

Instituto Tecnológico de Costa Rica



Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

“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”

Proyecto de Final de Graduación para optar por el título

de

Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

Con el grado académico de

Licenciatura

Daniela Meneses Coto

Cartago Noviembre, 2021



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE TRABAJO DE FINAL DE GRADUACIÓN

Trabajo Final de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por la profesora y coordinadora de Proyectos de Graduación la Ing. Mónica Carpio Chaves, el Ing. Freddy Briceño Elizondo y la asesora académica la ing. Tannia Araya Solano, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, del Tecnológico de Costa Rica.

TANNIA
MARCELA
ARAYA SOLANO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por TANNIA MARCELA ARAYA SOLANO (FIRMA)
Fecha: 2021.11.26
16:13:23 -06'00'

Ing. Tannia Araya Solano
Asesora académica

MONICA MARIA
CARPIO CHAVES
(FIRMA)

Firmado digitalmente por MONICA MARIA CARPIO CHAVES (FIRMA)
Fecha: 2021.11.26
16:01:41 -06'00'

Ing. Mónica Carpio Chaves
Evaluadora

En representación de la Dirección

FREDDY ANTONIO
BRICEÑO
ELIZONDO (FIRMA)

Firmado digitalmente por FREDDY ANTONIO BRICEÑO ELIZONDO (FIRMA)
Fecha: 2021.11.26 16:09:52
-06'00'

Ing. Freddy Briceño Elizondo
Evaluador

Cartago

26 de noviembre, 2021

Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a mami y a papi por todo el apoyo que me dieron durante todo este proceso, porque nunca importó si perdía uno o diez cursos, siempre estuvieron a mi lado. Pa, gracias por levantarte todos los lunes para irme a dejar y por estar al pendiente de todo lo que hago. Ma, gracias por no soltarme la mano nunca, por las palabras de aliento que me das cuando no veo la luz y por reírte hasta las lagrimas con las cosas que digo o las ocurrencias que tengo. Los amo, esto es de ustedes también.

A mis hermanos, que toda la vida han sido mis incondicionales, que siempre me han apoyado con todas mis ideas o por lo menos les han hecho gracia. Loha, quien iba a decir que después de todo lo que vivimos en la infancia, nos íbamos a hacer mejores amigas jajaja, gracias por jugar tan bien tu papel de hermana mayor y estar siempre que te necesito. Gracias Mani/Ronald, por escuchar todos mis dramas antes de las exposiciones o entrevistas en la casa, por ayudarme con los cursos que me costaron, como dibujo (dos veces) y con todo lo que te pido siempre.

A mis gorditos, Mati y Noe, porque son lo mejor que me ha pasado en la vida, espero ser un ejemplo para los dos, les aseguro que voy a hacer todo lo posible para ayudarlos a lograr todo lo que se propongan. Su tía Anny los ama con todo el corazón.

Quiero agradecer también a mis tías, Guise, Alba, Ana y Ale y a mi abuelita Bitá (la mamá de todos los pollitos lindos) porque siempre fueron mi escape durante las clases, los trabajos, los exámenes o cuando solo necesitaba distraerme. Si de algo que estoy segura es que nunca nos faltaron las risas, las lágrimas o los chismes. Todas ustedes han sido como una mamá para mí, con sus diferentes formas de ver la vida y sus experiencias, siempre me han brindado los mejores consejos, las amo.

A los amigos que me dejó el TEC, Jess, que la encontré en el 2018, cuando más la necesitaba y sin saber que se iba a convertir en mi mejor amiga. Gracias, gracias y mil gracias porque has sido excepcional, por abrirme las puertas de tu casa, por mover cielo y tierra para que consiguiera empresa para hacer el proyecto, gracias por los ataques de risa a las 10:00 p.m. muertas de cansancio y por aguantar mis dramas (que sabemos, nunca son suficientes o pocos jajaj). Diego, a vos te conozco desde hace ratillo, pero hiciste que mis últimos años en el TEC fueran menos difíciles, gracias por contagiar esa vibra tan bonita que tenés y por hacerme reír siempre. Lo que más amo de la amistad que tenemos los tres, es que celebramos los logros de cada uno como si fueran nuestros, que no importa qué, siempre tenemos palabras de aliento y que obviamente no pueden faltar las basureadas con las cosas que vivimos día a día. Los quiero demasiado bebés, estoy sumamente agradecida con la vida por ponerlos en mi camino y me llena de orgullo verlos alcanzar lo que, no hace mucho, sentíamos que era inalcanzable.

Y por último, quiero hacer un agradecimiento especial a mi mamita Cecilia y a mi papito Chino, por ser los mejores abuelitos del mundo, siempre han sido mi ejemplo de superación. Mami, no me va alcanzar la vida para agradecerte todo lo que me diste cuando estabas conmigo, pero todo lo que hago siempre es pensando en las dos y voy a hacer todo lo que alguna vez dijimos que íbamos a hacer juntas.

*A mi mamita Cecilia, porque todo lo que soy hoy, es gracias a vos
Un beso hasta el cielo.*

Resumen

Micro Technologies S.A es una empresa reconocida mundialmente por el diseño y producción de componentes para una gran variedad de industrias. El uso de máquinas y equipos dentro de la planta de producción generan niveles de presión sonora, que han provocado molestias entre los operarios y administrativos, razón por la cual se solicitó un estudio ruido laboral, el cual evidenció que existen zonas que superan los 85 dB (A).

Se realizó un nuevo estudio de exposición a ruido ocupacional con el fin de determinar los posibles factores del proceso productivo y condiciones del local que contribuyen en la exposición ocupacional a ruido, así como la determinación los niveles de presión sonora que predominan dentro de la planta. Por medio del cuestionario para confort acústico, entrevistas semiestructuradas y una encuesta higiénica se determinó que los trabajadores de la planta se encuentran expuestos al ruido durante 7,25 horas al día, además, los colaboradores perciben el ruido como molesto durante toda la jornada.

Los resultados obtenidos durante la evaluación de los niveles de presión sonora por medio del mapa de ruido, medición puntal a la fuente y dosimetrías, determinaron que el área más crítica de la planta de producción es el área de estampado con NPS entre 87 dB (A) hasta 88,5 dB (A). No obstante, el equipo de protección logra atenuar a valores por debajo de los 85 (A) permitidos por el Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones

Dicho lo anterior, se propusieron alternativas de solución que fueron comparadas para seleccionar la propuesta más viable para reducir los niveles de presión sonora del área más crítica como control ingenieril y un programa de capacitación y de conservación auditiva como control administrativo, ambas propuestas integradas en el Programa de Prevención y Conservación Auditiva.

Palabras Claves: Ruido, Nivel de presión Sonora, Prevención auditiva, Conservación Auditiva, Exposición Ocupacional, Programa

Abstract

Micro Technologies S.A. is a company recognized worldwide for the design and production of components for a wide variety of industries. The use of machines and equipment within the production plant generates sound pressure levels, which have caused discomfort among operators and administrative staff, which is why a study of occupational noise was requested, which showed that there are areas that exceed 85 dB (A).

A new occupational noise exposure study was conducted in order to determine the possible factors of the production process and conditions of the premises that contribute to occupational noise exposure, as well as to determine the sound pressure levels prevailing within the plant. By means of the acoustic comfort questionnaire, semi-structured interviews and a hygienic survey, it was determined that the plant workers are exposed to noise for 7.25 hours a day; in addition, the collaborators perceive the noise as annoying throughout the day.

