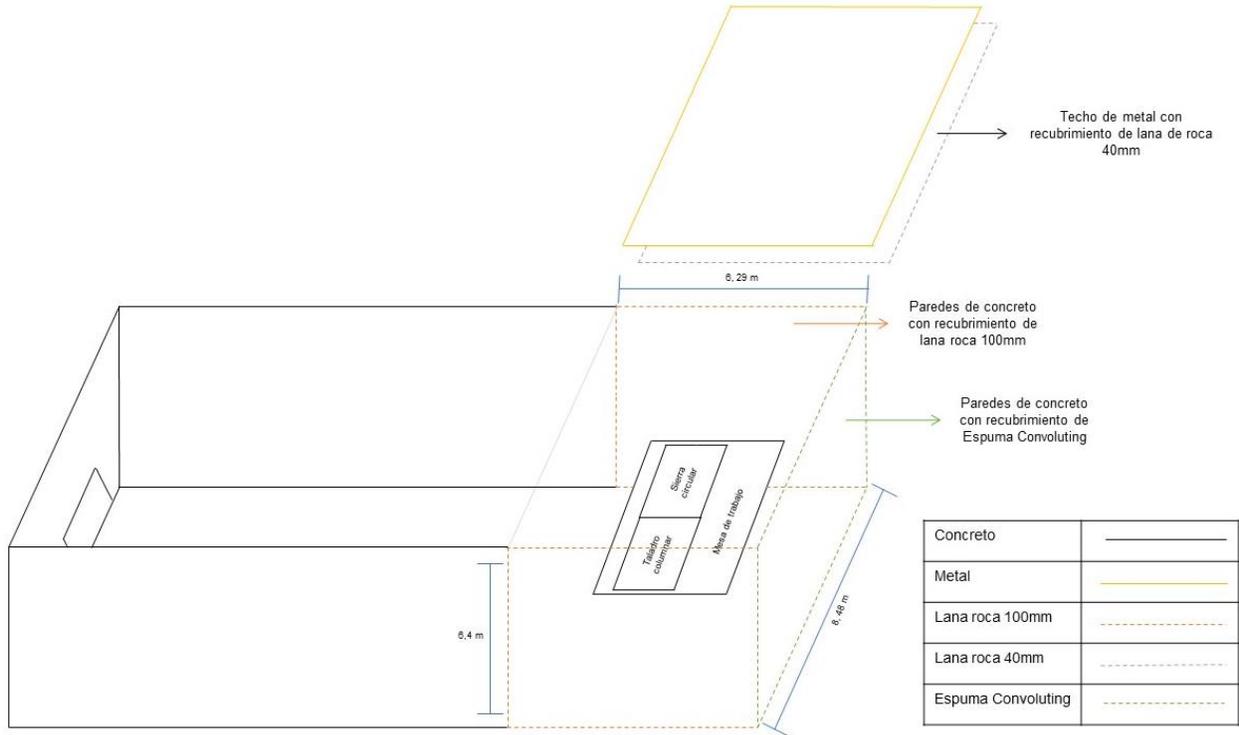
**Tabla 16. Cálculo del coeficiente de absorción de los materiales estructurales y constante del local con el encerramiento de la alternativa 2**

Sumatoria	Frecuencias					
	125	250	500	1000	2000	4000
Coef. Medio Absorción	0.4021	0.47742	0.546129	0.62144	0.62144	0.47442
Constante local R	332.45	451.57	594.751	811.391	811.391	446.171

- Diseño del encerramiento

En la siguiente figura, se indica la representación gráfica del encerramiento propuesto.

**Figura 11. Diseño del encerramiento de la alternativa 2**



En la figura 11 se especifican las dimensiones generales del encerramiento en metros, así como los materiales estructurales y los diferentes recubrimientos propuestos. De igual forma, se indica la ubicación de la mesa de trabajo donde se encuentran la sierra circular para materiales industriales y el taladro columnar al final del taller.

La diferencia con respecto a la alternativa 1 consiste en que una de las paredes se recubre con espuma de poliuretano, el cual es un material aislante de ruido con una superficie texturizada de formas cónicas o crestas que ayudan a disminuir la transmisión de las ondas sonoras hacia los puestos colindantes.

- Costos asociados a la alternativa 2

**Tabla 17. Especificaciones de los costos asociados a la alternativa 2**

Material	Unidades	Proveedor	Costo total
Paneles de lana de roca cubierta acústica	10	Grupo Panel Sandwich C.R	₡ 490 535,10

Placas de lana de roca Rockfon® Ekla® Th 40	35	Rockfon	₡ 1 495 500,3
Pliegos de espuma convoluting	17	Proursa	₡ 782 665,38
Mano de obra	-	Departamento de mantenimiento de Aeris Holding	0
<b>Costo de la alternativa 2:</b>			<b>₡ 2 768 700.78</b>

Fuente: Panel lana de roca fachada acústica. (2023), Rockfon® EKLa® TH 40, (s.f.), Espuma D24. (s. f.).

### 2.5.3 Alternativa 3: Encerramiento con materiales acústicos y diseño de barreras acústicas para el taller de mantenimiento

- Características del diseño

La propuesta consiste en implementar un encerramiento para el área del taller de mantenimiento donde se ubican la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar, con el fin de que el ruido generado por estas máquinas no sea propagado a las áreas de trabajo de los demás colaboradores. Para ello, se considera utilizar paneles de lana de roca para fachada acústica, para recubrir las 3 paredes de concreto que encierran esta área. Por otro lado, se considera utilizar un material de menor densidad para recubrir la parte del techo del taller donde se ubican estas máquinas, siendo la lana de roca Ekla® Th 40 el material elegido

Adicionalmente, se propone el diseño de una barrera acústica que cubra el área del frente donde se ubican la sierra circular para metales industriales y el taladro columnar, esto para intervenir el paso de las ondas sonoras hacia el resto de los puestos del taller. Las dimensiones de la barrera son 6.48 m de ancho y se proponen tres alturas efectivas (H), 1 m, 1,25 m y 1,50 m respectivamente.

**Tabla 18. Reducción del ruido de las propuestas de barrera acústica con diferentes alturas**

Propuesta 1	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Altura efectiva H (m)	1	1	1	1	1	1
Reducción de ruido (dB(A))	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5
Propuesta 2	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Altura efectiva H (m)	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Reducción de ruido (dB(A))	9	9,5	9,4	9,6	9,7	9,7
Propuesta 3	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Altura efectiva H (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Reducción de ruido (dB(A))	9	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5

De acuerdo con la tabla anterior, la tercera propuesta de barrera acústica presenta la mayor reducción del ruido (dB(A)), permitiendo cumplir la meta de la propuesta y mantener los NPS de ruido a nivel ambiental bajo los 80 decibeles (A).

- Especificaciones de los materiales

La propuesta consiste en implementar un recubrimiento utilizando paneles de lana de roca para fachada acústica, para recubrir las 3 paredes de concreto que encierran el área de interés, dichas características del material se indican en la tabla 11. Adicionalmente, se considera utilizar lana de roca Ekla® Th 40, para recubrir la parte del techo del taller donde se ubican estas máquinas. Las especificaciones del material se indican en la tabla 12.

Además, se propone colocar un recubrimiento de espuma convoluted en la barrera acústica propuesta. Las especificaciones del material se indican en la tabla 14. Adicionalmente, los materiales de estructura para la barrera son: reglas de madera para el soporte, lámina de roca para la pared, tornillos para asegurar los pliegos del recubrimiento y herramientas de fijación. Se proponen tres opciones de barrera acústica, cada una con diferente altura, pero con los mismos materiales de recubrimiento y estructura.

- Cálculos de las variables acústicas

De acuerdo con los cambios establecidos en la alternativa 3, el cálculo de los coeficientes de absorción de los materiales estructurales y constante del encerramiento propuesto en la alternativa 3 se muestra a continuación. El análisis del coeficiente de absorción antes del control se muestra en la tabla 4 y se procede a calcular el coeficiente del local como se muestra en la tabla 19. Se logra observar un aumento de 0,2374 en el coeficiente medio de absorción y de 359,2482 en la constante del local del taller de mantenimiento en la frecuencia de 500 Hz, además, observar un aumento de 0,3167 en el coeficiente medio de absorción y de 577,633 en la constante del local del taller de mantenimiento en la frecuencia de 1000 Hz.

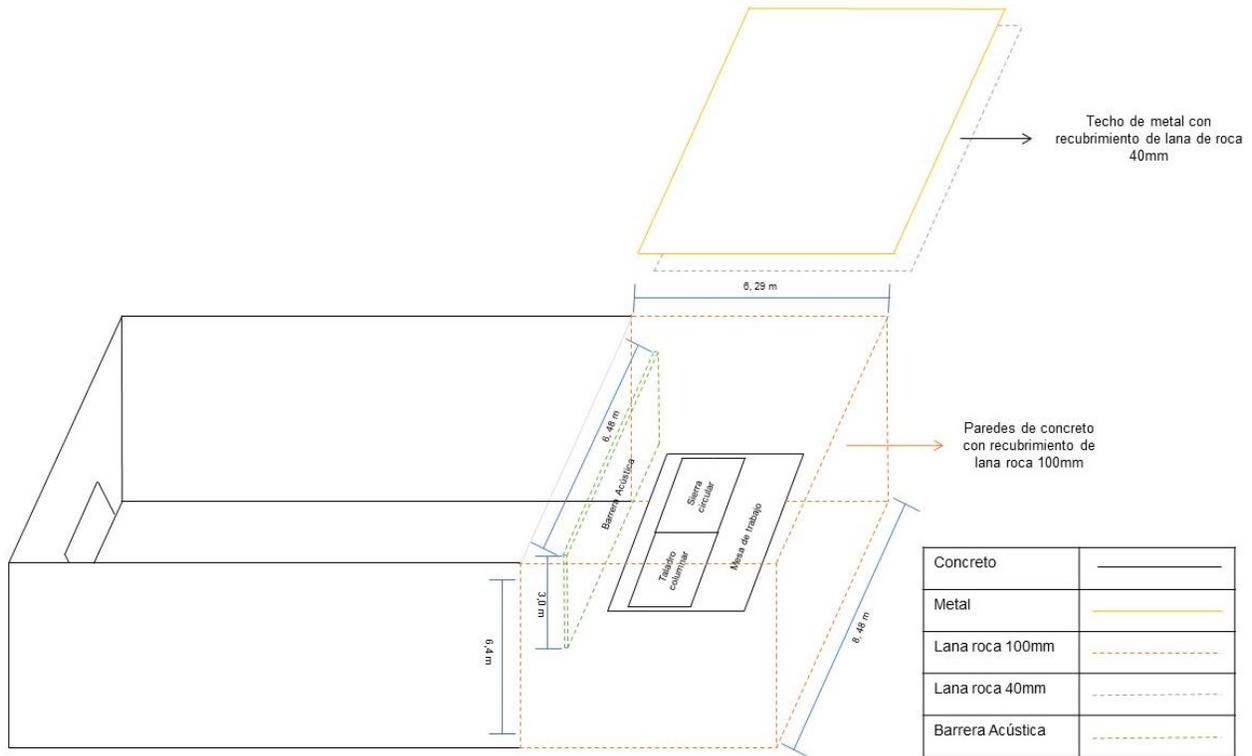
**Tabla 19. Cálculo del coeficiente de absorción de los materiales estructurales y constante del local con el encerramiento de la alternativa 3**

Sumatoria	Frecuencias					
	125	250	500	1000	2000	4000
Coef. Medio Absorción	0.3799	0.46111	0.534983	0.61424	0.61424	0.46913
Constante local R	302.78	422.934	568.6491	787.034	787.034	436.794

- Diseño del encerramiento

En la siguiente figura, se indica la representación gráfica del encerramiento y la barrera acústica propuesta.

**Figura 12. Diseño del encerramiento de la alternativa 3**



En la figura 12 se especifican las dimensiones generales del encerramiento en metros, así como los materiales estructurales y los recubrimientos propuestos. De igual forma, se indica la ubicación de la mesa de trabajo donde se encuentran la sierra circular para materiales industriales y el taladro columnar al final del taller. Adicionalmente, en la figura 13, se observa la vista superior del taller de mantenimiento para detallar los espacios de la barrera acústica con respecto a los pasillos y mesa de trabajo.

**Figura 13. Vista superior del diseño de la barrera acústica de la alternativa 3**



La mejora de esta alternativa consiste en la implementación de una barrera acústica en frente a las máquinas que generan mayor NPS en el taller, para evitar el paso de las ondas sonoras hacia el resto de los puestos. El material que recubre esta barrera es espuma de poliuretano, el cual es un material aislante de ruido con una superficie texturizada de formas cónicas o crestas que ayudan a disminuir la transmisión de las ondas sonoras y controla la reverberación.

- Costos asociados a la alternativa 3

**Tabla 20. Especificaciones de los costos asociados a la alternativa 3**

Material	Unidades	Proveedor	Costo en colones
Paneles de lana de roca cubierta acústica	18	Grupo Panel Sandwich C.R.	₡ 891 631,8
Placas de lana de roca Rockfon® Ekla® Th 40	35	Rockfon	₡ 1 495 500,3
Materiales estructurales para la barrera acústica	-Reglas de pino 3.2 m largo: 6 -Lana de roca: 6	EPA	₡ 100 203,6

	-Tornillos para la fijación: 65		
Pliegos de espuma convoluting	10	Proursa	₴ 460 039.14
Mano de obra	-	Departamento de mantenimiento de Aeris Holding	0
<b>Costo de la alternativa 3:</b>			<b>₴ 2 947 374.84</b>

Fuente: Panel lana de roca fachada acústica. (2023), Rockfon® EKLa® TH 40, (s.f.), Espuma D24. (s. f.), Ferretería EPA. (s. f.).

## 2.6. Comparación de las alternativas de control ingenieril

Con el objetivo de conocer la propuesta de diseño más indicada, se implementó una tabla multicriterio, donde se consideran los aspectos de la seguridad y salud, social y cultura, aspectos legales, económicos y ambiente. Para la calificación por criterio, se utiliza una escala de puntuación del uno al tres, siendo el uno el puntaje más bajo y el tres el puntaje más alto. Finalmente, la propuesta con la calificación más alta será la más factible para ser implementada por la empresa. La descripción de los criterios de evaluación se explica a continuación.