The results obtained during the evaluation of sound pressure levels by means of noise mapping, point source measurement and dosimetry determined that the most critical area of the production plant is the stamping area with SPLs between 87 dB (A) and 88.5 dB (A). However, the protection equipment is able to attenuate to values below the 85 (A) allowed by the Noise and Vibration Control Regulations.

Having said the above, alternative solutions were proposed and compared to select the most viable proposal to reduce the sound pressure levels in the most critical area as an engineering control and a training and hearing conservation program as an administrative control, both proposals integrated in the Hearing Prevention and Conservation Program.

Key words: Sound Pressure Level, Hearing Prevention, Hearing Conservation, Occupational Exposure, Program

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

I. Introducción	15
A. Identificación de la empresa	15
1. Visión	15
2. Misión.....	15
3. Antecedentes	15
4. Ubicación geográfica	16
5. Organigrama de la empresa	16
6. Cantidad de empleados	18
7. Mercado	18
8. Proceso productivo y productos	19
B. Planteamiento del problema.....	20
C. Justificación	20
D. Objetivos.....	22
1. Objetivo general.....	22
2. Objetivos específicos	22
E. Alcances y limitaciones	22
1. Alcance	22
2. Limitaciones	23
II. Marco Teórico.....	24
III. Metodología	27
A. Tipo de investigación.....	27
1. Fuentes de información	27
B. Población y muestra	29
C. Estrategia de muestreo.....	30
1. Mapa de ruido	30
2. Medición puntual de la fuente.....	31
3. Dosimetrías.....	32

D. Operacionalización de las variables	33
E. Descripción de instrumentos de investigación	39
1. Objetivo específico 1	39
2. Objetivo específico 2	41
3. Objetivo específico 3	43
F. Plan de análisis	46
1. Objetivo específico 1	48
2. Objetivo específico 2	49
3. Objetivo específico 3	53
IV. <i>Análisis de la situación actual</i>	55
A. Identificación de los posibles factores del proceso productivo y condiciones del local	55
1. Tiempo de exposición a ruido	55
2. Número de trabajadores expuestos.....	55
3. Grado de percepción de ruido por parte de los trabajadores	56
4. Periodos de descanso y nivel de producción	58
5. Máquinas y equipos	58
6. Aspectos de seguridad y salud.....	59
7. Condiciones del local	61
B. Niveles de presión sonora que se encuentran presentes dentro del área de estudio y están asociados al proceso	62
1. Mapa de ruido	62
2. Medición puntal en la fuente.....	64
3. Dosimetrías.....	67
4. Valoración del equipo de protección auditiva por el método OSHA.....	68
5. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos legales del programa	70
V. <i>Conclusiones</i>.....	71
VI. <i>Recomendaciones</i>.....	72
VII. <i>Alternativas de solución</i>	73

A. Diseño de propuestas de control ingenieriles y administrativas integradas en un programa de conservación auditiva para los trabajadores de la planta de producción.	73
1. Presentación de las propuestas	73
2. Viabilidad de las propuestas	77
3. Diseño de la propuesta más viable.....	81
A. Aspectos Generales de la empresa	90
1. Introducción	90
2. Propósito.....	90
3. Objetivos	90
4. Metas	91
5. Referencias.....	91
B. Aspectos a considerar	92
1. Definiciones	92
C. Compromiso empresarial	93
1. Política de Seguridad.....	93
Política de Seguridad y Salud Micro Technologies S.A.	93
D. Recursos disponibles	93
1. Humano	93
2. Económicos	97
3. Tecnológicos.....	97
E. Identificación de peligros y evaluación de riesgos	98
1. Mapa de Ruido.....	99
2. Medición puntual a la fuente.....	101
3. Dosimetrías.....	103
4. Valorización del equipo de protección personal por el Método OSHA.....	105
F. Vigilancia a la Salud.....	107
1. Programa de Control Auditivo: Audiometrías	107
G. Colocación, ajuste retiro y manipulación del equipo de protección auditiva	110
1. Tapones reutilizables	110
2. Tapones desechables.....	112

H.	Medidas para el control de la exposición ocupacional a ruido.....	113
1.	Controles ingenieriles	113
2.	Controles administrativos	114
I.	Evaluación del programa y mejora continua.....	118
J.	Costo total del Programa de Prevención y Conservación Auditiva	119
K.	Conclusiones del programa	120
L.	Recomendaciones del programa	120
M.	Aprendices del programa	121
VIII.	<i>Bibliografía</i>.....	127
IX.	<i>Apéndices</i>	132
X.	<i>Anexos</i>	159

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de los trabajadores de Micro Technologies S.A.....	18
Cuadro 2. Distribución de muestras por subáreas	30
Cuadro 3. Especificaciones del Sonómetro.....	31
Cuadro 4. Especificaciones del Calibrador Acústico	31
Cuadro 5. Especificaciones del dosímetro	32
Cuadro 6. Operacionalización de variables del objetivo 1. Identificar los posibles factores del proceso productivo y condiciones del local que contribuyen a la exposición ocupacional a ruido en la planta de producción de la empresa.....	34
Cuadro 7. Operacionalización de variables del objetivo 2 Determinar los niveles de presión sonora y exposición ocupacional de los colaboradores de la planta de producción de Micro Technologies S.A.....	36
Cuadro 8. Operacionalización de variables del objetivo 3 Diseñar propuestas de control ingenieriles y administrativas integradas en un programa de conservación auditiva para los trabajadores de la planta de producción.	37
Cuadro 9. Rango de Clasificación de dB (A).....	42
Cuadro 10. Cantidad de máquinas/equipos por subárea	59
Cuadro 11. Matriz de necesidades de capacitación para los trabajadores de la planta de producción.....	60
Cuadro 12. Constante del local para el área de estampado	61
Cuadro 13. Barrido de frecuencia para el punto con mayor nivel de presión sonora	66
Cuadro 14. Nivel de exposición al ruido diario, con un tiempo efectivo de 7,25 horas	67
Cuadro 15. Evaluación del equipo de protección auditivo por el método OSHA.....	69
Cuadro 16. Requerimientos generales para las alternativas de control	73
Cuadro 17. Materiales absorbentes propuestos para cubrir el encerramiento	74
Cuadro 18. Materiales aislantes propuestos para el techo.....	75
Cuadro 19. Criterios de selección para la alternativa del encerramiento	77
Cuadro 20. Matriz de viabilidad para materiales absorbentes.....	78
Cuadro 21. Criterios de selección para la alternativa aislante del techo	80

Cuadro 22. <i>Matriz de viabilidad para materiales aislantes</i>	80
Cuadro 23. <i>Cálculo NR</i>	83
Cuadro 24. <i>Evaluación del encerramiento sin alternativa</i>	84
Cuadro 25. <i>Evaluación del encerramiento con alternativa propuesta</i>	84
Cuadro 26. <i>Costo total de la propuesta del encerramiento</i>	85
Cuadro 27. <i>Cálculo de absorción con y sin acondicionamiento</i>	86
Cuadro 28. <i>Costo total de la propuesta para para el techo</i>	88
Cuadro 29. <i>Definiciones del programa</i>	92
Cuadro 30. <i>Matriz de involucrados internos para el programa</i>	94
Cuadro 31. <i>Matriz de responsabilidades</i>	95
Cuadro 32. <i>Fases de implementación del programa</i>	97
Cuadro 33. <i>Costo asociado al alquiler de los equipos</i>	98
Cuadro 34. <i>Aspectos generales del mapa de ruido</i>	99
Cuadro 35. <i>Rango de clasificación por color</i>	101
Cuadro 36. <i>Aspectos generales para medición puntual de la fuente</i>	101
Cuadro 37. <i>Aspectos generales para realizar dosimetrías</i>	103
Cuadro 38. <i>Aspectos generales para realizar la valorización del equipo de protección personal</i>	105
Cuadro 39. <i>Evaluación del equipo de protección personal auditivo por el método OSHA</i>	106
Cuadro 40. <i>Aspectos generales para el Programa de Control Auditivo</i>	108
Cuadro 41. <i>Costo del Programa de Control Auditivo</i>	110
Cuadro 42. <i>Alternativas de solución viables</i>	113
Cuadro 43. <i>Aspectos generales para el Programa de capacitaciones sobre ruido</i> .	114
Cuadro 44. <i>Matriz de planificación de capacitación en el tema de ruido</i>	115
Cuadro 45. <i>Costo total del Programa de Prevención y Conservación Auditiva</i>	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama general de Micro Technologies S.A. _____	17
Figura 2. Proceso productivo general de Micro Technologies S.A. _____	19
Figura 3. Plan de análisis _____	47
Figura 4. Número de trabajadores por área _____	55
Figura 5. Percepción de molestia al ruido de los trabajadores _____	56
Figura 6. Momento de la jornada que los trabajadores consideran que el ruido es más molesto. _____	57
Figura 7. Dificultad para concentrarse en el trabajo a causa del ruido _____	57
Figura 8. Percepción de los trabajadores en cuanto a la intensidad con la que deben elevar el tono de voz _____	58
Figura 9. Mapa de ruido para la planta de producción de Micro Technologies S.A (escala 1:1) _____	63
Figura 10. Diagrama de araña para la fuente _____	65
Figura 11. Diagrama de causas de exposición a ruido ocupacional _____	69
Figura 12. Diseño para el encerramiento de la máquina _____	82
Figura 13. Diagrama de araña para la fuente _____	102
Figura 14. Diagrama de Gantt para realizar las capacitaciones _____	116

I. Introducción

A. Identificación de la empresa

Micro Technologies S.A., se destaca en el diseño y producción de dispositivos de componentes, dispositivos médicos, subconjuntos automotrices, presostatos y sensores y montaje robótico inteligente prestando sus servicios a las empresas más exigentes como Toyota, Abbot, Bosch, NASA, entre otros. La empresa cuenta con un enfoque integrado verticalmente a las nuevas tecnologías para ofrecer un mejor producto sin sacrificar la calidad y la seguridad (*Micro Technologies S.A.*,2021).

1. Visión

En Micro, perseguimos nuestros sueños y trabajamos duro para dar vida a nuestros objetivos. Nuestra visión vívida es un documento que compartimos interna y externamente para ayudar a comunicar hacia dónde vamos como empresa. Creemos que la empresa está preparada para un crecimiento fantástico a medida que nos basamos en nuestro sesgo de ejecución y ponemos un énfasis aún mayor en la innovación (Micro Technologies, 2021).

2. Misión

Ser el fabricante más innovador y con mayor visión de futuro del mundo. Para lograrlo, construiremos una cultura que actúe como un imán para atraer a los mejores, y continuaremos con nuestra inquebrantable disciplina para construir sistemas de clase mundial que cumplan impecablemente nuestras promesas cada día (*Micro Technologies S.A.*, 2021).

3. Antecedentes

El proyecto se llevó a cabo en *Micro Technologies S.A.*, una empresa que inició en el año 1965 y que cuenta con una única base global de operaciones con locación en Costa Rica. Su ubicación estratégica permite un abastecimiento cercano de la región del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN por sus siglas en

inglés) con canales fáciles y rentables para la distribución global (*Micro Technologies S.A.*, 2021).

La planta se encarga de fabricar componentes con los más altos estándares de calidad y busca la implementación de nuevas tecnologías para mejorar las industrias y la humanidad.

4. Ubicación geográfica

La empresa *Micro Technologies S.A.* está localizada en el Condominio Centro Logístico R, finca Filial #4, en El Coyol de Alajuela, del puente del Coyol 500 metros al sur sobre la radial El Coyol, ruta 27 mano izquierda.

5. Organigrama de la empresa

Micro Technologies S.A. cuenta con sus oficinas administrativas en Estados Unidos dirigidas por una Junta Directiva. En cuanto a su planta de producción, ésta se encuentra únicamente en Costa Rica y está al mando del Gerente General, donde lidera a los gerentes de Recursos Humanos, Financiero, Calidad, Producción e Ingeniería (ver Figura 1).

Con respecto al Departamento de Ambiente Seguridad y Salud (EHS, por sus siglas en inglés), se encuentra dentro del Departamento de Recursos Humanos y está a cargo de un Ingeniero en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental. A continuación, se presenta el organigrama general de la empresa *Micro Technologies S.A.*