**Tabla 21. Criterios para la selección de la alternativa de control ingenieriles**

Calificación	Seguridad y salud	Social y cultura	Aspectos legales	Aspectos económicos	Ambiente
1	No se utilizan materiales acústicos, y estos contienen características de combustión	Los colaboradores requieren de muchos conocimientos nuevos debido a la instalación de la alternativa	No cumple con las recomendaciones mínimas del Decreto N° 10541-TSS, Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones	Su costo supera los tres millones de colones	La instalación de la alternativa genera más de un residuo que puede impactar negativamente en el medio ambiente
2	Si se utilizan materiales acústicos, pero estos contienen características de combustión	Los colaboradores requieren de pocos conocimientos nuevos debido a la instalación de la alternativa	Cumple con las recomendaciones mínimas del Decreto N° 10541-TSS, Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones	Su costo supera los dos millones de colones	La instalación de la alternativa genera al menos un residuo que puede impactar negativamente en el medio ambiente
3	Si se utilizan materiales acústicos y estos no contienen características de combustión	Los colaboradores no requieren de conocimientos nuevos debido a la instalación de la alternativa	Cumple con las recomendaciones mínimas del Decreto N° 10541-TSS, Reglamento de Control de Ruidos y	Su costo no supera los dos millones de colones	Los residuos generados por la instalación de la alternativa no generan impactos negativos en el medio ambiente

			Vibraciones y brinda opciones adicionales de control del ruido		
--	--	--	--	--	--

La comparación de los criterios de las tres alternativas se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 22. Comparación para las alternativas de control ingenieriles con los aspectos de interés**

Alternativa	Criterios de evaluación					Pts totales
	Seguridad y salud	Social y cultura	Aspectos legales	Aspectos económicos	Ambiente	
1	3	3	2	2	3	13
2	3	3	2	2	3	13
3	3	3	3	2	3	14

Por lo tanto, la alternativa que mejor se adapta a la situación actual y a las necesidades de la empresa es la alternativa 3, encerramiento con materiales acústicos y diseño de barreras acústicas para el taller de mantenimiento, con un total de 14 puntos obtenidos.

### 2.7 Validación del control ingenieril seleccionado

Para la validación de la alternativa de control ingenieril seleccionada se utilizó la matriz de riesgos recomendada para la evaluación de riesgos de la INTE 31-06-07:2011: “Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional”, considerando los riesgos asociados y los controles propuestos en la alternativa 3. El resultado de esta evaluación considera el riesgo como aceptable con oportunidad de mejor en caso de ser posible, es por esta razón, también se consideran controles administrativos más adelante. A continuación, se muestra la tabla de la evaluación de riesgos.

**Tabla 23. Evaluación de riesgos para la validación del control ingenieril seleccionado**

PROCESO	Control propuesto	Evaluación del riesgo					Valor del riesgo	Criterios para establecer controles	Medidas Intervención							
		Nivel de Deficiencia (D)	Nivel de Exposición (E)	Nivel de Probabilidad (NDXNE)	Nivel de Consecuencia	Nivel de Riesgo (NR) e intervención			Interpretación del NR	Acceptabilidad del Riesgo	Nro. Expuestos	Peor consecuencia	Existencia Requisitos Legales Especifico Asociado (Si o No)	Eliminación	Sustitución	Controles de ingeniería
Corte de piezas para la reparación de estructuras	Encerramiento con materiales acústicos y diseño de barrera acústica	2	3	M-4	10 (Leve)	120-40	III	Aceptable. Mejorar si es posible.	15	Perdida auditiva	Si				Plan de capacitaciones y vigilancia de la salud	Tapones auditivos Comets Cord, Moldex
Elaboración de agujeros y cortes a materiales para su reparación	Encerramiento con materiales acústicos y diseño de barrera acústica	2	3	M-4	10 (Leve)	120-40	III	Aceptable. Mejorar si es posible.	15	Perdida auditiva	Si				Plan de capacitaciones y vigilancia de la salud	Tapones auditivos Comets Cord, Moldex

**Medidas de control administrativo para la exposición ocupacional a ruido**

**iii) Equipo de protección auditiva**

**3.1. Propósito**

Determinar los requerimientos técnicos para la selección, mantenimiento, cambio y utilización del equipo de protección auditiva, de modo que se tenga una atenuación del ruido acorde a la legislación nacional vigente, que corresponde al Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto N° 10541-TSS.

**3.2. Alcance**

Dirigido a los empleados del departamento de carga y mantenimiento de la empresa Aeris Holding Costa Rica, así como a todas aquellas personas que deban ingresar a estos lugares de trabajo y se incluye el departamento de EHS.

**3.3. Meta**

Permitir en un plazo de un año, la atenuación del ruido con el EPA hasta un valor menor o igual a 80 dB (A). Además, que un 100% de los empleados del departamento de carga y mantenimiento utilicen el EPA.

### 3.4. Responsables

- El encargado de EHS inspeccionará los puestos de trabajo y seleccionará un adecuado equipo de protección auditiva, según los riesgos de los puestos de trabajo y de acuerdo con la legislación vigente.
- El departamento de EHS coordinará con el Departamento respectivo, la aprobación del presupuesto para adquirir el EPA. Además, almacenará este equipo y será el responsable de proveer los mismos al personal correspondiente.
- Los supervisores encargados del área de mantenimiento y carga, junto con el departamento de EHS, serán los responsables de vigilar que las personas colaboradoras empleen adecuadamente el EPA.
- El 100% del personal del área de mantenimiento y carga deberá realizar un adecuado uso, mantenimiento y reemplazo del EPA ofrecido por la empresa.

### 3.5. Especificaciones

#### 3.5.1. Selección del equipo de protección auditiva

- El equipo de protección auditiva utilizado deberá contar con la certificación de organismos internacionales como la OSHA y la ANSI. El departamento de EHS deberá solicitar, revisar y aprobar la ficha técnica del equipo. Además, deberá reducir la exposición a ruido del colaborador por debajo de los 80 dB(A).
- Para la selección adecuada del equipo de protección auditiva que sea idóneo para cada una de las áreas en estudio, se deberá aplicar el método de evaluación de la eficiencia del equipo de protección auditiva propuesto por OSHA.

#### 3.5.1.2. Criterios técnicos para la selección del equipo de protección auditiva

- Considerar los NPS por frecuencias asociados a las evaluaciones de la exposición a ruido.

- El EPA deberá permitir una atenuación de los NPS suficientes para conseguir que los trabajadores no se expongan a más de 80 dB (A), para cumplir con lo que establece la legislación a nivel nacional, así como las metas de la empresa.

#### 3.5.1.3. Comodidad y rendimiento del equipo

- El encargado de EHS deberá realizar inspecciones mensuales para conocer el nivel de comodidad y rendimiento del EPA. Para ello, se usará el documento del apéndice 24.
- Si al menos un 15 % de la población que utiliza un tipo específico de EPA presenta molestias y/o dolencias por su uso, se valorará el cambio del equipo por otro que se acople, en la medida de lo posible, a los requerimientos asociados a los NPS, así como las necesidades del trabajador y el puesto.

#### 3.5.1.4. Procedimiento para el uso, mantenimiento y suministro

- El uso deberá ser obligatorio en el taller de mantenimiento y en carga será obligatorio cuando exista movimiento de vehículos como montacargas y camiones.
- El trabajador no deberá retirarse el protector auditivo durante la exposición, con la finalidad de obtener los beneficios de su uso.
- El procedimiento para la colocación adecuada del protector auditivo se muestra a continuación:

Figura 14. Instrucciones de uso tapones auditivos

**Honeywell**

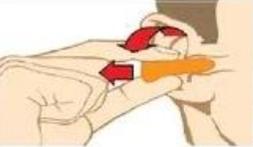
## INSTRUCCIONES DE AJUSTE DE LOS TAPONES AUDITIVOS

### Claves para una Exitosa Protección con Tapones Auditivos

**Uso**  
Lea y siga todas las instrucciones de ajuste de los tapones auditivos.

**Selección**  
Evite la sobreprotección en ambientes de mínimo ruido – seleccionando el mejor tapón auditivo para su situación, considere niveles de ruido y su necesidad de comunicarse con otros trabajadores o las señales de alerta auditiva en el trabajo.

**Mantenimiento**  
Antes de usar los tapones auditivos, inspecciónelos para detectar indicios de suciedad, daño o rigidez; deseche los de inmediato si su estado no es normal.  
Para mantener una higiene adecuada, deseche los tapones para oídos de un solo uso o desechables después de utilizarlos.  
Si se brinda un mantenimiento adecuado, los tapones para oídos de uso múltiple pueden tener una vida útil de 2 a 4 semanas; lívelos con agua y un jabón suave, y colóquelos en una caja cuando no los utilice.  
Limpie y reemplace periódicamente los pequeños auriculares en los tapones auditivos con banda.

ESPUMA NO ENROLLABLE	ESPUMA ENROLLABLE	USO MÚLTIPLE	CON BANDA
			
 <p><b>1</b></p> <p>Lleve una mano libre hasta la cabeza, estire suavemente la oreja hacia arriba y hacia atrás e inserte de forma adecuada el tapón para oídos dentro del conducto auditivo.</p>	 <p><b>1</b></p> <p>Con las manos limpias, enrolle el tapón para oídos en forma de cilindro de modo que quede lo más estrecho posible y sin pliegues.</p>	 <p><b>1</b></p> <p>Mientras sostiene el vástago, coloque una mano sobre la cabeza y suavemente estire la parte superior de la oreja hacia arriba y hacia atrás.</p>	 <p><b>1</b></p> <p>Coloque la banda debajo del mentón como se muestra más arriba. Presione los pequeños auriculares con las manos e introdúzcalos para que se ajusten perfectamente en el conducto auditivo al deslizarlos hacia adentro.</p>
 <p><b>2</b></p> <p>El tapón auditivo debe ser insertado como se muestra en la imagen. Deje de empujarlo cuando su dedo toque el oído.</p>	 <p><b>2</b></p> <p>Lleve una mano libre hasta la cabeza, estire suavemente la oreja hacia arriba y hacia atrás e inserte de forma adecuada el tapón para oídos dentro del conducto auditivo.</p>	 <p><b>2</b></p> <p>Coloque el tapón para oídos de modo que todos los rebordes queden correctamente ubicados dentro del conducto auditivo.</p>	 <p><b>2</b></p> <p>Los niveles de protección se pueden mejorar al estirar la oreja hacia arriba y hacia atrás mientras se coloca el auricular, como se muestra.</p>
 <p><b>3</b></p> <p>Si está colocado correctamente, el extremo de los tapones auditivos no debe estar a la vista de alguien que lo observe de frente.</p>	 <p><b>3</b></p> <p>Sosténgalo durante 30 a 40 segundos hasta que se expanda por completo en el conducto auditivo. Si está colocado correctamente, el extremo de los tapones para oídos no debe estar a la vista de alguien que lo observe de frente.</p>	 <p><b>3</b></p> <p>Cuando el tapón para oídos se coloca correctamente, la punta del vástago puede estar a la vista de alguien que lo observe de frente.</p>	 <p><b>3</b></p> <p>En entornos ruidosos, presione suavemente la cinta hacia adentro con la punta de los dedos, como se muestra. No debe percibir una diferencia considerable en el nivel de ruido.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Qué Hacer y Que No Hacer con los Tapones Auditivos</b></p> <p><b>HOWARD LEIGHT</b> by Honeywell</p> <p>Para mayor información: Contáctese con su Distribuidor Honeywell más cercano. llame a nuestro Customer Service: LATINOAMÉRICA: + 52 44 9309-1021 México: 00 1 800 450-1429 Argentina: + 54 11 4300-3602 Contáctenos a través de: hsp.salamo@honeywell.com</p> </div>	 <p><b>Ajuste Correcto</b> Si uno o ambos tapones auditivos parecen no estar colocados adecuadamente, retírelos y vuelva a colocarlos.</p>	 <p><b>Extracción</b> Gire suavemente el tapón auditivo y tire lentamente de éste hacia fuera para poder extraerlo.</p>	 <p><b>Verificación Acústica</b> En un ambiente ruidoso, con los tapones auditivos colocados, cubrase los oídos con las manos y luego retírelas. Los tapones para oídos deben bloquear el ruido de manera tal que al cubrirse los oídos con las manos no perciba una diferencia considerable en el ruido.</p>

Fuente: howard leight by Honeywell

- El departamento de EHS deberá coordinar una capacitación donde se exponga el correcto mantenimiento y cambio del EPA a los colaboradores.
- El trabajador deberá lavar y limpiar adecuadamente sus protectores auditivos de manera periódica.
- En caso de que algún colaborador presente malestar ocasionado por el uso del EPA, deberá informarlo al departamento de EHS para su atención.
- El departamento de EHS deberá almacenar en bodega el EPA y suministrarlo al colaborador cuando sea necesario, manteniendo un control de las entregas dadas (ver apéndice 25).
- El equipo de protección auditiva deberá ser cambiado cada seis meses o en el caso de que el colaborador indique alguna alteración en el mismo.

#### 3.5.1.5. Cálculo de los niveles de presión sonora requeridos

Para la selección técnica de un EPA efectivo y apropiado, se utiliza el método OSHA. Este requiere los NPS por frecuencias, así como el nivel de atenuación del ruido que brinda el EPA en dichas frecuencias. En el siguiente procedimiento se muestran los pasos para calcular el NPS requeridos.

- Para calcular la reducción del ruido que tiene el equipo, se ingresan algunos valores teóricos y reales en el siguiente cuadro. Entre los datos teóricos, se tiene la reducción del EPA y su desviación estándar. Como valores prácticos, se cuenta con los NPS obtenidos de las evaluaciones a diferentes frecuencias.

**Tabla 24. Niveles de presión sonora lineales con el equipo de protección auditiva**

<b>Frecuencia (HZ)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
NPS (dB(A))							
Reducción EPA (dB(A))							
Desviación estándar							
2*Desviación estándar							
Lp al oído (dB(A))							
Ponderación de ajuste	-16.00	-9.00	-3.00	0.00	1.00	1.00	-1.00
Lp (A) al oído							

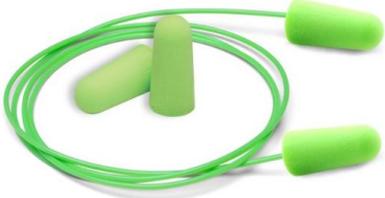
- Para el cálculo del nivel de presión sonora que llega al oído se realiza una suma del NPS y la desviación estándar duplicada. A este resultado se le resta el nivel de reducción de ruido que proporcione el EPA.
- Para el cálculo final, se suma el nivel de presión sonora que llega al oído y la ponderación de ajuste, por cada una de las frecuencias.