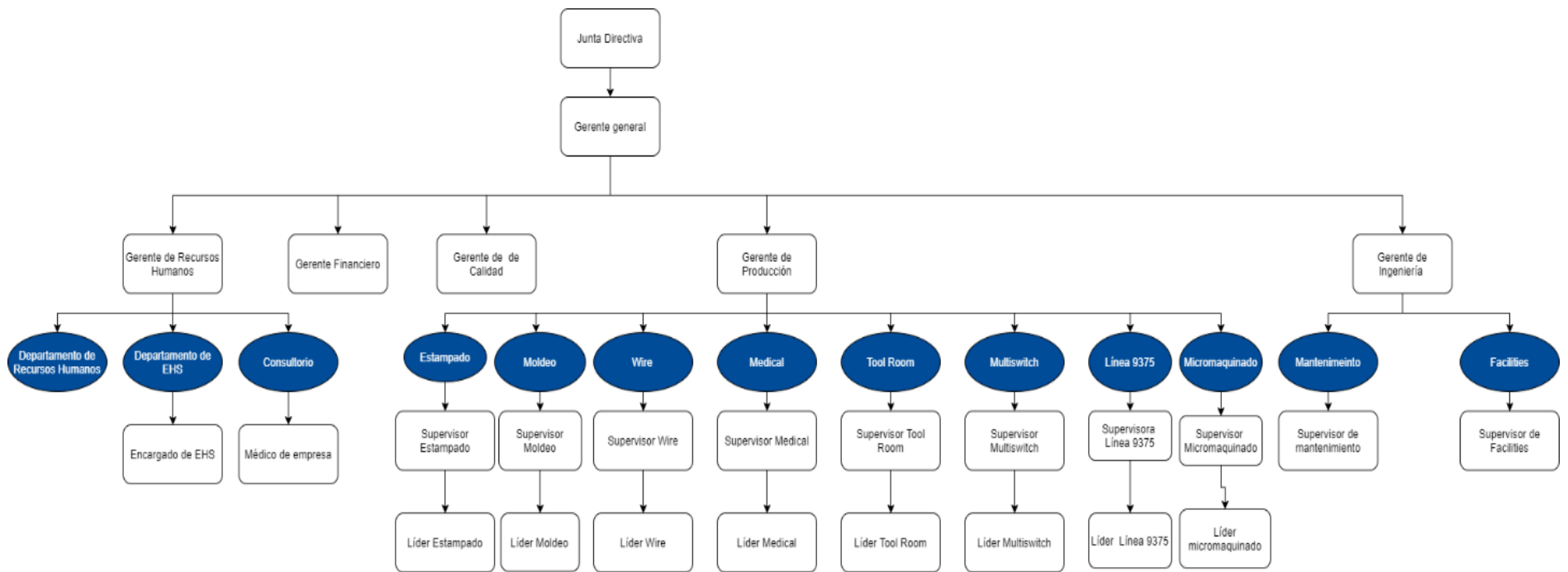


Figura 1. Organigrama general de *Micro Technologies S.A.*

6. Cantidad de empleados

Micro Technologies S.A., cuenta con 533 empleados aproximadamente, ya que la empresa tiene una alta rotación de trabajadores. Los trabajadores están distribuidos de la siguiente manera (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. *Distribución de los trabajadores de Micro Technologies S.A*

Turno	Horario	Cantidad de trabajadores
A	De lunes a sábado de 6:00 a.m. a 2:00 p.m	267
B	2:00 p.m. a 10:00 p.m	158
C	10:00 p.m. a 6:00 a.m.	27
Comprimido	De lunes a viernes de 6:00 a.m. a 4:00 p.m	67
Administrativo	De lunes a viernes de 6:00 a.m. a 4:00 p.m	14

7. Mercado

Instalación corporativa y de manufactura de todos los accesorios, matrices, moldes, herramientas y componentes. *Micro Technologies S.A.*, es fabricante de equipos originales (*Original Equipment Manufacturer*), confección de piezas o componentes como catéteres, switches, sensores, entre otros, que se utilizan en los productos solicitados por otras empresas.

Micro Technologies S.A. es reconocida a nivel mundial como la parte fundamental de innovación para clientes líderes en la industria automotriz, dispositivos médicos, aeroespacial entre otros. La compañía domina en diseño y fabricación de componentes críticos en miniatura que cambian el mercado a través de su uso en plataformas como sistemas de gestión del motor, dispositivos quirúrgicos invasivos y controles de seguridad para ocupantes.

8. Proceso productivo y productos

El proceso productivo de *Micro Technologies S.A.* siempre depende del tipo de producto que desea el cliente, ya que tienen requerimientos y/o especificaciones distintas. No obstante, el proceso siempre inicia cuando el cliente contacta al servicio al cliente donde realiza una orden de trabajo. Seguidamente, la orden de trabajo pasa a manos de los supervisores de las áreas de Tool, Estampado, Moldeo y Micro maquinado y médica (dependiendo del producto) (ver Figura 2. Proceso productivo general de *Micro Technologies S.A.* los cuales se encargan de hacer, moldear, insertar y rellenar las piezas necesarias para el producto. Una vez, creadas las mismas, pasan a las líneas de ensamble (*Wire, Multiswitch* o Médica) que valga la redundancia, ensamblan el producto y después, estos proceden a ser almacenados para finalmente enviarse al cliente.

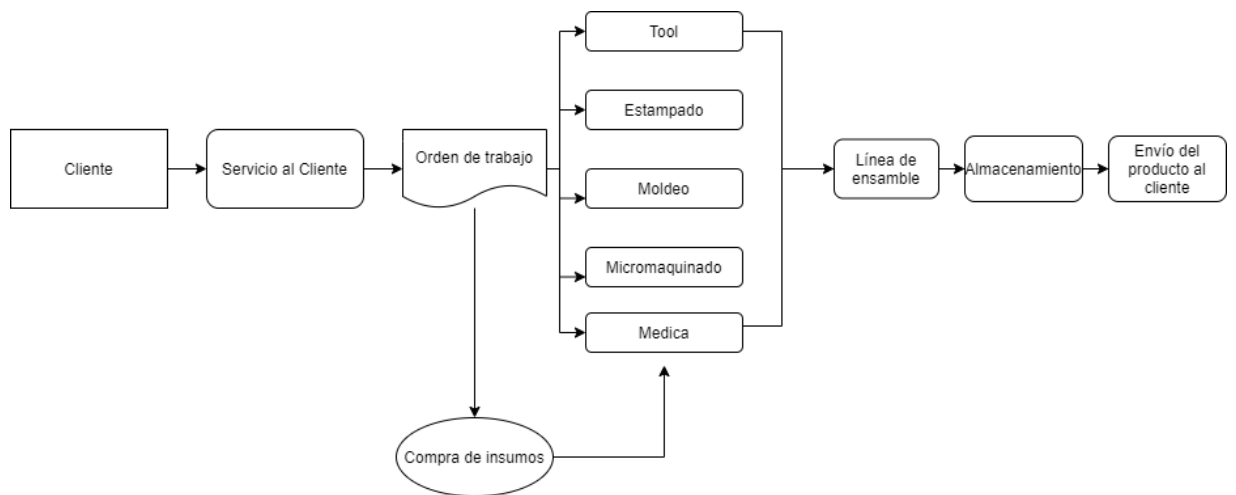


Figura 2. Proceso productivo general de *Micro Technologies S.A.*
Fuente: *Micro Technologies S.A.*

En cuanto a los productos, *Micro Technologies S.A.* se basa en apoyar a los fabricantes de equipo original (OEM por sus siglas en inglés), por lo que la compañía ofrece soluciones ingenieriles que van desde el diseño y materiales disruptivos hasta ensamblados automatizados complejos a escala, de componentes metálicos de

precisión, ensambles de alambre de metal precioso, interruptores y sensores de precisión, micromaquinado y automatización (*Micro Technologies S.A*, 2021).

B. Planteamiento del problema

Los procesos productivos de *Micro Technologies S.A.* se utilizan distintos tipos de máquinas y equipos que suponen niveles de presión sonora. En diciembre del año 2020, la organización solicitó un estudio higiénico de ruido laboral, a raíz de una serie de quejas por parte de los operarios y administrativos. En este estudio se realizaron mediciones ocupacionales dentro de la planta de producción y se determinó que las áreas de *Wire*, Moldeo, Estampado, Médica, *Tool Room*, Micromaquinado, 9375 y *Multiswitch* superan de los 85 dB(A), registrando datos de hasta hasta los 92,0 dB(A), lo cual evidencia el incumplimiento de uno de los criterios del Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones, que indica que no es permitido niveles de presión sonora mayores a 85 dB(A) en ruido continuo, si no se brinda el equipo de protección personal auditivo que logre atenuar hasta los 85 dB (A) o menos. Por esta razón, se busca realizar evaluaciones de ruido que permitan determinar la exposición de los colaboradores y así proponer un programa de prevención y conservación auditiva

C. Justificación

Micro Technologies S.A., es pionera en el uso de tecnología de punta para crear productos de excelente calidad. No obstante, el uso de nuevas herramientas dentro de las áreas de trabajo ha aumentado la presencia de ruido en las empresas (Kacem et al., 2021).