### 3.5.2. Propuesta de tapones auditivos

Los protectores auditivos con los que cuenta actualmente la empresa cumplen los niveles de atenuación para las distintas áreas. Sin embargo, el departamento de EHS constató la no utilización de estos en algunas ocasiones. Dentro de las razones expuestas por el personal es la interferencia de este para escuchar los radiotransmisores y la poca concientización sobre el uso de este que tienen.

A partir de lo anterior y debido al dinamismo con el que se desarrollan las funciones en cada una de las áreas, junto con la necesidad de atenuar los altos niveles de ruido, se propone el uso de protectores auditivos de alta fidelidad para la sensibilidad al ruido. Por lo tanto, se proponen y comparan tres tapones auditivos en la siguiente tabla.

**Tabla 25. Especificaciones de las alternativas para tapones auditivos**

<b>Alternativa 1: Pura-Fit® Tapones Auditivos Desechables, con cordón</b>	<b>Ilustración</b>
Características: -Desechables. -Espuma extra suave de baja presión para mayor comodidad y ajuste. -Forma cónica para una fácil inserción y extracción. -Superficie lisa no irritante -Empaquetado higiénicamente en bolsas de papel biodegradables. -Mayor longitud para facilitar el montaje y la extracción. -Busque el color verde brillante como símbolo de la calidad de Moldex.	 <p data-bbox="1019 1690 1328 1726">Fuente: moldex (s.f.b)</p>

<p>-100% libre de PVC, como todos los productos y empaques Moldex.</p> <p>-Probado de forma independiente según ANSI S3.19-1974</p> <p>-Su costo aproximado es de \$667,30 por unidad</p> <p>- NRR 33dB</p>	
<b>Alternativa 2: Tapones auditivos Comets Cord, 6421, marca Moldex</b>	
<p><u>Características:</u></p> <p>-Colores de alta visibilidad, aspecto importante para las inspecciones.</p> <p>-Tiene tres rebordes suaves que se adaptan a diferentes canales auditivos. Este cumple con los requisitos de la norma EN352-2</p> <p>-Se encuentran denotados con CE de acuerdo con los requisitos de la Directiva Europea 89/686/EEC.</p> <p>-Relación señal-ruido (SNR): 25dB</p> <p>-Atenuación a altas frecuencia (H): 26dB</p> <p>- Atenuación a frecuencias medias (M): 22dB</p> <p>- Atenuación a bajas frecuencias (L): 21dB</p> <p>-Contiene una caja para guardarlos</p> <p>-Su costo aproximado es de \$ 1 604,60 por unidad</p>	 <p>Fuente: Moldex (s.f.a)</p>
<b>Alternativa 3: EAR 3M™™ Caboflex™ Modelo 600, Conservación de la Audición 320-2001 100 EA / Case</b>	
<p><u>Características:</u></p> <p>-Puntas de silicona contienen un núcleo de espuma para un sellado efectivo y una buena reducción de ruido</p> <p>-Forma de cono</p> <p>-Reutilizable</p> <p>-Resistente a la humedad</p> <p>-Banda flexible se puede usar debajo de la barbilla para su uso con cascos</p> <p>-Ideal para las necesidades de protección auditiva intermitentes</p> <p>-Material: PVC/Silicona/ABS</p> <p>-Reducción de ruido (NRR) * 20 dB cuando la banda se usa debajo de la barbilla y 17 dB cuando la banda se coloca detrás de la cabeza. CSA Clase BL</p> <p>-Su costo aproximado es de \$3 272,62 por unidad</p>	 <p>Fuente: 3m (s.f)</p>

### 3.5.2.1 Comparación de las alternativas propuestas de tapones auditivos

Con el objetivo de conocer la propuesta de tapón auditivo más apropiado, se implementó una tabla multicriterio, donde se consideran los aspectos de la seguridad y salud, social y cultura, aspectos legales, económicos y ambiente. Para la calificación por criterio, se utiliza una escala de puntuación del uno al tres, siendo el uno el puntaje más bajo y el tres el puntaje más alto. Finalmente, la propuesta con la calificación más alta será la más factible para ser implementada por la empresa. La descripción de los criterios de evaluación se explica a continuación.

**Tabla 26. Criterios para la selección de un tapón auditivo apropiado**

Calificación	Seguridad y salud	Social y cultura	Aspectos legales	Aspectos económicos	Ambiente
1	No reduce los NPS bajo 80 dB (A)	Los colaboradores requieren de muchos conocimientos nuevos para el uso del EPA	No cumple con los requisitos de ningún estándar internacional	Su costo por unidad supera los ₡2 000	El equipo es desechable
2	Reduce los NPS bajo 80 dB (A) en algunas frecuencias	Los colaboradores requieren de pocos conocimientos nuevos para el uso del EPA	Cumple con los requisitos de al menos un estándar internacional	Su costo por unidad no supera los ₡2 000	El equipo es reutilizable
3	Reduce los NPS bajo 80 dB (A) todas las frecuencias y utiliza colores con alta visibilidad en gran parte del EPA	Los colaboradores no requieren de conocimientos nuevos para el uso del EPA	Cumple con los requisitos de dos o más estándares internacionales	Su costo por unidad no supera los ₡500	El equipo es reutilizable y facilita un contenedor para ser guardado

La comparación de los criterios de las tres alternativas se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 27. Comparación para las alternativas de tapón auditivo con los aspectos de interés**

Alternativa	Criterios de evaluación					Pts totales
	Seguridad y salud	Social y cultura	Aspectos legales	Aspectos económicos	Ambiente	
<b>1</b>	3	3	2	2	1	<b>11</b>
<b>2</b>	2	3	3	2	3	<b>13</b>
<b>3</b>	2	3	2	1	2	<b>10</b>

Por lo tanto, la alternativa de tapón auditivo 2, es la que mejor se adapta a las necesidades de los colaboradores y las condiciones actuales.

Adicionalmente, cuando en la audiometría de los colaboradores se presentan problemas auditivos, se recomienda el uso de orejeras clásicas marca PIP 263-NP220 son de color negro, de estilo vincha, tipo de protección pasiva, material liviano, cómodas y económicas. Además, sus aplicaciones son aeropuertos, construcción, fabricación, petróleo, gas y transporte. Sus datos de rendimiento son:

- Calificación SNR 29 dB (A)
- Atenuación - Alta frecuencia 34 dB (A)
- Atenuación - Frecuencia media 26 dB (A)
- Atenuación - Baja frecuencia 19 dB (A)

### 3.5.2.2 Instrucciones para la administración del equipo de protección auditiva

#### 3.5.2.2.1. Propósito

Proporcionar las instrucciones técnicas requeridas para manejo y disposición del equipo de protección auditiva.

#### 3.5.2.2.2. Alcance

Tiene un alcance hacia los supervisores de mantenimiento y carga, los colaboradores de estas áreas y sus respectivos visitantes.

#### 3.5.2.2.3. Responsables

- Departamento EHS: Se encargará de seleccionar y brindar el EPA a los jefes encargados para su administración. Además, deberán proveerle el EPA a los contratistas y visitantes.
- Supervisores de mantenimiento y carga: Se encargarán de manejar y proveer el EPA a los trabajadores. Además, cuando el encargado de EHS lo autorice, deberán brindarle el EPA a los contratistas y visitantes de las áreas donde es requerido.
- Colaboradores de mantenimiento y carga: Seguir las instrucciones en cuanto al uso, mantenimiento y cuidado del EPA.

#### 3.5.2.2.4. Metas

Lograr en un plazo de un año que, el 100 % de los trabajadores que requieren EPA den un correcto uso, mantenimiento y cuidado de este.

#### 3.5.2.2.5. Instrucciones

- Designación de responsables: Asignar un líder representante de cada área (mantenimiento y carga) encargado de manejar racional y efectivamente el EPA. El encargado del departamento de EHS deberá seleccionar un encargado en cada área de trabajo, con conocimiento específico para impartir capacitaciones rápidas de cinco minutos aproximadamente, sobre el uso, manejo y mantenimiento del EPA a los trabajadores que reciban equipo por primera vez.
- Distribución del equipo de protección auditiva: El día que los tapones auditivos estén a la disposición del departamento de EHS, el líder encargado de cada área deberá facilitar estos tapones a todos los trabajadores de mantenimiento y carga, así mismo, estas personas deberán firmar un registro de entrega del equipo.

- Registro de entrega: El líder encargado de cada área deberá anotar en el formulario de control de entrega del EPA (ver apéndice 25), las especificaciones sobre la entrega del equipo. Solicitar la firma del colaborador, registrar la fecha de entrega, el tipo de EPA y un detalle u observación en caso de ser necesario.
- Capacitaciones rápidas: El encargado del departamento de EHS preparará la información correspondiente a las capacitaciones rápidas, para que esta sea impartida por los líderes seleccionados como encargados de cada área. Estos brindarán las capacitaciones rápidas a los trabajadores a quienes se les facilite el EPA. Al final, deben registrar las capacitaciones brindadas en el formulario de control de entrega del EPA (ver apéndice 25). La información comunicada en las capacitaciones rápidas deberá ser precisa y comprensible, además de tener la aprobación del encargado de EHS.
- Inspecciones diarias: El líder encargado de cada área inspeccionará una vez por semana el correcto uso, la correcta colocación, el mantenimiento y las condiciones del EPA. Adicionalmente, deberá registrar las situaciones en las cuales los trabajadores no acaten las medidas recomendadas en lo referente al manejo del EPA. Estas observaciones se incluirán en una lista de verificación sobre la inspección del uso y condiciones de mantenimiento del EPA (ver apéndice 26). De igual forma, deberá registrar en dicha lista las situaciones en las que se informen deterioros de los tapones, producto de golpes, caídas, tiempo de uso o mal manejo. Finalmente, el líder será el encargado de informar los hallazgos al departamento de EHS.
- Mantenimiento del equipo de protección auditiva: El encargado del departamento de EHS deberá reemplazar el EPA reportado como dañado. Por otro lado, los colaboradores deben de revisar el estado y limpieza del EPA diariamente, considerando el proceso de lavado de manos antes y después de retirarlos y limpiarlos.
- Higiene del equipo de protección auditiva: Para el retiro de los tapones auditivos, se deben tener las manos limpias y después, extraer suavemente el tapón del oído sin que cause irritación o dolencia. En caso de presentar una molestia, el trabajador deberá informar la situación a su respectivo supervisor, el cual,

comunicará la información al encargado de EHS para proceder con la investigación correspondiente del caso.

- Limpieza de los tapones auditivos: Cada trabajador deberá lavar y secar los tapones y sus respectivos componentes, una vez a la semana, al final de la jornada laboral, con el objetivo de remover la suciedad y la cera acumulada. Para ello, se recomienda utilizar agua tibia y jabón neutro o acatar las indicaciones brindadas por el fabricante. Por ningún motivo, se podrá usar solventes ácidos o alcohol. Además, en ninguna circunstancia se permite compartir los tapones reutilizables entre dos o más personas.

#### **iv) Capacitación, educación y motivación del personal**

##### 4.1. Propósito

Educar al personal de mantenimiento y carga en relación con el ruido, sus posibles efectos sobre la salud, las medidas y acciones que protegen su salud auditiva, así como concientizar acerca de la prevención de la aparición de trastornos auditivos.

##### 4.2. Alcance

Ofrecer capacitaciones a todos los colaboradores de carga y mantenimiento de la empresa Aeris Holding Costa Rica, con la finalidad de concientizar y generar nuevos conocimientos.

##### 4.3. Meta

Capacitar en un año el 100% de trabajadores del área de carga y mantenimiento. Así como, conseguir al menos un 80% de dominio del personal en los temas brindados de educación y motivación.

##### 4.4. Responsables

- El encargado de EHS será el encargado de coordinar y ofrecer las capacitaciones, con información actualizada e investigaciones recientes en el tema.

- El departamento de EHS deberá coordinar junto con los supervisores de mantenimiento y carga, el día y la hora para realizar las capacitaciones, separando a las y los colaboradores en subgrupos, a los cuales se les asignará un horario específico para asistir a las capacitaciones y se les informará sobre la asistencia obligatoria.
- Los supervisores de mantenimiento y carga facilitarán al personal el tiempo necesario para presentarse a las capacitaciones y recibir su respectiva educación. Se encargarán de completar los formularios de asistencia (ver apéndice 27) a las capacitaciones. Además, deberán permanecer informados sobre las medidas y acciones para la disminución de la exposición a ruido.
- Los colaboradores podrán solicitar que se le aclaren todas las dudas que surjan durante la capacitación.
- Es obligación del colaborador presentarse a todas las capacitaciones u actividades, en los días y horas asignadas. Para ello, deberán firmar obligatoriamente el formulario de control de asistencia a las capacitaciones sobre la exposición al ruido.

#### 4.5. Especificaciones

Dentro del programa de conservación auditiva se debe incluir la promoción y prevención en estos temas, lo que permitirá al personal de carga y mantenimiento conocer sobre los riesgos existentes debido a la exposición a ruido y sus posibles efectos. El motivo de esto es promover la educación y motivación por la implementación de prácticas y acciones apropiadas en el tema. Se recomienda ofrecer tres capacitaciones por año y los temas deben ser actualizados de acuerdo con el avance en el conocimiento.

Las capacitaciones deberán ser coordinadas e impartidas por el encargado de EHS. Durante la jornada laboral, los supervisores encargados de cada área deberán inspeccionar la aplicación de las medidas y acciones del control del ruido, así como la implementación apropiada del EPA. En la siguiente tabla se proponen los contenidos y las actividades para desarrollar en el plan de capacitaciones.