La pérdida de la audición va ligada a la exposición de altos niveles de ruido dentro del lugar de trabajo y es una condición que no es percibida por los trabajadores hasta que este problema se asocia a la pérdida auditiva por la edad y que usualmente se genera de forma gradual (Organización Internacional del Trabajo, 2021). De esta manera, realizar un estudio de ruido dentro de la organización es importante ya que, a pesar de no ser un peligro laboral visible, este se puede escuchar y es uno de los más comunes dentro de las industrias (Suter, 2000).

La Organización Mundial de la Salud (2019), estima que para el año 2050 la cifra de personas con problemas de audición será de casi 2500 millones de personas y más 700 necesitarán rehabilitación. Sin embargo, indican que prevenir, detectar y tratar la pérdida de audición es favorable para las personas en cuanto a costos y beneficios.

Es importante mencionar que, aunque se haya realizado un estudio previo de exposición a ruido ocupacional, el informe entregado por parte de la consultora presenta inconsistencias en la metodología propuesta de mapa de ruido. Ya que, a pesar de haberse indicado que para la toma de datos se utilizó el Decreto Ejecutivo No. 39428-S Reglamento para el control de contaminación por ruido y el Decreto Ejecutivo No 32692-S Procedimiento para la medición de ruido, las mediciones se efectuaron en tres días, pero únicamente por cuatro horas, cuando es necesario realizarlas durante toda la jornada laboral (Robles & Arias, 2015). Además, no todas las zonas tuvieron la misma cantidad de mediciones, ya que algunas de las áreas evaluadas cuentan solamente con un recorrido de los cuatro que realizaron por zona según lo entregado.

Por esta razón se busca obtener nueva información que permita realizar los controles pertinentes como se tenía previsto anteriormente por parte de la organización, para así disminuir el ruido dentro del área de estudio.

La gerencia de *Micro Technologies S.A.*, reconoce la importancia de proteger la salud física, mental y social sus colaboradores dentro de la política de Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, así como el cumplimiento de la legislación vigente en salud ocupacional y ambiente, por lo que comprende que la conservación auditiva para sus trabajadores es primordial e intuye que los daños provocados a lo largo del tiempo pueden llegar a ser permanentes e incapacitantes y puede suponer un costo para la organización.

D. Objetivos

1. Objetivo general

Proponer un programa de prevención y conservación auditiva conforme al cumplimiento de la normativa vigente de exposición a ruido Decreto Ejecutivo No. 39428-S Reglamento para el control de contaminación por ruido, para los colaboradores de la planta de producción de la empresa *Micro Technologies S.A.*

2. Objetivos específicos

- Identificar los factores del proceso productivo y condiciones del local que contribuyen a la exposición ocupacional a ruido en la planta de producción de la empresa *Micro Technologies S.A.*
- Determinar los niveles de presión sonora y exposición ocupacional de los colaboradores de la planta de producción de *Micro Technologies S.A.*
- Diseñar propuestas de control ingenieriles y administrativas integradas en un programa de conservación auditiva para los trabajadores de la planta de producción.

E. Alcances y limitaciones

1. Alcance

Este proyecto propone controles administrativos e ingenieriles que disminuyan los niveles de presión sonora dentro de la planta de producción de la empresa *Micro Technologies S.A.* con el fin de integrarlos a la propuesta del Programa de Prevención y Conservación Auditiva que existe actualmente.

El mapa de ruido realizado en este proyecto es aplicable únicamente para la planta de producción de Costa Rica y abarca las áreas de *Wire*, Moldeo, Micromaquinado, Estampado, *Tool Room*, Línea 9375 y *Multiswitch*.

2. Limitaciones

Durante las evaluaciones de ruido, se debió modificar algunos de los puntos centrales de los cuadrantes de las áreas ya que, se encontraban obstáculos por mantenimiento en las áreas y esto podía variar dependiendo del día.

II. Marco Teórico

El sonido es un fenómeno vibratorio que es percibido por el oído y es creado por la perturbación de un medio elástico por el que se propaga en forma de variación periódica de presión, sobre la presión de la atmósfera (Álvarez, 2021). En otras palabras, el sonido se produce cuando la vibración de un objeto ocasiona variaciones en el aire a su alrededor y dependiendo de las frecuencias, éstas se pueden sentir en diferentes partes del cuerpo como el estómago, la piel y el oído, entre otros (Miyara, 2017).

Por otro lado, el ruido puede definirse como un sonido con niveles excesivamente altos que se cataloga como molesto y desagradable y puede llegar a ser nocivo para la audición (Solarte, 2018). Desde el punto de vista físico, el ruido se define como la propagación de frentes sucesivos de sobrepresiones (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2021).

El Ministerio de Salud Pública de Costa Rica (2000), menciona en el Reglamento de Control de Ruido y Vibraciones, los siguientes tres tipos ruido: el ruido de impacto se cataloga como golpes simples de corta duración, el ruido intermitente es aquel que se ve interrumpido o se detiene, pero después se repite y el ruido continuo es aquel que se mantiene constante.

Ahora bien, la Asociación Americana del Habla, Lenguaje y Audición (2019), clasifica el ruido por los niveles que alcanzan, por lo tanto, un ruido doloroso es aquel que se encuentra entre 150 dB (A) y 120 dB (A), un ruido extremo intenso está en el intervalo de 90 dB (A) y 110 dB(A), un ruido intenso entre 70 dB (A) y 89 dB (A) y un ruido moderado es aquel que se encuentra entre 40 dB (A) y 60 dB (A). Es importante mencionar que los niveles de ruido que son generados dentro de las industrias dependen de ciertos factores como la fuente de ruido, la distancia que exista entre las fuentes y el entorno laboral (Vilniškis, Januševičius, & Baltrėnas, 2020).

La exposición prolongada a ruido en el trabajo tiene repercusiones a salud de los trabajadores, de los cuales se pueden mencionar las alteraciones en las respuestas

fisiológicas y conductuales (Mohammad Javad Golhosseini, Aliabadi, Golmohammadi, Farhadian, Akbari, Hamidi Nahrani, & Samavati, 2021), se le atribuye el aumento de fatiga, la dificultad de concentración y el aumento de errores humanos dentro del campo laboral (Liguori, Ruggiero, Russo, Sommella, & Lundgren, 2021). Además, es una de las causas más frecuentes de los trastornos de audición (Grass, Castañeda, Pérez, & Roca, 2017).

Para lograr prevenir o mitigar este tipo de afecciones en los trabajadores, es importante realizar medidas de prevención y control que permitan que los colaboradores perciban una disminución del nivel de ruido laboral (Carrera, 2020). En el caso de Costa Rica, el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones (2000), menciona que los decibeles dentro del lugar de trabajo no deben propasar los 90 dB(A) para ruidos intermitentes o de impacto y para ruidos continuos no puede ser mayor a 85 dB(A), si los trabajadores no cuentan con equipo de protección personal que atenué esas intensidades.

Liguori, et. al (2021), señala que es obligación legal de las organizaciones gestionar estos niveles de presión sonora. Por lo que la Asociación Española de Normalización y Certificación.(2009), estable una metodología para determinar el nivel de exposición a ruido de los trabajadores de la organización en la ISO 9612: Determinación de la exposición al ruido en el trabajo, esto se logra a través de instrumentos de medición como el sonómetro que permite determinar el nivel de presión acústica (Brosed, 2016) y dosímetro que determina el porcentaje de dosis que percibe un trabajador a nivel de oído durante una jornada laboral (Granados, 2018).