**Tabla 28. Propuesta de contenidos y actividades para el plan de capacitaciones sobre exposición al ruido**

N.	Contenido	Criterios para seguimiento	Duración
1: Conceptos básicos sobre el sonido, la audición, el ruido y sus efectos sobre la salud.	<p>-Conceptos básicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sonido y audición.</li> <li>• Anatomía y fisiología básica del sistema auditivo.</li> <li>• Definición de ruido.</li> </ul> <p>-Efectos auditivos y extra-auditivos del ruido.</p> <p>-Consecuencias a nivel social, recreativo y ocupacional.</p> <p>-Fuentes de exposición en el lugar.</p> <p>-Efectos sobre la salud.</p>	Lograr que el 95% de los participantes conozca de los conceptos básicos del sonido, audición, ruido y sus efectos sobre la salud.	1 hora y 30 minutos aproximadamente
2: Acciones para proteger la salud auditiva y prevenir la aparición de problemas.	-Buenas prácticas en el manejo de las máquinas (sierra circular, taladro de columna y otras), equipo como montacargas (manejo de tarimas, canastas metálicas y otros).	Mejorar en un 80% la disminución del ruido en el taller de mantenimiento y edificio de carga debido a malas prácticas de las máquinas y equipos.	1 hora aproximadamente
3: Aspectos generales y participación en el programa prevención y conservación auditiva.	<p>-Propósito y alcance del programa prevención y conservación auditiva.</p> <p>-Aspectos básicos de un EPA.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características.</li> <li>• Tipos.</li> <li>• Uso y mantenimiento.</li> <li>• Ventajas de su uso.</li> </ul> <p>-Medidas de prevención y control de ruido.</p>	Lograr que el 95% de los participantes conozca de los contenidos del programa y concientizar la importancia de su participación.	1 hora aproximadamente

	-Concientización sobre el cuidado de la audición.		
--	---	--	--

Las capacitaciones se impartirán anualmente. Cada una cuatrimestral, con el objetivo de brindar tres capacitaciones a todos los colaboradores. Se deben considerar capacitaciones rápidas en caso de contratación de personal nuevo o cuando se presenten cambios en las funciones de los colaboradores, así como modificaciones o cambios en la tecnología, máquinas y equipos. El contenido de las capacitaciones será revisado cada año, para identificar aquellos temas que deben ser modificados o actualizados.

#### 4.6. Control de asistencia a las capacitaciones

Los líderes encargados de cada área serán los responsables de llevar un control de asistencia a las capacitaciones brindadas por el encargado de EHS. Para ello, utilizarán el “formulario para el control de asistencia a las capacitaciones sobre la exposición al ruido” (ver apéndice 27). Cuando el registro de asistencia esté completo, los respectivos líderes enviarán estos documentos al encargado de EHS. El departamento de EHS deberá guardar los registros de asistencia en la carpeta destinada para tal fin por un año.

### **v) Vigilancia en salud auditiva**

#### 5.1. Propósito

Ofrecer un plan de diagnóstico y evaluación para los trabajadores del área de mantenimiento y carga, a partir de los procedimientos a seguir de acuerdo con los resultados obtenidos y que permita la atención del deterioro en la capacidad auditiva ocasionada por la exposición ocupacional a ruido.

#### 5.2. Alcance

La evaluación auditiva incluye a los trabajadores del área de mantenimiento y carga expuestos ocupacionalmente a ruido.

### 5.3. Meta

- Evaluar auditivamente en un plazo de un año, el 100% del personal expuesto a niveles de presión sonora iguales o superiores a 80 dB(A) con una frecuencia anual.

### 5.4. Indicador

Periodicidad de la ejecución de pruebas audiométricas

### 5.5. Responsables

- El área de EHS y el encargado de Recursos Humanos, deberán realizar la contratación del profesional en audiología para realizar las pruebas audiométricas. Además, asegurarse que el equipo audiométrico a utilizar cuente con su calibración anual.
- El área de EHS mantendrá el registro de todos los resultados audiométricos realizados, coordinará e informará a todo el personal sobre el día y hora de la prueba audiométrica
- El área de EHS, junto con el personal contratado, deberán revisar los resultados audiométricos con la finalidad de determinar los casos que requieran atención e informarán a las personas colaboradoras los resultados y las medidas.
- Los supervisores de cada área deberán facilitar al personal el tiempo necesario para que puedan asistir a las evaluaciones audiométricas.
- Los trabajadores deberán cooperar antes, durante y después de la evaluación audiométrica, siguiendo las indicaciones brindadas por el departamento de EHS y del personal contratado para realizar las pruebas.
- Los miembros de la gerencia general se encargarán de asignar presupuesto para atender los casos en los que exista pérdida auditiva.

### 5.6. Especificaciones

Consideraciones:

- Se realizará una audiometría de ingreso o base al personal de nuevo ingreso.
- Se realizará una audiometría de monitoreo anual a la totalidad de colaboradores que se encuentren expuestos a niveles de presión sonora iguales o superiores a los 80 dB(A).

#### Procedimiento:

- Se realizará una otoscopía a cada colaborador, de manera que permita identificar la presencia de algún cuerpo extraño o tapón de cerumen que pueda alterar el resultado de la prueba.
- En caso de identificar un cuerpo extraño o tapón de cerumen, el colaborador deberá removerlo.

#### Instrucciones previas a la prueba audiométrica:

- Se procederá a hacerle una historia clínica a cada colaborador, que incluya historia laboral y exposición actual, antecedentes personales, familiares, sistémicos, estado actual de la audición, valoración y medidas propuestas.
- El trabajador deberá estar ubicado de forma que no pueda observar a la persona evaluadora ni el audiómetro. Asimismo, debe retirarse todo tipo de accesorios de la cabeza como gorra, lentes y/o audífonos.
- Indicar al colaborador o colaboradora con pelo largo que se debe recoger el mismo.
- El evaluador deberá colocar adecuadamente los auriculares al colaborador. Se deberá indicar al colaborador que no debe tocar los auriculares, una vez han sido colocados.
- El funcionamiento del audiómetro deberá verificarse antes del uso diario, examinando a una persona con umbrales auditivos dentro del rango de normalidad conocidos y escuchando la salida del audiómetro para asegurarse de que esté libre de sonidos distorsionados o no deseados.

- La calibración del audiómetro se verificará acústicamente al menos una vez al año en un laboratorio y el certificado de calibración deberá ser verificado por el encargado de EHS.

Indicaciones para realizar la prueba:

- Mostrar el modo de respuesta para cuando el sonido sea escuchado, en este caso será levantar la mano o presionar el botón.
- Mencionar que los tonos que serán escuchados pueden ser muy débiles y de igual forma debe responder a ellos.
- Mencionar el oído con el cual se iniciará la prueba.

Informe de resultados:

- El área de EHS deberá conservar todos los resultados audiométricos realizados a los colaboradores. Además, deberá informar el resultado de cada prueba audiométrica al colaborador correspondiente.

Casos con problemas auditivos:

- En caso de que los resultados arrojen algún tipo de pérdida auditiva, el área de EHS deberá informar al colaborador las medidas a seguir como la reubicación del puesto.
- El encargado de EHS deberán generar un informe de resultados en el que destaquen los trabajadores con problemas auditivos. El informe incluirá un apartado de evaluación de la exposición ocupacional al ruido, análisis de los resultados, conclusiones y las recomendaciones correspondientes.
- Las medidas correctivas designadas para el individuo con pérdida auditiva deberán considerar a los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar.
- Las medidas consideradas por el departamento de Salud Ocupacional deberán ser comunicadas a los miembros de la gerencia general, con la finalidad de lograr su aprobación.

## **vi) Evaluación y seguimiento del programa de conservación auditiva**

### **6.1. Propósito**

Plantear lineamientos que permitan la evaluación de los objetivos y metas establecidas en el programa de conservación auditiva, con el fin de identificar debilidades que limiten su efectividad y buscar la mejora continua del mismo.

### **6.2. Alcance**

Seguimiento para todos los componentes propuestos en el programa de conservación auditiva.

### **6.3. Meta**

- Evaluar en un año un 100% de los componentes y resultados del programa de conservación auditiva.
- Cumplir con al menos un 90% de la evaluación de los componentes del programa en un año.

### **6.4. Responsables**

- El departamento de EHS será el responsable de evaluar los componentes del programa, así como inspeccionar y analizar los resultados obtenidos correspondientes a su aplicación, proponiendo oportunidades de mejora respectivas y comunicándolas a las partes correspondientes.
- El departamento de EHS proveerá los recursos necesarios para la elaboración de registros, revisión y almacenamiento adecuado de información.
- Los supervisores de mantenimiento y carga deberán participar en la evaluación de las actividades desarrolladas en el programa, facilitando la información que solicite el departamento de EHS. De igual forma, deberán acatar los cambios y las medidas de mejora que se propongan.
- Los miembros de la gerencia general serán los responsables de aprobar los cambios y las medidas de mejora del programa. Así como, aprobar recursos

financieros y designar el personal necesario para llevar a cabo las medidas propuestas.

### 6.5. Especificaciones

- Se procederá a comunicar a las personas involucradas sobre las responsabilidades que tendrán, una vez se haya aprobado el programa y se inicie su implementación.
- Se evaluará cada uno de los componentes del programa cada 4 meses desde su implementación, conforme a la lista de verificación establecida en el apéndice 28, para un total de 3 evaluaciones en un año, las cuales permitan evaluar su progreso.

En la siguiente tabla, se muestra la estructura planeada para la evaluación y seguimiento del programa propuesto, así como las acciones, duración y responsables.

**Tabla 29. Plan de evaluación y seguimiento para el programa de conservación auditiva del área de mantenimiento y carga**

Componente	Acción	Duración	Responsable
Metodología para el monitoreo y la evaluación de los niveles de ruido.	Aplicar la lista de verificación para Monitoreo de ruido.	30 minutos.	Departamento de EHS.
Aspectos ingenieriles y administrativos.	Aplicar la lista de verificación para Aspectos ingenieriles y administrativos.	20 minutos.	Departamento de EHS y Mantenimiento.
Equipo de protección auditiva.	Aplicar la lista de verificación para equipo de protección auditiva.	30 minutos.	Departamento de EHS.
Capacitaciones a los colaboradores.	Aplicar lista de verificación para capacitación a los colaboradores.	30 minutos.	Departamento de EHS.
Vigilancia de la salud	Aplicar la lista de verificación para Vigilancia en salud.	45 minutos.	Departamento de EHS.

Después de ser aplicada y finalizada la lista de verificación del apéndice 28, el departamento de EHS deberá calcular este porcentaje con el fin de cuantificar la cantidad de rubros cumplidos y no cumplidos, así como, conocer el porcentaje de cumplimiento del programa propuesto, por medio de las siguientes fórmulas.

$$\% \text{ de cumplimiento: } \frac{\textit{Cantidad de rubros con "sí"}}{\textit{Cantidad de rubros totales evaluados}} * 100$$

$$\% \text{ de incumplimiento: } \frac{\textit{Cantidad de rubros con "No"}}{\textit{Cantidad de rubros totales evaluados}} * 100$$

En relación con el porcentaje de cumplimiento obtenido por el programa, se considera un valor menor a 60% como deficiente, un valor entre 60% y 90% como aceptable y un valor mayor a 90% como muy aceptable por cumplir la meta propuesta.

En caso de que el porcentaje de cumplimiento sea deficiente o aceptable, se deberán analizar los componentes del programa con la finalidad de determinar cuál o cuáles requieren atención inmediata, a fin de proponer acciones de mejora. Una vez realizadas las evaluaciones, el departamento de EHS deberá exponer los resultados a la jefatura correspondiente, en el que se muestren los resultados positivos y negativos, explicando la razón de los resultados y las mejoras a ejecutar.

Por otro lado, el departamento de EHS calculará un porcentaje del presupuesto final asignado por la Gerencia General para aplicar los cambios y las medidas de mejora que requiera el programa. Para el cálculo, se utiliza la fórmula que se muestra a continuación.

$$\% \text{ de presupuesto: } \frac{\textit{Cantidad designada en colones}}{\textit{Cantidad solicitada en colones}} * 100$$

De acuerdo con el porcentaje obtenido, el responsable de EHS deberá verificar que se designe, como mínimo un 90% del presupuesto solicitado por cada componente del programa. En caso de que el presupuesto solicitado sea menor al 90%, el departamento de EHS deberá coordinar un acuerdo con la gerencia general para concientizar la necesidad de obtener los recursos financieros para implementar las

medidas de mejora propuestas. Finalmente, la gerencia general tendrá la responsabilidad de revisar y aprobar los cambios y las medidas de mejora propuestas.

### **vii) Conclusiones**

- Ejecutar las metodologías de evaluación permiten un control y seguimiento de los niveles de presión sonora en las áreas de mantenimiento y carga de la empresa.
- Implementar las medidas de control ingenieriles y administrativas permiten conseguir los mejores resultados en la disminución del ruido en las áreas de interés.
- La alternativa de control ingenieril seleccionada de encerramiento con componentes acústicos y la barrera acústica, ofrece una reducción del ruido hasta niveles seguros de exposición al ruido ocupacional.
- Los tapones de protección auditiva propuestos brindan una reducción del ruido en niveles por debajo del límite de exposición de 80 decibeles (A).
- El plan de capacitaciones, educación y motivación propuesto permite informar y sensibilizar a los trabajadores sobre la aplicación de buenas prácticas de uso, mantenimiento y disposición del equipo de protección auditiva utilizado en la empresa, así como, fortalecer la cultura de seguridad.
- Los planes propuestos en la vigilancia de la salud permiten el seguimiento del estado de salud auditiva de los trabajadores.
- La evaluación y seguimiento del programa permiten conocer la validez de los componentes implementados y permite identificar oportunidades de mejora continua.

### **viii) Recomendaciones**

- Implementar un equipo de protección auditiva personalizado en los trabajadores que presenten un historial de molestias auditivas.
- Realizar el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo en los equipos, herramientas y máquinas utilizados por el personal, puesto que de ello depende la reducción sustancial del ruido que éstas producen.

- Considerar conocimientos más amplios en las capacitaciones como actividades de sensibilización, autocuidado y toma de conciencia frente a los peligros a los cuales se encuentran expuestos y las consecuencias de la omisión a las instrucciones o directrices establecidas.
- Se recomienda que todo trabajador que ingresa y termina de laborar en la empresa, se le realice una prueba audio métrica, con la finalidad de conocer el estado de su salud auditiva.
- Se recomienda que el programa se mantenga en constante actualización y revisión por parte del departamento de EHS, tomando en cuenta las recomendaciones de todas y todos los colaboradores.

## VIII. Bibliografía

- 3M. (2019). ¿Se puede controlar el ruido?  
[https://www.3m.com.mx/3M/es\\_MX/eppla/soluciones-de-seguridad/centro-proteccion-auditiva-3M/programa-deproteccion-auditiva/control-de-ruido](https://www.3m.com.mx/3M/es_MX/eppla/soluciones-de-seguridad/centro-proteccion-auditiva-3M/programa-deproteccion-auditiva/control-de-ruido)
- 3M (s.f). EAR 3M™™ Caboflex™ Modelo 600 Protector Audiencia, Conservación de la Audición 320-2001 100 EA / Case.  
[https://www.3m.co.cr/3M/es\\_CR/p/d/v000057696/](https://www.3m.co.cr/3M/es_CR/p/d/v000057696/)
- Aeris Holding Costa Rica S.A. (2023). Nuestra empresa.  
<https://sjoairport.com/aeris/somos-aeris/>
- Aislamiento panel sandwich lana de roca. (s. f.).  
<https://panelsandwich.cr/blog/aislamiento-panel-sandwich-lana-de-roca#Lana-de-Roca-Ac%C3%BAstica>
- Alcívar Tejena, G. M. (2022). Afectación auditiva en personal expuesto a ruido industrial en una empresa manufacturera. Revista San Gregorio, 1(51), 139-155.  
[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2528-79072022000300139](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-79072022000300139)
- Álvarez, I. A., Martínez, J. M., Pérez, L. D., Figueroa, F. A., de Armas Mestre, J., & Llop, M. L. R. (2017). Contaminación ambiental por ruido. Revista Médica Electrónica, 39(3), 640-649. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedele/me-2017/me173x.pdf>
- American National Standards Institute. (2019). ANSI/ASA S1.1-2019: Acoustical Terminology. New York, NY: Acoustical Society of America.
- American Psychological Association. (2020). Publication Manual of the American Psychological Association (7th ed.). Washington, DC: Author.
- Avilés López, R., y Perera Martín, M. R (2017). Manual de acústica ambiental y arquitectónica. Ediciones Paraninfo, SA.  
<https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=FQgaDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP>

[1&dq=cap%C3%ADtulo+v+la+ac%C3%BAstica&ots=xcN1B8jsB7&sig=ojlmDAUNa6wxel3XyUKZTSIpYXQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=cap%C3%ADtulo%20v%20l%20a%20ac%C3%BAstica&f=false](https://www.repositorio.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6883/control_exposicion_niveles_presion_sonora.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2009). 1.UNE- En ISO 9612: Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.

Bovea Edo, M. D. (2013). Manual de seguridad e higiene industrial para la formación en ingeniería. Manual de seguridad e higiene industrial para la formación en ingeniería, 1-319.

Brosed, M. (2016). Control de la exposición a niveles de presión sonora en el Área de Corte y Estirado de la empresa Creganna Medical, Costa Rica [Trabajo final de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6883/control\\_exposicion\\_niveles\\_presion\\_sonora.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6883/control_exposicion_niveles_presion_sonora.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Capris. (2023). Ficha tecnica METABO MKS 18 LTX 58 SIERRA CIRCULAR MANUAL PARA METAL 18V 165MM (6-1/2") METALOC 600771840. <https://www.capris.cr/cr/metabo-mks-18-ltx-58-sierra-circular-manual-para-metal-18v-165mm-6-1-2-sin-bateria-cargador-metaloc-600771840.html>

Cava, F., Márquez, F., & Cánovas, R. (2019). Evaluation of the effectiveness of a hearing conservation program in a Spanish airport. International Journal of Audiology, 58(sup1), S52-S59.

CDC. (2001). Publicaciones de NIOSH - Pérdida de la audición relacionada con el trabajo (N.º 2001-103). [https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-103\\_sp/default.html](https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-103_sp/default.html)

Chiroque Chavez, I. K., Neyra Cañote, J. S., & Palacios Calva, P. B. P. (2019). Evaluación ergonómica de la exposición al ruido en la Planta Procesadora de Conserva de Pimiento de una empresa agroindustrial en la ciudad de Piura. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1856/IND-CHI-CHA-19.pdf?sequence=1>

- Consejo de Salud Ocupacional. (noviembre, 2017). Estadística de Salud Ocupacional Costa Rica 2017. [https://www.cso.go.cr/documentos\\_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202017.pdf](https://www.cso.go.cr/documentos_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202017.pdf)
- Consultora Multiservicios Profesionales Multipro S.A., MULTIPROSA. (noviembre, 2021). Informe de mediciones de ruido ocupacional en AERIS Holding Costa Rica.
- Covaleda Triana, A. L., Díaz Quintero, S. M., & Velásquez Camelo, L. C. (2016). Seguridad y salud en el trabajo en las deficiencias auditivas por la exposición a ruido en la Aeronáutica Civil. <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/357/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>
- Decibel Soluciones Acústicas (s.f.). Lana mineral de roca volcánica. <https://www.decibel.com.ar/fichas/FICHA-ROCKWOOL.pdf>
- Dirección General de Aviación Civil Unidad de Transporte Aéreo. (2022). ESTADÍSTICAS DE TRANSPORTE AÉREO PERÍODO: 2019 -2021 y PRIMER SEMESTRE 2022. <https://www.dgac.go.cr/wp-content/uploads/2022/12/Resumen-estad--stio.-Per--odo-2019-2022-7-12.pdf>
- Echevarría-Cruz, A., & de la Caridad Arencibia-Álvarez, M. (2020). El ruido como factor causante de la hipoacusia en jóvenes y adolescentes. Universidad Médica Pinareña, 16(2), 1-8. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=93408>
- Elgoyhen A. (2022). The  $\alpha 9\alpha 10$  nicotinic acetylcholine receptor: a compelling drug target for hearing loss? Expert Opin Ther Targets. 26(3):291-302. doi: 10.1080/14728222.2022.2047931.
- Estrategia & Negocios. (2017). Múltiples aerolíneas apuestan por costa rica. Extraído de <http://www.estrategiaynegocios.net/inicio/896771-330/m%C3%BAltiples-aerol%C3%ADneas-apuestan-por-costa-rica>

Espuma D24. (s. f.). SUPER FIRME con corte CONVOLUTING. PROURSA.  
[https://proursa.net/index.php?route=product/product&path=67\\_66&product\\_id=338](https://proursa.net/index.php?route=product/product&path=67_66&product_id=338)

Ferretería EPA. (s. f.). Maderas para su hogar | Compre en línea en ferretería EPA.  
[https://cr.epaenlinea.com/maderas.html?gclid=Cj0KCQjwpompBhDZARIsAFD\\_Fp\\_RXrLkdNj\\_w8BmKJNlg9X2ScWZ9DYLwvxP25pHKCVFye2N\\_ibJBNkaAgBIEALw\\_wcB](https://cr.epaenlinea.com/maderas.html?gclid=Cj0KCQjwpompBhDZARIsAFD_Fp_RXrLkdNj_w8BmKJNlg9X2ScWZ9DYLwvxP25pHKCVFye2N_ibJBNkaAgBIEALw_wcB)

Ganime, J. F., Da Silva, L. A., Robazzi, M. D., Sauzo, S. V., & Faleiro, S. (2010). El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura. *Enfermería global*, 9(2).

Gobierno de la República (1979). Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones. Decreto N° 10541-TSS.  
[https://www.cso.go.cr/legislacion/decretos\\_normativa\\_reglamentaria/Reglamento%20Control%20Ruidos%20Vibraciones.pdf](https://www.cso.go.cr/legislacion/decretos_normativa_reglamentaria/Reglamento%20Control%20Ruidos%20Vibraciones.pdf)

Gómez, P., Pérez, B., & Meneses, A. (2008). Pérdida auditiva relacionadas con la exposición a ruido en trabajadores de la construcción.  
<http://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v54n213/original2.pdf>

Gómez-Cano Alfaro, M (2021). Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 7-33.  
<https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/cuestionario.-ruido-evaluacion-y-acondicionamiento-ergonomico>

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. UCA. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Hernández-Sampieri, R., y Mendóza, C. (2018). Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill. doi:ISBN 978-1-4562-6096-5

Industrias Rogen S.L. (2023). Taladro Columna 350W.  
[https://rogen.org/producto/herramienta\\_taladros-de-columna\\_712](https://rogen.org/producto/herramienta_taladros-de-columna_712)

INTE 31-06-07. (2011). Guía para la identificación de los peligros y la evaluación de los riesgos de salud y seguridad ocupacional. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

INTE 31-09-16-00. (2000). Ruido Ocupacional. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

Instituto Costarricense de Turismo. (2017). Llegadas internacionales por países y puesto migratorio. <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/informes-estad%C3%ADsticos/semestral/2017/1050-i-semester-2017/file.html>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España (INSST). (2021). ¿Qué es el ruido? <https://www.insst.es/-/que-es-elruido>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España (INSST). (2021). ESTADÍSTICAS DE SALUD OCUPACIONAL: COSTA RICA. [https://www.cso.go.cr/documentos\\_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202021.pdf](https://www.cso.go.cr/documentos_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202021.pdf)

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (mayo, 2021). Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico. <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Ruido+Evaluaci%C3%B3n+y+acondicionamiento+ergon%C3%B3mico.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España (INSST). (2021). ESTADÍSTICAS DE SALUD OCUPACIONAL: COSTA RICA. [https://www.cso.go.cr/documentos\\_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202021.pdf](https://www.cso.go.cr/documentos_relevantes/consultas/Estadisticas%20Salud%20Ocupacional%202021.pdf)

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2012). Nota Técnica de Prevención 960. Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización.

<https://www.insst.es/documents/94886/326879/960w.pdf/2a3cbd1e-03b8-4d26-9e97-db0eafd6a3d8>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2006). Para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la Exposición de los trabajadores al ruido.

<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+la+exposici%C3%B3n+al+ruido/96a86542-1ac3-42c1-9df2-8c385c67db60>

Kramer, S. E., Kapteyn, T. S., Festen, J. M., & Tobi, H. (2018). The relationship between a high level of occupational noise exposure and hearing disability. *Occupational and Environmental Medicine*, 75(8), 575-583.

Lusk, S. L., Hong, O. S., Ronis, D. L., Eakin, B. L., Kerr, M. J., & Neitzel, R. L. (2019). Effectiveness of an intervention to increase hearing protector use among farm and forestry workers. *American Journal of Public Health*, 109(3), 446-453.

Lusk, S. L., Ronis, D. L., & Kerr, M. J. (2011). Predictors of hearing protection use among workers: Implications for training programs. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 8(6), 358-367.

Moldex (s.f.a.). Ficha técnica de tapones reutilizables. [https://xn--baonysanchez-bhb.com/images/stories/virtuemart/product/6401\\_4.pdf](https://xn--baonysanchez-bhb.com/images/stories/virtuemart/product/6401_4.pdf)

Moldex (s.f.b.). Pura-Fit® Tapones Auditivos Desechables. <https://www.moldex.com/es/product/pura-fit-tapones-auditivos-desechables-nrr-33db/>

National Institute for Occupational Safety and Health. (2016). NIOSH hearing loss prevention program. Recuperado de <https://www.cdc.gov/niosh/topics/ohlhp/program.html>

National Institute for Occupational Safety and Health. (1998). Criteria for a Recommended Standard: Occupational Noise Exposure. Recuperado de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/>

Otárola F, Otárola F, Finkelstein A. Ruido Laboral y su impacto en salud. Cienc Trab. 2006; 8 (20): 47-51. [https://www.seguroscaracas.com/portal/paginasv4/biblioteca\\_digital/PDF/1/Documentos/Lesiones/Ruido%20laboral%20y%20su%20impacto%20en%20salud.pdf](https://www.seguroscaracas.com/portal/paginasv4/biblioteca_digital/PDF/1/Documentos/Lesiones/Ruido%20laboral%20y%20su%20impacto%20en%20salud.pdf)

Oyola, E. B. (2019). IMPACTO DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO OCUPACIONAL EN EL DESEMPEÑO DE TAREAS PSICOMOTORAS. Vol 1(2): 138-151. [https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia\\_Investigacion/article/download/1284/1933](https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia_Investigacion/article/download/1284/1933)

Panel lana de roca fachada acústica. (2023). Grupo panel sandwich Costa Rica. <https://panelsandwich.cr/panel-sandwich-lana-roca/panel-lana-roca-fachada-acustica>

Orejera-Clasica. 263-NP220. (2023). PIP.

<https://eu.pipglobal.com/eues/products/?scID=2568&ccID=11574&pID=EU62>

Robles, A., & Arias, E. (2015). Metodologías de Evaluación: Exposición Ocupacional a Ruido y Casos de Análisis en Agentes Ambientales Físicos; Modulo Exposición Ocupacional a Ruido. <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/12011/Metodolog%C3%ADa%20WEB.pdf?sequence=1>

Rockfon® EKLa® TH 40 | Techo acústico y térmico. (s. f.). Rockfon. <https://www.rockfon.es/productos/rockfon-ekla-th-40/>

Rodríguez, Á. G. O. (2021). Estudio transversal: pérdida auditiva causada por ruido en el personal de la aviación militar ecuatoriana. Ciencia y Poder Aéreo, 16(1), 139-148. <https://www.redalyc.org/journal/6735/673570962009/673570962009.pdf>

Superintendencia de Riesgos del Trabajo (2016). El Ruido en el Ambiente Laboral.  
[https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/08/Guia\\_practica\\_2\\_Ruido\\_2016.pdf](https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/08/Guia_practica_2_Ruido_2016.pdf)

Villacis, W., & Andrade, C. (2015). Implementación de medidas de prevención y control de ruido para los trabajadores del centro de generación de energía de la empresa Dipor S.A.  
[https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/447/pdf](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/447/pdf)

Werner, A. (2006). Afecciones auditivas de origen ocupacional. 1a ed. Buenos Aires: Dos y unas ediciones argentinas.