Antes de realizar cualquier medición, se debe realizar un estudio previo dentro de la empresa para determinar las características, conocer proceso productivo, familiarizarse con las máquinas y equipos, para luego elegir la metodología que se adapte al objetivo de estudio y que permita identificar el tipo de ruido, realizar el análisis y proponer los controles necesarios (Robles & Arias, 2015).

Para realizar los controles, Villacis & Andrade (2015), establecen que se deben realizar primero los diseños a la fuente, es decir 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 buscan modificar los equipos, procesos o el entorno de tal forma que no se pueda transmitir la energía sonora a los colaboradores, estos pueden ser de amortiguación, aislamiento, reflexión, sustitución entre otros (3M, 2021). Por otro lado, Gómez, Pérez & Meneses (2008), explican que los controles administrativos son aquellos que permiten reducir el tiempo de exposición de los trabajadores con respecto al agente, entre ellos se puede mencionar políticas, rotaciones del personal, la habilitación de zonas de descanso, capacitaciones entre otros.

Ahora bien, los controles que se vayan a elegir deben ser integrados en un programa de preservación y conservación auditiva siguiendo los requerimientos mínimos para elaborar programas en salud y seguridad de la INTE T29:2016. Este programa además debe incluir educación y motivación, equipo de protección personal necesario, vigilancia a la salud, evaluación del programa y la creación de registros (Sánchez, 2015).

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

III. Metodología

A. Tipo de investigación

El tipo de investigación propuesta para este proyecto fue descriptivo, ya que busca lograr determinar las características y perfiles de los fenómenos que se sometieron al análisis, por ejemplo, personas, procesos, objetos, entre otros (Hernández et al., 2014). Se buscó recopilar información por medio de métodos de observación cualitativa y cuantitativa y de este modo se obtuvo una comprensión más exacta de la realidad con respecto al ruido dentro de la empresa (Alban, Arguello, & Molina, 2020).

1. Fuentes de información

a) Fuentes primarias

- Información brindada por el departamento de Ambiente, Salud y Seguridad (EHS, por sus siglas en inglés) de la empresa, así como de los supervisores de *Wire*, Moldeo, Estampado, *Tool Room*, Micromáquinado, 9375 y *Multiswitch*.
- Normativas
 - Norma INTE/ISO 9612:2016: Determinación de la exposición ocupacional al ruido ocupacional.
 - Norma INTE 31-08-02-97: Determinación del nivel sonoro continuo equivalente en los centros de trabajo.
 - NTP 270: Evaluación de la exposición a ruido. Determinación de los niveles representativos.
 - NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico.
 - NTP 960. Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización.
- Reglamentos

- Ministerio de Salud Pública de Costa Rica. Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones.

b) Fuentes secundarias

- Protocolo para la medición del ruido impulsivo en los lugares de trabajo.
- Metodologías de evaluación: Exposición ocupacional a ruido y casos de análisis en agentes ambientales físicos.
- Proyectos de graduación
 - Programa de Conservación Auditiva para el Proceso de Laminación de la Planta AcelorMittal Guápiles, por Sánchez-Arce, Brayan Mauricio, 2015.
 - Control de la exposición a niveles de presión sonora en el Área de Corte y Estirado de la empresa Creganna Medical, Costa Rica, por Brosed-Lizano, María Pilar, 2016.
 - Propuesta de un programa de conservación auditiva para los colaboradores del área de Machine Shop de la Empresa Vitec Videocom, por Vargas-Gómez, María de los Ángeles, 2014.
 - Estudio exploratorio de las condiciones de ruido en el departamento de envasado de Industrial de Oleaginosas Americanas S.A., por Salazar-Ochoa, Jeffrey, 2018.

c) Fuentes terciarias

- Bases de datos suscritas del Instituto Tecnológico de Costa Rica
 - Ebrary
 - Aenor
 - e-libro
 - EBSCO
 - Springer Link
 - Scopus
 - Elsevier

- Google Académico

B. Población y muestra

La empresa cuenta con un total de 533 colaboradores (según consulta realizada en mayo de 2021) y la cantidad de operarios que se encuentran en la planta de producción (exceptuando a los 14 administrativos) es un total de 519. El turno de trabajo en donde se encuentra la mayoría de las personas al mismo tiempo en la planta de producción es el turno A, jornada de trabajo diurna (6:00 a.m. a 2:00 p.m.) con un total de 267, debido a esto, se encuentran involucradas la máxima cantidad de máquinas y procesos funcionando a la misma vez.

Para la identificación de los posibles factores del proceso productivo y condiciones del local que contribuyen a la exposición ocupacional a ruido se aplicó la herramienta: Cuestionario de confort acústico del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, a una muestra de 55 operarios de la planta de producción de *Micro Technologies S.A.* (método no probabilístico) los cuales fueron seleccionados de forma aleatoria/ al azar para mantener la distribución de los datos y reducir cualquier sesgo.

El cálculo de la muestra se realizó por medio de la siguiente formula:

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

Villavicencio et al, 2017

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza (90 %, para un valor de 1.64)

p = proporción de la característica deseada (éxito) (0.5)

E = Nivel de error (10 %)

N = Tamaño de la población (267)

Dicho lo anterior, se realizó la división proporcional de la muestra por subáreas para la aplicación de cuestionario sobre confort acústico (ver Apéndice 5) de la siguiente manera (ver Cuadro 2):

Cuadro 2. *Distribución de muestras por subáreas*

Subárea	Muestra
Estampado	3
Moldeo	5
<i>Wire</i>	2
<i>Tool Room</i>	2
Micromaquinado	2
Multiswitch	12
Línea	29
Total	55

La aplicación de las entrevistas semiestructuradas al personal de mantenimiento se efectuó a conveniencia y se aplicó únicamente al supervisor del departamento de mantenimiento para obtener toda la información que se requiere en cuanto a las máquinas y equipos y sus características. De igual forma, se aplicó el mismo principio para las entrevistas del médico de la empresa y del encargado de EHS.

C. Estrategia de muestreo

1. Mapa de ruido

Para la evaluación del mapa de ruido se tomó en cuenta la información recolectada en el punto B, además se aplicó una encuesta higiénica a los supervisores de cada área, para identificar los días de mayor producción, condiciones, cantidad de personas, naturaleza del trabajo y fuentes de ruido, en total se realizaron siete encuestas. Luego de establecer los parámetros de medición, se procedió a realizar la división del croquis de la planta en cuadrantes de 50 metros cuadrados los cuales tiene

una dimensión de 10 metros de largo por 5 metros de ancho, (tomando en cuenta la posibilidad de encontrar obstáculos en algunos de los cuadrantes, si esto ocurre se deberán tomar los datos desde el punto más cercano del centro) y las mediciones de presión sonora se tomaron cada hora durante toda la jornada de trabajo (turno A, 6:00 a.m. a 2:00 p.m.) obtenidas con un sonómetro con las siguientes especificaciones (ver Cuadro 3)

Cuadro 3. Especificaciones del Sonómetro

Sonómetro	
Marca	3M
Modelo	SoundPro SE/DL
Clase	Tipo 2
Ponderación	A,C,Z,F
Tiempo de respuesta	F,S,I
Tipo de aplicación	Leq,SPL MAX,MIN,Peak
Rango	0-140 dB
Sensibilidad	-28

Cabe recalcar que se utilizó un calibrador acústico (ver **Cuadro 4**) antes de realizar las mediciones, para corroborar que el equipo se encontraba en las condiciones ideales.