World Health Organization. (2022, 2 marzo). La OMS publica una nueva norma para hacer frente a la creciente amenaza de la pérdida de audición. organización mundial de la salud. <https://www.who.int/es/news/item/02-03-2022-who-releases-new-standard-to-tackle-rising-threat-of-hearing-loss>

## IX. Apéndices

### Apéndice 1. Encuesta higiénica sobre Ruido Ocupacional para analista de EHS

Encuesta Higiénica sobre ruido ocupacional y características del lugar		
Empresa:		
Aplicada por		
Fecha:	Hora inicial:	Hora final:
Analista EHS:		
Área de trabajo:		

Jornada Laboral	
Días de trabajo	
Horario de trabajo y descansos	
Observaciones	
Contacto de área:	
Cantidad de trabajadores	

Ruido Ocupacional	
Frecuencia de las audiometrías y audiodosimetrías	
Capacitaciones relacionadas a ruido ocupacional	
Medidas de prevención a la exposición a ruido	

Características del edificio mantenimiento	
Altura del local en general	
Distribución de la bodega	
El área total de la bodega	
Máquinas/equipos que generan ruido	
<b>Materiales del:</b>	
• Piso	
• Techo	
• Paredes	
Aberturas en el techo:	



## Apéndice 2. Entrevista semiestructurada a supervisor de mantenimiento y jefe de carga

Entrevista Semi estructurada		
Empresa:		
Aplicada por:		
Puesto:		
Fecha:	Hora inicial:	Hora final:
Área de trabajo a cargo:		

Fuentes de ruido	
El ruido es producido por la tarea que realiza el propio trabajador?	¿Si o no?
El ruido es producido por fuentes ajenas al trabajador?	¿Si o no?
El ruido procedente del exterior (Calle, tráfico, procesos, etc)	¿Si o no?
Hay ruido molesto procedente de personas (conversaciones entre compañeros, público, puestos vecinos, etc)	¿Si o no?
El puesto de trabajo está próximo a un proceso productivo ruidoso	¿Si o no?
Existen equipos ruidosos para el desarrollo de la tarea (soldadura, corte, etc).	¿Si o no?
El nivel de ruido es constante y continuo en el tiempo	¿Si o no?
El nivel de ruido sufre grandes variaciones a lo largo de la jornada	¿Si o no?
Existe habitualmente ruido de impactos (golpes)	¿Si o no?
Hay ruido aleatorio e inesperado en algún momento de la jornada que puede sobresaltar al trabajador	¿Si o no?
Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente	¿Si o no?
Observaciones	

<b>Máquinas, equipos y herramientas</b>	
Cantidad de máquinas, equipos y herramientas	
¿Se realiza mantenimiento? ¿Quién lo realiza?	
¿Qué tipo de mantenimiento se realiza?	
¿Existe un programa de mantenimiento y limpieza periódica?	
¿Cada cuánto se realiza el mantenimiento? (frecuencia)	

<b>Características de los trabajadores</b>	
Cantidad de trabajadores que utilizan equipo de protección auditiva	
Tipo de equipo de protección auditiva (características)	
Puntos de sensación por discomfort acústico	
Fuentes de ruido	
Distancias entre fuentes de ruido y puestos de trabajo	
Comentario y/o observaciones	

<b>Lista de control para garantizar la detección de los eventos de ruido significativo durante el análisis del trabajo</b>	
¿Se presentan algunas de estas situaciones?	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de chorros de aire comprimido</li> <li>• Emisiones de aire comprimido</li> <li>• Martilleo</li> <li>• Choques intensos</li> <li>• Uso ocasional de máquinas y de herramientas muy ruidosas</li> <li>• Paso de vehículos ruidosos</li> </ul>	¿Si o no?
¿Cuál momento de la jornada presenta los eventos más ruidosos? <input type="checkbox"/> Al principio del turno <input type="checkbox"/> A la mitad del turno <input type="checkbox"/> Al final del turno <input type="checkbox"/> Otros	
¿Se producen actividades muy ruidosas en los puestos de trabajo vecinos?	¿Si o no?
Tipo de ruido:	¿Si o no?
Puestos de trabajo expuestos a este ruido	¿Si o no?

### Apéndice 3. Cuestionario sobre confort acústico basada en la herramienta creada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

**Cuestionario sobre Confort Acústico - Aeris Holding Costa Rica**

El siguiente cuestionario pretende conocer la opinión de los trabajadores del área de mantenimiento y carga de la empresa Aeris Holding Costa Rica S.A. sobre las características y afectación del ruido en sus tareas diarias, además, identificar los efectos, molestias e interferencias sobre las personas expuestas.

varjira.24@gmail.com [Cambiar cuenta](#) 

 No compartido

*\* Indica que la pregunta es obligatoria*

Área de trabajo \*

Mantenimiento

Carga

Tiempo que lleva laborando en su puesto actual \*

Menos de un 12 meses

Entre 1 y 3 años

Entre 3 y 6 años

Más de 6 años

Molestias

Marque la opción que corresponda

Le molesta el ruido en su puesto de trabajo \*

Nada

Poco

Regular

Bastante

Mucho

Perturbación de la concentración  
Marque la opción que corresponda

El ruido existente dificulta la concentración o distrae el desarrollo de sus tareas \*

- Nada
- Poco
- Regular
- Bastante
- Mucho

Interferencia en la comunicación verbal  
Marque la opción que corresponda

Es necesario elevar el tono de voz para hacerse entender en el desarrollo de su trabajo \*

- Nada
- Poco
- Regular
- Bastante
- Mucho

Es necesario forzar la atención por parte del receptor a la distancia habitual de trabajo para que resulte inteligible una conversación mantenida con un tono de voz cómodo para el emisor. \*

- Nada
- Poco
- Regular
- Bastante
- Mucho

Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas relevantes o entender mensajes por megafonía \*

- Nada
- Poco
- Regular
- Bastante
- Mucho

Existe reverberación en el edificio de mantenimiento, que dificulta la comunicación. \*

Sabiendo que "reverberación" es el fenómeno acústico de reflexión que se produce en un recinto cuando un frente de onda o campo directo incide contra las paredes, suelo y techo del mismo

- Nada
- Poco
- Regular
- Bastante
- Mucho

Características de las tareas realizadas  
Marque la opción que corresponda

El trabajo desarrollado implica altos niveles de atención

- Si
- No

El trabajo desarrollado requiere efectuar tareas mentales o manuales de alta complejidad

- Si
- No

El desarrollo de la tarea exige una elevada discriminación auditiva, por ejemplo:

- reconocimiento de conversaciones
- reconocimiento de señales de aviso o de alarma
- reconocimiento de diferencias y variaciones de sonido, en tono o intensidad
- reconocimiento de la posición de los sonidos o tonos como, la localización de sonidos críticos en máquinas funcionando, averías, etc

**Características del ruido**

Marque la opción que corresponda

El nivel de ruido es constante y continuo en el tiempo

El nivel de ruido sufre grandes variaciones a lo largo de la jornada

Existe habitualmente ruido de impactos (golpes)

Hay ruido aleatorio e inesperado en algún momento de la jornada que sobre salte a la persona trabajadora

Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente

Existe algún tono o frecuencia del ruido predominante

**Fuentes de ruido**

Marque la opción que corresponda

El ruido es producido por la tarea que realiza

El ruido es producido por fuentes ajenas

**Enviar** Borrar formulario

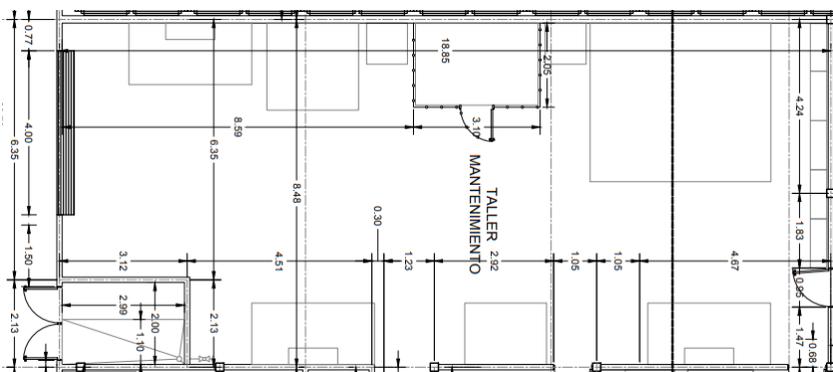
#### Apéndice 4. Matriz materiales estructurales y sus características acústicas

Superficie	Material	Área (m2)	Coeficiente de absorción						Área Coeficiente de absorción					
			125	250	500	1000	2000	4000	125	250	500	1000	2000	4000
Piso														
Techo														
Pared 1														
Pared 2														
Pared 3														
Pared 4														
	Área total	0												
								Sumatoria						
								R						

**Apéndice 5. Bitácora de muestreo con audiodosímetros para niveles de presión sonora a la que están expuestos los trabajadores con medición de la función**

Registro de dosimetría		
Área de trabajo:		
Aplicada por		
Fecha:	Hora inicial:	Hora final:
<b>Nombre del trabajador</b>	<b>Dosis</b>	<b>Nivel sonoro equivalente</b>

**Apéndice 6. Croquis del edificio de mantenimiento**





**Apéndice 8. Lista verificación basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541**

Lista verificación basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones Decreto N° 10541-TSS			
Artículo	Cumple	No cumple	No aplica
No se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades superiores a 90 dB (A) para ruidos intermitentes o de impacto, ni mayor de 85 dB (A) respecto a ruidos continuos, si los trabajadores no están provistos del equipo de personal adecuado que atenúe su intensidad hasta los 85 db (A).			
Los locales de trabajo dentro de la planta general en donde se produzcan ruidos superiores al límite establecido en el artículo 2°, deberán ser señalados a fin de Trabajadores ajenos a esos locales permanezcan dentro de ellos.			
Cuando sea necesario el uso de vehículos dentro de fábricas, estos se proveerán de dispositivos que eliminen los ruidos superiores a 85 dB (A).			
No se permitirá apoyar los equipos de transmisión de fuerza en las paredes a fin de que no se produzcan ruidos o vibraciones que lleguen a otras secciones del lugar de trabajo.			
En caso de que el transporte del producto fabricado o de la materia prima empleada dentro de los locales de trabajo origine ruidos cuya intensidad supere los 85 dB (A) deberán tomarse las medidas necesarias a efecto de atenuar los, hasta quedar dentro del límite antes señalado pudiéndose emplear dispositivos tales como bandas mecánicas sin fin de recorrido lento, sistemas de grúas u otros de acuerdo con la clase de material transportado y manipulación de este con la debida cautela para el mismo objeto.			
En la eventualidad de que, pese a haberse cumplido con las prescripciones que señala este Reglamento, no se consiga disminuir la intensidad del ruido a menos de 85 dB (A) deberá dotarse a los trabajadores de los dispositivos de uso personal que disminuyan su exposición a menos de 85 dB (A) en el ambiente de trabajo.			
Únicamente se permitirá la instalación de fábricas, talleres o cualquier otro centro de trabajo calificado como ruidoso, en las zonas declaradas industriales mediante Reglamento de zonificación o lo establecido por la Ley General de Salud.			
Los locales de trabajo que están marginalmente por debajo de los límites de los 85 dB (A) y que fueran modificados en su estructura, deben ser objeto de nueva medición para determinar si las condiciones sobre esta materia han variado.			
Si en los lugares de trabajo operan máquinas de combustión interna y escape de aire, deberán ser provistos de silenciador efectivo de manera que no crea riesgo o molestia para el público y trabajadores de otras empresas.			
Los silenciadores deben ser regularmente mantenidos y bien inspeccionados.			
En toda empresa o lugar de trabajo calificado como ruidoso se deberá mantener una existencia como dispositivos de protección personal, de uso individual, que tengan como fin atenuar los ruidos a niveles por Establecidos por este Reglamento.			
En los locales de trabajo cuya intensidad superior a 85 dB (A) no se permitirá una exposición mayor a los trabajadores de 8 horas en el día y de 6 horas en la noche.			
Cuando sea necesario el uso de protectores personales contra el ruido, los supervisores, miembros de la seguridad de la empresa e instituciones de seguridad deberán asesorar a los trabajadores y patronos sobre el equipo.			

Es obligación de los patronos la revisión periódica de los protectores de los oídos, para asegurarse de han dañado y no tienen deterioro alguno. Los detectores aún cuando no estén en uso, deben mantenerse siempre limpios, conforme a lo establecido en el artículo 3° del Reglamento General de Seguridad e Higiene.			
Los trabajadores que presten sus servicios en los lugares calificados como ruidosos cuya intensidad sea de 85 dB (A) o más, estarán obligados a usar el equipo de protección personal e individual que la empresa suministre.			
Los locales en donde se instalen comedores, dormitorios y lugares de descanso de los trabajadores deben estar muy bien protegidos contra ruidos.			
Los servicios sanitarios destinados a los trabajadores deben estar, asimismo, debidamente protegidos contra ruidos.			
Los establecimientos comerciales que expedan o reparen aparatos o instrumentos musicales que originen ruidos superiores a 85 dB (A) deberán disponer de cabinas especiales a prueba de ruidos con el objeto de hacerlos funcionar dentro de ellas, de manera que no se perciba el ruido en otros locales.			
Toda persona física o jurídica que proyecte la construcción de edificios destinados a actividades comerciales o industriales consideradas como ruidosas, deberá señalar en los planos que presente al Departamento de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Salud, las medidas que tiendan a la eliminación o reducción de los ruidos en los locales proyectados.			
El Departamento de Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacionales, del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, será, junto con el Ministerio de Salud, el que determine mediante el uso de instrumentos adecuados la intensidad de los ruidos en los lugares de trabajo y la eficacia del equipo de protección personal.			