Cuadro 4. Especificaciones del Calibrador Acústico

Calibrador Acústico	
Marca	3M
Modelo	AC-300
Clase	Tipo 1
Frecuencia	250 Hz,1000 Hz
Nivel de presión acústica	114 dB

2. Medición puntual de la fuente

Para la aplicación de la metodología de evaluación puntual de la fuente, se eligió el cuadrante 6 del área de estampado ya que es el cuadrante que presenta el nivel de

presión sonora superior a 88 (A) y en el que se encuentra una fuente emisora de ruido. El día que se realizó la evaluación, se tuvo en cuenta la cantidad de máquinas en funcionamiento y el nivel de producción de los tres días.

3. Dosimetrías

Además, se llevó a cabo un muestreo de exposición ocupacional por medio de dosimetrías, mediante la metodología de jornada completa, durante tres días a los trabajadores del área de estampado, tomando en cuenta la cantidad de dosímetros que cuenta la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental (en este caso se utilizaron tres dosímetros). A continuación, se presentan las especificaciones de los dosímetros utilizados (ver Cuadro 5).

Cuadro 5. Especificaciones del dosímetro

Dosímetros	
Marca	EXTECH
Modelo	SL355
Normas aplicables	IEC 61672-2013 y ANSI/ASA S1.4/Parte 1, IEC 61252:2000, ANSI S1.25, IEC 60651 – 1979, IEC 60804 – 2000, ANSI S1.43 - 1997
Micrófono	Micrófono condensador electret de 1/2 pulgada con cable integrado de 31 pulgadas
Ponderación	A,C,z
Tipo de respuestas	F,S
Tiempo de estabilización	10 segundos después de encender el medidor
Niveles de umbral y criterio	Nivel de umbral: 70 – 90dB en pasos de 1dB; Nivel de criterio: 80, 84, 85 ó 90dB.

Para llevar a cabo todas las evaluaciones de ruido se requirieron aproximadamente dos semanas y media.

D. Operacionalización de las variables

Cuadro 6. Operacionalización de variables del objetivo 1. Identificar los posibles factores del proceso productivo y condiciones del local que contribuyen a la exposición ocupacional a ruido en la planta de producción de la empresa.

Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramientas/Instrumentos
Posibles factores del proceso productivo y condiciones del local que contribuyen a la exposición ocupacional a ruido	Son aquellas características del proceso productivo y condiciones local que pueden generar un aumento de los decibeles a los que están expuestos los trabajadores de la planta de producción de la empresa <i>Micro Technologies S.A.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de exposición a ruido • Número de fuentes que emiten ruido • Número de trabajadores expuestos • Grado de percepción de ruido por parte de los trabajadores del área 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario sobre confort acústico basada en la herramienta creada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Apartados 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. • Bitácora de muestreo
		<ul style="list-style-type: none"> • Períodos de descanso. • Nivel de producción 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta higiénica
		<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de máquinas y equipos • Cantidad de tiempo que tienen las máquinas y equipos dentro de la empresa • Frecuencia de mantenimiento de las máquinas y equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista semiestructurada al supervisor de mantenimiento.

		<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad audiometrías realizadas a los operarios de la planta de producción de <i>Micro Technologies</i> S.A. • Frecuencia de las audiometrías 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista semiestructurada al médico de empresa.
		<ul style="list-style-type: none"> • Número de trabajadores que utilizan protección auditiva y las características de los mismos. • Cantidad de capacitaciones relacionadas a ruido. • Cantidad de medidas de prevención a la exposición a ruido que existen actualmente 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevista semiestructurada al encargado de EHS • Matriz de necesidades de capacitación
		<ul style="list-style-type: none"> • Constante de local • Coeficiente de absorción de los materiales. • Área superficial de cada material 	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de los materiales estructurales y sus características acústicas. • Cálculo de la constante de local. • Cálculo del coeficiente de absorción de los materiales.

Cuadro 7. Operacionalización de variables del objetivo 2 Determinar los niveles de presión sonora y exposición ocupacional de los colaboradores de la planta de producción de *Micro Technologies S.A.*

Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramientas/Instrumentos
Niveles de presión sonora presentes dentro del área de estudio y asociados al proceso productivo	Se refiere a la intensidad del ruido producto de la naturaleza del proceso productivo. Aproveche para contextualizar el tipo de maquinaria y características del proceso que influyen	<ul style="list-style-type: none"> Decibeles (A) captados por el sonómetro según las áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> Bitácora de muestreo
		<ul style="list-style-type: none"> Promedio logarítmico del nivel de presión sonora dB(A) dentro del área de interés Frecuencias emitidas por las máquinas y equipos 	<ul style="list-style-type: none"> Bitácora de muestreo Metodología Medición puntual de la fuente
		<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de cuadrantes para realizar el mapa de ruido Niveles de presión sonora distribuidos por cuadrante 	<ul style="list-style-type: none"> Croquis del área de interés. Metodología Mapa de ruido
		<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de cumplimiento de los requisitos legales del programa 	<ul style="list-style-type: none"> Lista de verificación basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541
		<ul style="list-style-type: none"> Atenuación en dB (A) del Equipo de Protección Personal 	<ul style="list-style-type: none"> Método OSHA para valoración del Equipo de Protección Auditiva

Niveles de presión sonora a los que están expuestos los operarios	Es la intensidad del ruido que llega a los trabajadores.	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de exposición diaria de los trabajadores en una jornada laboral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación personal de la exposición de ruido (Dosimetría) • Bitácora de muestreo • INTE/ISO 9612:2016 Determinación de la exposición al ruido ocupacional. Método de ingeniería.
---	--	---	---

Cuadro 8. Operacionalización de variables del objetivo 3 Diseñar propuestas de control ingenieriles y administrativas integradas en un programa de conservación auditiva para los trabajadores de la planta de producción.

Variable	Conceptualización	Indicadores	Herramientas/Instrumentos
Controles ingenieriles y administrativos integrados en un programa de prevención y conservación auditiva	Son aquellos cambios que se engloban dentro de un programa de prevención y conservación auditiva para los trabajadores de la planta de producción de <i>Micro Technologies S.A.</i> que permiten reducir y/o controlar los riesgos presentes	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de requerimientos mínimos que abarca el programa 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de diseño NIOSH: Prevención ocupacional de la pérdida auditiva y el formato de la empresa. • Guía de diseño de OSHA 3074: <i>Hearing Conservation</i>
		<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de recurso humano necesario para la aplicación del programa 	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de involucrados internos
		<ul style="list-style-type: none"> • Número de responsabilidades para los involucrados del programa 	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de asignación de responsabilidades (RACI)

		<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de temas de ruido que deben abarcarse en <i>Micro Technologies S.A.</i> • Cantidad de capacitaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de planificación de capacitaciones
		<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de propuestas de diseño de mitigación para ruido. • Cantidad de requisitos necesarios para seleccionar las propuestas de diseño administrativas e ingenieriles 	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz comparativa de diseños propuestas de control administrativas • Matriz comparativa de diseños de propuestas de control ingenieriles.
		<ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto del programa 	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de presupuesto
		<ul style="list-style-type: none"> • Cronograma de implementación del programa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Gantt

E. Descripción de instrumentos de investigación

1. Objetivo específico 1

a) Cuestionario de confort acústico

Es un cuestionario compuesto por siete preguntas y busca recopilar información a través de la opinión de los colaboradores con respecto al ruido, las condiciones de trabajo por medio de la descripción de la tarea y la caracterización del agente físico (ver). Esta herramienta permite identificar las posibles fuentes generadoras de ruido y evalúa la exposición de los trabajadores (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, s.f.). Con respecto a la aplicación, esta se realizará de forma presencial (ver **Apéndice 5**).