## Apéndice 9. Valoración del Equipo de Protección Personal Auditiva con el método OSHA

Evaluación del equipo de protección personal auditivo por el método OSHA								
Frecuencia en bandas de octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Cálculos
I- Nivel de presión Acústica dB								
II- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
III- Nivel recibido en dB(A) (I-II)								Suma Logaritmica
IV- Valor promedio atenuación del protector auditivo en dB								
V- Desviación estándar (x 2)								
VI- Nivel recibido con protector debidamente colocado en dB (I-IV más V)								
VII- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
VIII- Nivel de presión acústica protegido en dB(A) (VI- VII)								Suma Logaritmica
IX- Reducción calculada dB(A)								Suma III- Suma VIII

## Apéndice 10. Matriz de involucrados internos en el programa de conservación auditiva

Puesto	Nivel de influencia	Nivel de interés

**Apéndice 11. Matriz de asignación de responsabilidades RACI**

	Personas involucradas				
<b>Responsabilidades:</b>					

R:	Responsable
A:	Aprueba
C:	Comunica
I:	Informa

**Apéndice 12. Matriz de planificación de capacitaciones**

Objetivo	Tema	Recursos necesarios	Tiempo requerido	Método de evaluación

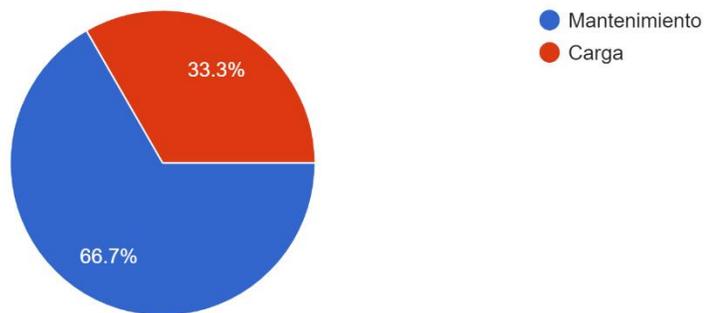
**Apéndice 13. Matriz comparativa de diseños de propuestas de control administrativas e ingenieriles**

Propuesta	Aspecto / Criterio						
	Factibilidad de implementación	Impacto Ambiental	Costo Económico	Requisitos del beneficiario	Seguridad y Salud	Cultura y Social	Marco legal

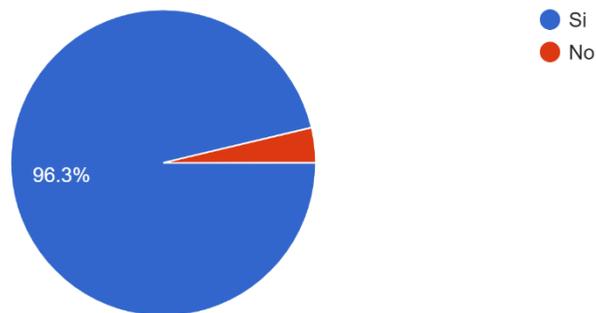
**Apéndice 14. Matriz de presupuesto**

Recurso	Costo
<b>Total del presupuesto requerido:</b>	

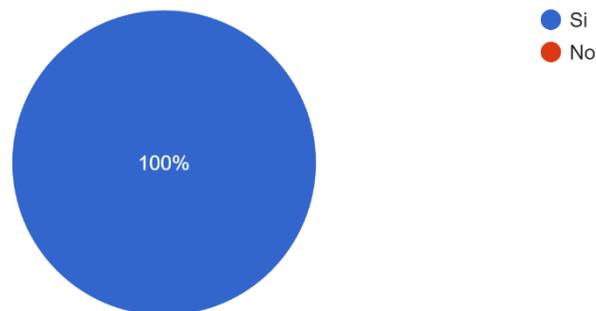
**Apéndice 15. Número de trabajadores encuestados por área en cuestionario de confort acústico**



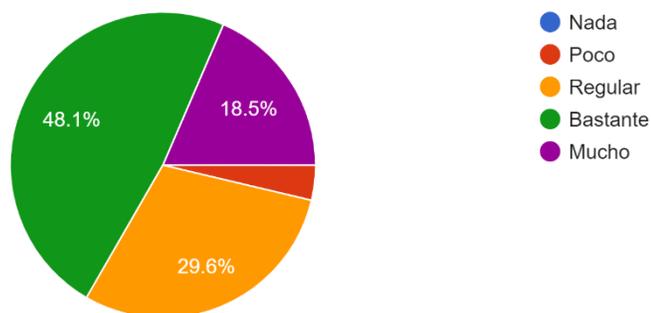
**Apéndice 16. Requerimiento de tareas mentales o manuales de alta complejidad en los trabajadores encuestados**



**Apéndice 17. Requerimiento de altos niveles de atención en el desarrollo del trabajo de los trabajadores encuestados**



**Apéndice 18.** *Percepción de los trabajadores sobre elevar el tono de voz durante el desarrollo de su trabajo en cuestionario de confort acústico*



**Apéndice 19.** *Promedio logarítmico de los niveles de presión sonora para los cuadrantes del mapa de ruido*

Cuadrante	NPS dB (A)
1	82,39
2	82,26
3	81,49
4	81,23
5	85,79
6	85,07

**Apéndice 20. Lista de verificación basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541-TSS**

Lista verificación basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones Decreto N° 10541-TSS			
Artículo	Cumple	No cumple	No aplica
No se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades superiores a 90 dB (A) para ruidos intermitentes o de impacto, ni mayor de 85 dB (A) respecto a ruidos continuos, si los trabajadores no están provistos del equipo de personal adecuado que atenúe su intensidad hasta los 85 db (A).	X		
Los locales de trabajo dentro de la planta general en donde se produzcan ruidos superiores al límite establecido en el artículo 2°, deberán ser señalados a fin de que Trabajadores ajenos a esos locales permanezcan dentro de ellos.		X	
Cuando sea necesario el uso de vehículos dentro de fábricas, estos se proveerán de dispositivos que eliminen los ruidos superiores a 85 dB (A).		X	
No se permitirá apoyar los equipos de transmisión de fuerza en las paredes a fin de que no se produzcan ruidos o vibraciones que lleguen a otras secciones del lugar de trabajo.	X		
En caso de que el transporte del producto fabricado o de la materia prima empleada dentro de los locales de trabajo origine ruidos cuya intensidad supere los 85 dB (A) deberán tomarse las medidas necesarias a efecto de atenuar los, hasta quedar dentro del límite antes señalado pudiéndose emplear dispositivos tales como bandas mecánicas sin fin de recorrido lento, sistemas de grúas u otros de acuerdo con la clase de material transportado y manipulación de este con la debida cautela para el mismo objeto.			X
En la eventualidad de que, pese a haberse cumplido con las prescripciones que señala este Reglamento, no se consiga disminuir la intensidad del ruido a menos de 85 dB (A) deberá dotarse a los trabajadores de los dispositivos de uso personal que disminuyan su exposición a menos de 85 dB (A) en el ambiente de trabajo.	X		
Únicamente se permitirá la instalación de fábricas, talleres o cualquier otro centro de trabajo calificado como ruidoso, en las zonas declaradas industriales mediante Reglamento de zonificación o lo establecido por la Ley General de Salud.	X		
Los locales de trabajo que están marginalmente por debajo de los límites de los 85 dB (A) y que fueran modificados en su estructura, deben ser objeto de nueva medición para determinar si las condiciones sobre esta materia han variado.		X	
Si en los lugares de trabajo operan máquinas de combustión interna y escape de aire, deberán ser provistos de silenciador efectivo de manera que no crea riesgo o molestia para el público y trabajadores de otras empresas.			X
Los silenciadores deben ser regularmente mantenidos y bien inspeccionados.			X
En toda empresa o lugar de trabajo calificado como ruidoso se deberá mantener una eústencia como dispositivos de protección personal, de uso individual, que tengan como fin atenuar los ruidos a niveles por Establecidos por este Reglamento.	X		

En los locales de trabajo cuya intensidad superior a 85 dB (A), no se permitirá una exposición mayor a los trabajadores de 8 horas en el día y de 6 horas en la noche.	X		
Cuando sea necesario el uso de protectores personales contra el ruido, los supervisores, miembros de la seguridad de la empresa e instituciones de seguridad deberán asesorar a los trabajadores y patronos sobre el equipo.	X		
Es obligación de los patronos la revisión periódica de los protectores de los oídos, para asegurarse de que no se han dañado y no tienen deterioro alguno. Los detectores aún cuando no estén en uso, deben mantenerse siempre limpios, conforme a lo establecido en el artículo 3° del Reglamento General de Seguridad e Higiene.	X		
Los trabajadores que presten sus servicios en los lugares calificados como ruidosos cuya intensidad sea de 85 dB (A) o más, estarán obligados a usar el equipo de protección personal e individual que la empresa suministre.	X		
Los locales en donde se instalen comedores, dormitorios y lugares de descanso de los trabajadores deben estar muy bien protegidos contra ruidos.			X
Los servicios sanitarios destinados a los trabajadores deben estar, asimismo, debidamente protegidos contra ruidos.			X
Los establecimientos comerciales que expedan o <u>reparen</u> aparatos o instrumentos musicales que originen ruidos superiores a 85 dB (A) deberán disponer de cabinas especiales a prueba de ruidos con el objeto de hacerlos funcionar dentro de ellas, de manera que no se perciba el ruido en otros locales.			X
Toda persona física o jurídica que proyecte la construcción de edificios destinados a actividades comerciales o industriales consideradas como ruidosas, deberá señalar en los planos que presente al Departamento de Ingeniería Sanitaria del Ministerio de Salud, las medidas que tiendan a la eliminación o reducción de los ruidos en los locales proyectados.	X		
El Departamento de Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacionales, del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, será, junto con el Ministerio de Salud, el que determine mediante el uso de instrumentos adecuados la intensidad de los ruidos en los lugares de trabajo y la eficacia del equipo de protección personal.	X		

**Apéndice 21. Evaluación del equipo de protección personal auditivo por el método OSHA (aplicación)**

Evaluación del equipo de protección personal auditivo por el método OSHA								
Frecuencia en bandas de octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Cálculos
I- Nivel de presión Acústica dB	63	72.8	86.5	87.7	88.7	85.1	81.1	
II- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
III- Nivel recibido en dB(A) (I-II)	47	63.8	83.5	87.7	89.7	86.1	80.1	93.5
IV-Valor promedio atenuación del protector auditivo en dB	33.3	35.8	35.1	31.8	33	37.1	45.3	
V- Desviación estándar (x 2)	10	11	10.2	4.4	6.8	8.2	8.2	
VI- Nivel recibido con protector debidamente colocado en dB (I-IV más V)	39.7	48	61.6	60.3	62.5	56.2	44	
VII- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
VIII- Nivel de presión acústica protegido en dB(A) (VI- VII)	23.7	39	58.6	60.3	63.5	57.2	43	66
IX- Reducción calculada dB(A)								26.9

**Apéndice 22. Presupuesto para la implementación del programa de conservación auditiva**

Critero	Cantidad	Precio Total	Observaciones
<b>Monitoreo de ruido</b>	Propuestas en el programa	0	La empresa cuenta con los instrumentos y recurso humano para realizar las mediciones de ruido.
<b>Controles ingenieriles</b>	Alternativa 3 brindada en el programa	2 947 374,84	Ver detalles en la tabla 17.
<b>Equipo de protección auditiva</b>	Alternativa 2 brindada en el programa	70 602,4	En caso de que desee utilizar el que ya tienen este criterio puede ser eliminado o comprar en menor cantidad.

<b>Programa de Capacitación y Motivación</b>	Capacitaciones propuestas en el programa	€0	La empresa cuenta con los instrumentos y recurso humano para realizar las mediciones de ruido.
<b>Vigilancia de la salud</b>	Audiometría de monitoreo	€330 000 aproximadamente	En caso de que ingrese nuevo personal a las áreas de interés, este criterio puede cambiar.
<b>TOTAL</b>			<b>€ 3 347 977, 24</b>

**Apéndice 23. Bitácora de muestreo para evaluación puntual de la fuente**

		<b>Bitácora de muestreo para evaluación puntual de la fuente</b>		
		Evaluado por:		
		Maquina:		
		Fecha:		
Pto. de medición	NPS (dB)	Hora de inicio	Hora de finalización	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				

14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

**Apéndice 24.** Registro para la inspección sobre confort y rendimiento que brinda el EPA

		<b>Inspección del confort y rendimiento que brinda el EPA</b>		
		<b>Información general</b>		
		Evaluado por:		
		Revisión:		
		Fecha:		
<b>N.</b>	<b>Indicador</b>	<b>Si cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1</b>	Todos los trabajadores que disponen EPA lo utilizan durante su jornada de trabajo			
<b>2</b>	Todos los trabajadores utilizan el EPA de forma apropiada			
<b>3</b>	Los trabajadores indican incomodidad al usar del EPA			

4	Los trabajadores indican molestias debido al uso del EPA			
---	--	--	--	--

**Apéndice 25. Registro de entrega del EPA**

		<b>Formulario de control de entrega de EPA</b>			
Nombre	Tipo de EPA	Confirma recibido la capacitación rápida	Firma entrega	Fecha entrega	Observaciones

**Apéndice 26. Lista de verificación sobre la inspección del uso y condiciones de mantenimiento del EPA**

		<b>Lista de verificación sobre la inspección del uso y condiciones de mantenimiento del EPA</b>		
		<b>Información general</b>		
		Evaluado por:		
		Revisión:		
		Fecha:		
N.	Indicador	Si cumple	No cumple	Observaciones
1	Todos los trabajadores que disponen EPA lo utilizan durante su jornada de trabajo			
2	Todos los trabajadores utilizan el EPA de acuerdo a las instrucciones impartidas			

<b>4</b>	El EPA de cada trabajador se almacena en un lugar apropiado			
<b>5</b>	El equipo presenta algun tipo de deterioro (golpe, quebradura, reventadura)			

**Apéndice 27.** *Formulario para el control de asistencia a las capacitaciones sobre exposición a ruido*

		<b>Formulario para el control de asistencia a las capacitaciones sobre exposición a ruido</b>	
		Fecha:	
		Encargado:	
		Motivo/Tema:	
Hora de inicio:		Hora fin:	
Lugar:			
<b>N.</b>	<b>Nombre del trabajador</b>	<b>Departamento / Área</b>	<b>Firma</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

**Apéndice 28. Lista de verificación para la evaluación del programa de conservación auditiva**

	<b>Lista de verificación para la evaluación y seguimiento del programa</b>		
	Fecha:		
	Encargado:		
	Lugar:		
Hora de inicio:		Hora fin:	
<b>Monitoreo de la exposición a ruido</b>			
<b>Criterio de seguimiento</b>		<b>Si cumple</b>	<b>No cumple</b>
1. ¿Se han realizado evaluaciones de ruido en las diferentes áreas de interés?			
2. ¿Las evaluaciones de ruido se realizaron siguiendo la metodología establecida?			
3. ¿Los instrumentos utilizados para realizar las mediciones cuentan con la calibración requerida?			
4. ¿Las evaluaciones se llevaron a cabo en los períodos establecidos?			
5. ¿Se registraron las mediciones realizadas?			
6. ¿Los resultados obtenidos son utilizados para la elaboración de informes para determinar si se presenta algún cambio en las condiciones de exposición a ruido?			
7. ¿Los resultados de las evaluaciones son tomados en cuenta para implementar medidas de control para la exposición a ruido?			
<b>Total</b>			
<b>Controles ingenieriles y administrativos</b>			
<b>Criterio de seguimiento</b>		<b>Si cumple</b>	<b>No cumple</b>
1. ¿Las medidas propuestas están destinadas a disminuir la exposición a ruido de las personas colaboradoras?			
2. ¿Se implementaron los controles ingenieriles propuestos en el taller de mantenimiento?			
3. ¿Se implementaron los controles administrativos propuestos en las áreas de mantenimiento y carga?			

4. Se actualizan las recomendaciones en las áreas de trabajo en caso de que haya variaciones en los procesos		
<b>Equipo de protección auditiva</b>		
<b>Criterio de seguimiento</b>	<b>Si cumple</b>	<b>No cumple</b>
1. ¿Se toman en cuenta las evaluaciones de ruido realizadas para la elección del equipo de protección auditiva?		
2. ¿El equipo de protección auditiva propuesto posee la atenuación adecuada?		
3. ¿Se selecciona el equipo de protección auditiva siguiendo la metodología propuesta?		
4. ¿El procedimiento para uso de equipo de protección auditiva se actualiza si se va a utilizar equipo nuevo?		
5. ¿Se facilita el equipo de protección auditiva a los colaboradores del área de mantenimiento y carga?		
6. ¿Se realizan inspecciones periódicas para verificar el estado, mantenimiento y uso del equipo de protección auditiva?		
7. ¿Las personas colaboradoras cumplen con el procedimiento establecido para uso y mantenimiento del equipo de protección auditiva?		
<b>Total:</b>		
<b>Capacitación a los colaboradores</b>		
<b>Criterio de seguimiento</b>	<b>Si cumple</b>	<b>No cumple</b>
1. ¿Se imparten los temas de capacitación propuestos en el programa?		
2. ¿Las capacitaciones se imparten a la totalidad de colaboradores del área de mantenimiento y carga?		
3. ¿Se brinda al personal el tiempo necesario para asistir a las capacitaciones?		
4. ¿Se utilizan recursos audiovisuales, didácticos y electrónicos para facilitar la información en las capacitaciones?		
5. ¿Los temas impartidos se ajustan a la necesidad de capacitación de las personas colaboradoras?		
6. ¿Se imparten las tres capacitaciones propuestas al año?		

7. ¿Se lleva un control de asistencia del personal a las capacitaciones?		
<b>Total</b>		
<b>Vigilancia de la salud</b>		
<b>Criterio a evaluar</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Las pruebas audiométricas son realizadas por personal certificado?		
2. ¿Se cuenta con un espacio idóneo para llevar a cabo las pruebas audiométricas?		
3. ¿Se realizan exámenes audiométricos a las personas que llevan menos de 6 meses de haber ingresado a laborar en alguno de los puestos de interés?		
4. ¿Se realizan exámenes audiométricos con una frecuencia anual para los colaboradores de las áreas de interés con una exposición superior a los 80dB (A)?		
5. ¿Se informa a las personas colaboradoras sobre los resultados obtenidos en las evaluaciones?		
6. ¿Se mantienen los registros de las pruebas audiométricas?		
7. ¿Todas y todos los colaboradores acuden a sus pruebas audiométricas?		
8. ¿Los trabajadores y trabajadoras conocen y comprenden sobre los motivos y propósitos de las pruebas audiométricas?		
<b>Total:</b>		
Observaciones:		

## X. Anexos

### Anexo 1. Duración efectiva de la jornada laboral para un grupo de exposición homogéneo al ruido de la ISO 9612:2019

**Tabla 1 – Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño  $n_G$**

<b>Número de trabajadores en el grupo de exposición homogéneo <math>n_G</math></b>	<b>Duración mínima acumulativa de medición a repartir entre el grupo de exposición homogéneo</b>
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	$5 \text{ h} + (n_G - 5) \times 0,5 \text{ h}$
$15 < n_G \leq 40$	$10 \text{ h} + (n_G - 15) \times 0,25 \text{ h}$
$n_G > 40$	17 h o fraccionar el grupo

Anexo 2. Certificado de calibración sonómetro soundpro SE-2-1/1 SIM

 **TSI INCORPORATED – OCONOMOWOC**  
1060 Corporate Center Drive, Oconomowoc, WI 53066 USA  
tel 608 490 2811 • toll free 800 245 0779 • web www.tsi.com

Page 1 of 1  
An ISO 9001  
Registered Company

**Certificate of Calibration**  
Certificate No: 1092218A BBF100001

Submitted By: AERIS  
ALAJUELA, COSTA RICA

Serial Number: BBF100001      Date Received: 5/19/2023  
Customer ID: EQUIP01181      Date Issued: 6/5/2023  
Model: SOUNDPRO SE-2-1/1 SLM      Valid Until: 6/5/2024

Test Conditions:      Model Conditions:  
Temperature: 18°C to 29°C      As Found: IN TOLERANCE  
Humidity: 20% to 80%      As Left: IN TOLERANCE  
Barometric Pressure: 890 mbar to 1050 mbar

SubAssemblies:  
Description:      Serial Number:  
TYPE 2 PREAMP      1015 1068  
MICROPHONE QE 7052 1/2 IN. ELECTRET      47158

Calibrated per Procedure: 53V899

Reference Standard(s):

I.D. Number	Device	Last Calibration	Date Calibration Due
EF000352	QUEST-CAL	10/27/2022	10/27/2023
ET0000556	B&K ENSEMBLE	6/6/2022	6/6/2024

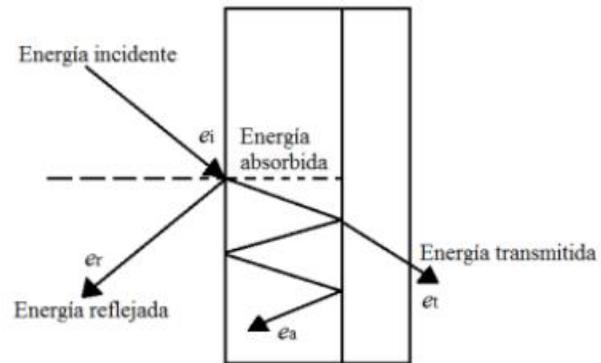
Measurement Uncertainty:  
ACOUSTIC +/- 0.1908  
Estimated at 95% Confidence Level (k=2)

Calibrated By:  6/5/2023  
WILLIAM MALONEY      Service Technician

This report certifies that all calibration equipment used in the test is traceable to NIST, and applies only to the unit identified under equipment above. This report must not be reproduced except in its entirety without the written approval of TSI Incorporated.

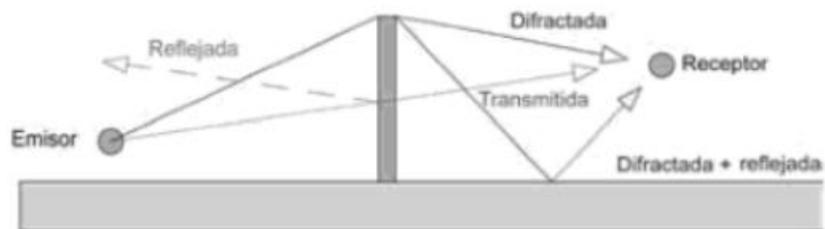
098-393 Rev. B

**Anexo 3. Interacción de las ondas sonoras con material**



Fuente: Gómez-Cano, 2021

**Anexo 4. Fenómenos de reflexión, absorción, transmisión y difracción cuando la onda sonora alcanza una barrera**



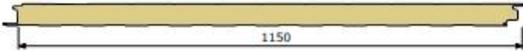
Fuente: Avilés y Perera, 2017

**Anexo 5. Ficha técnica del material acústico lana de roca para fachada acustica del Prupo Panel Sandwich Costa Rica**

Paneles de Fachada · Panel Sandwich Group

## FACHADA LANA DE ROCA ACÚSTICA



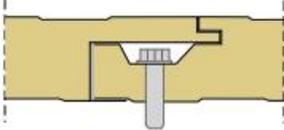
1150

### Características de la Fachada Lana de Roca Acústica

Panel de cubierta ignífuga con núcleo aislante de lana de roca para asegurar una excelente protección contra el fuego, regulable según el grosor del panel. Además, el microperforado de las chapas le confiere mayor absorción acústica y evita reverberaciones. Las fibras minerales que componen su núcleo aislante se alternan y compactan para asegurar la máxima protección con un sencillo montaje: el panel se solapa en las grecas de dos paneles contiguos para asegurar la máxima estanqueidad frente a filtraciones y humedades. En su fabricación se utilizan aceros especiales, galvanizados y prelacados, que cumplen con la norma EN 508-1, con recubrimientos PET, Plastisol, PVC, PVDF, PS50, PS55 y PS200, entre otros, según requerimientos del cliente.



### Datos técnicos de la Fachada Lana de Roca Acústica

<p><b>Cara exterior</b> Acero prelacado</p>	<p><b>Aislante</b> Lana de Roca A2-s1-d0</p>	<p><b>Largos</b> Hasta 12 m</p>	
<p><b>Cara interior</b> Acero prelacado</p>	<p><b>Espesores</b> 50 - 200</p>		

**Colores más populares**

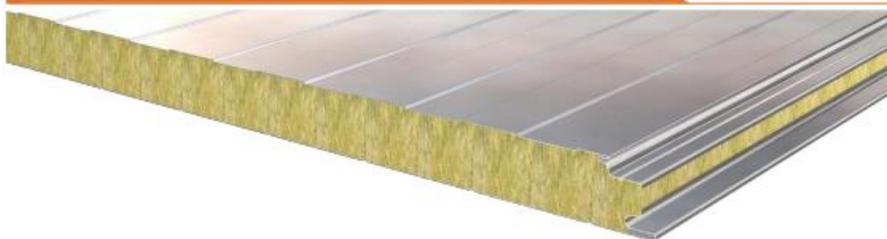
 Blanco Pirineo

 Verde Navarra

 Rojo Teja

 Silver Metallic

## FACHADA LANA DE ROCA ACÚSTICA



### Características técnicas de Fachada Acústica de ALTA DENSIDAD

Espesor	Sobrecarga Kg/m <sup>2</sup>						
	30	60	80	100	120	150	200
50	5,73	3,64	2,77	2,21	1,85	1,47	1,19
60	5,93	3,84	3,11	2,83	2,33	1,81	1,36
80	6,77	4,60	3,79	3,29	2,98	2,38	1,53
100	8,07	5,48	4,46	3,99	3,64	2,98	1,75
120	9,27	6,44	5,09	4,66	4,35	3,42	2,15
150	10,28	8,25	6,87	6,33	5,79	4,80	3,10
200	12,43	11,07	9,21	8,53	7,06	6,33	4,52

Dimensiones, pesos y características térmicas					
Espesor	Ancho útil (mm)	Long. Máx. recomendada (m)	Peso kg/m <sup>2</sup>	Coef. Transmitancia térmica W/m <sup>2</sup> K	Resistencia al fuego
50	1.150	8,50	13,9	0,690	EI30
60	1.150	8,50	14,6	0,592	EI30
80	1.150	10,00	17,0	0,455	EI60
100	1.150	11,00	19,4	0,370	EI120
120	1.150	12,00	21,8	0,308	EI120
150	1.150	12,00	25,4	0,253	EI120
200	1.150	12,00	31,4	0,192	EI120

Comportamiento Acústico		
Espesor	Rw (dB)	Ra (dbA)
50	≥ 35,0	≥ 34,4
60	≥ 35,0	≥ 34,4
80	≥ 37,0	≥ 36,2
100	≥ 37,0	≥ 36,2
120	≥ 37,0	≥ 36,2
150	≥ 37,0	≥ 36,2
200	≥ 37,0	≥ 36,2

Fuente: Panel lana de roca fachada acústica. (2023).

## Anexo 6. Ficha técnica del material acústico lana de roca Ekla® Th 40

### Rockfon® Ekla® Th 40

- El magnífico acabado blanco y liso de Ekla al servicio del aislamiento térmico
- Alta absorción acústica
- Óptima resistencia al fuego y a la humedad

#### Descripción del Producto

- Panel de lana de roca
- Cara visible: velo de superficie lisa pintado de blanco
- Cara posterior: contravelo

#### Áreas de aplicación

- Ocio y Deporte
- Educación
- Sanidad
- Industria
- Minoristas – Retail

Canto	Dimensiones (mm)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	Sistema de instalación recomendado
 A24	600 x 600 x 40	3,1	Rockfon® System T24 A™
	1200 x 600 x 40	3,1	Rockfon® System T24 A™
	1200 x 1200 x 40	3,1	Rockfon® System T24 A™

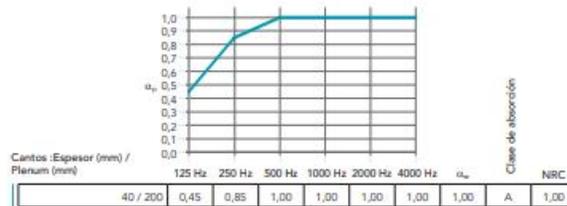
Para otras dimensiones, consúltenos.



## Prestaciones



**Absorción acústica**  
 $\alpha_w$ : 1,00 (Clase A)



**Reacción al fuego**  
 A1



**Resistencia al fuego**  
 La lana de roca es un material incombustible, cuyo punto de fusión sobrepasa los 1000 °C.



**Reflexión de la luz**  
 86%



**Resistencia a la humedad y estabilidad dimensional**  
 Hasta un 100 % HR.  
 No se observan signos visibles de deformación en condiciones de humedad elevada C/0N



**Mantenimiento**  
 - Aspirador



**Higiene**  
 La lana de roca no contiene ningún elemento que favorezca el desarrollo de microorganismos.



**Medio ambiente**  
 La lana de roca es totalmente reciclable. El contenido reciclado de los productos Rockfon es de entre el 29% y el 64% según la norma ISO 14021. Las soluciones acústicas Rockfon cuentan con la Certificación Cradle to Cradle® en los niveles Bronze y Silver (dependiendo del tipo de producto).



**Huella de carbono**  
 De la cuna a la puerta 3.14 kg de CO<sub>2</sub> eq. (según la DAP verificada por terceros)  
 De la cuna a la tumba 4.17 kg de CO<sub>2</sub> eq. (según la DAP verificada por terceros)



**Clima interior**  
 Una muestra representativa de los productos Rockfon ha obtenido la etiqueta finlandesa M1 y el label danés sobre la calidad del aire interior para productos con bajo nivel de emisiones



**Aislamiento térmico**  
 Conductividad térmica:  $\lambda_D = 37 \text{ mW/mK}$   
 Resistencia térmica:  
 $R = 1,05 \text{ m}^2\text{K/W}$



Fuente: Rockfon® EKLa® TH 40, (s.f.).