Con respecto a la validación de la herramienta, la misma se realizó con una persona del departamento de recursos humanos y una persona del área de bodega.

b) Bitácora de muestreo

La bitácora de muestreo permite recolectar información que se observa en el momento, sin que se involucre en algún momento la persona que investiga (ver **Apéndice 6**).

c) Encuesta higiénica

Es una herramienta que permite recopilar información relacionada a la presencia de ruido dentro del lugar de estudio como lo son las fuentes generadoras de ruido, procesos, naturaleza de las tareas, así como las características del local de trabajo antes de realizar las mediciones (ver **Apéndice 7**). Esta se realizará a los supervisores de las áreas de *Wire*, Moldeo, Estampado, *Tool Room*, Micromaquinado, Línea 9375 y *Multiswtich* (líneas de ensamble).

La validación de esta herramienta se realizó junto con el asesor industrial del proyecto.

d) Entrevistas semi estructuradas

Las entrevistas semiestructuradas siguen la estructura básica de una entrevista, sin embargo, éstas mantienen un grado de flexibilidad que le permite al entrevistador aprovechar su creatividad para continuar con las preguntas. A continuación, se describe cada entrevista:

(1) Entrevista semi estructurada al supervisor de mantenimiento

Con esta entrevista se busca recolectar información con respecto a la cantidad de máquinas y equipos que contiene la planta de producción, la antigüedad de estos, así como la frecuencia de mantenimiento de los mismos (ver Apéndice 8).

(2) Entrevista semi estructurada al encargado de EHS

Esta busca obtener información acerca de la cantidad de trabajadores que utilizan equipo de protección personal y la cantidad de capacitaciones relacionadas a ruido que han sido realizadas en la empresa (ver Apéndice 9).

La validación de las herramientas se realizó con dos colaboradores del área de bodega.

e) Matriz de necesidades de capacitación

Esta herramienta permite ordenar las necesidades de capacitación con respecto a ruido de los trabajadores de la planta.

f) Matriz de los materiales estructurales y sus características acústicas

Esta herramienta busca realizar una lista de los materiales estructurales con los que cuenta la planta y así asignar las características acústicas de cada una (ver Apéndice 10).

2. Objetivo específico 2

a) Bitácora de muestreo para niveles de presión sonora

Este instrumento permite ordenar los datos recolectados durante la fase de muestreo, además, aquí se incluyen las observaciones que podrían afectar este proceso, las horas de cada medición y el responsable. Este permite llevar un registro ordenado y así conocer las condiciones en las que se han realizado las mediciones (ver Apéndice 2)

b) Medición puntual de la fuente

Esta metodología permite determinar la medición del nivel pico donde se espera que la acústica instantánea alcance su punto más alto. Además, permite caracterizar el modo en el que la fuente emite el sonido (Robles & Arias, 2015).

c) Croquis de la planta de producción

Es la representación gráfica del lugar/área de interés donde se representan sus características en cuanto a largo, ancho y alto. Esto permite dividir el área en cuadrantes, lo que ayudará a determinar el recorrido en forma de S para la recolección de los datos (ver Apéndice 1)

d) Metodología de Mapa de Ruido

Determina las características de distribución de las ondas sonoras dentro del local. Además, permite tener una representación gráfica de los espacios más críticos y asociarlo con el proceso productivo y la localización de las máquinas y equipos (Robles & Arias, 2015). Además, esta metodología permite determinar por medio de colores el rango de clasificación (ver Cuadro 9).

Cuadro 9. Rango de Clasificación de dB (A)

Rango de Clasificación	
Rango dB (A)	Color
70,0-80,9	Verde
81,0-84,9	Amarillo
85,0-90,9	Rojo
91,0-95,0	Naranja

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

La lista de verificación busca determinar la cantidad de artículos del reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones Decreto N° 10541 que la empresa está o no incumpliendo o aquellos que no aplican para el programa (ver Apéndice 11).

f) Metodología Evaluación personal de la exposición de ruido Dosimetría

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.

g) Bitácora de muestreo para niveles de presión sonora a la que están expuestos los trabajadores

Este instrumento permite ordenar los datos recolectados durante la fase de muestreo personal, donde, además, se incluyen las observaciones que podrían afectar este proceso, las horas de cada medición y el responsable para así conocer las condiciones en las que se han realizado las mediciones (ver Apéndice 12)

h) Método OSHA para valoración del Equipo de Protección Auditiva

La metodología propuesta por Occupational Safety and Health Administration (OSHA por sus siglas en inglés) (ver

Apéndice 13), permite determinar la efectividad de equipo de protección personal

Evaluación del equipo de protección persona 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

auditiva (EPA) para disminuir los niveles de presión sonora recibidos por el oído de los colaboradores.

i) INTE/ISO 9612:2016 Determinación de la exposición al ruido ocupacional. Método de ingeniería.

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.

3. Objetivo específico 3

a) Guía de diseño OSHA 3074

Brinda los componentes necesarios que debe contener un programa de conservación auditiva. La misma fue elaborada por *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA, por sus siglas en inglés).

b) Guía de diseño NIOSH: Prevención ocupacional de la pérdida auditiva y el formato de la empresa

Esta guía fue elaborada por Instituto Nacional para la Seguridad y Salud y brinda los componentes necesarios que debe contener un programa de conservación auditiva.

c) Matriz de involucrados internos

Herramienta que permite definir los involucrados internos de la empresa necesarios para la aplicación del programa de prevención y conservación auditiva, en cuanto a las tareas y las capacidades de estos (ver Apéndice 14).

d) Matriz de asignación de responsabilidades (RACI)

Herramienta que permite establecer las responsabilidades de quienes participan (involucrados internos) en una actividad determinada dentro del programa de prevención y 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 15).

e) Matriz de planificación de capacitaciones

Esta herramienta permite ordenar la información como objetivos, temas, recursos (económicos y humanos), tiempo necesario para realizar las capacitaciones y los métodos de evaluación necesaria para realizar las capacitaciones (ver Apéndice 16).

f) Diagrama de Gantt para el cronograma de implementación del programa

Esta herramienta permite representar de manera gráfica el tiempo necesario para realizar las tareas necesarias para realizar el programa de prevención y conservación auditiva.

g) Matriz comparativa de diseños de propuestas de control administrativas

Esta herramienta busca colocar todos los requerimientos y aspectos necesarios como estándares, recursos económicos, componentes ambientales, sociales y culturales necesarios para realizar una comparación de los controles propuestos, de modo que permita seleccionar el diseño más factible en cuanto a controles administrativos (ver Apéndice 17).

h) Matriz comparativa de diseños de propuestas de control ingenieriles.

Esta herramienta busca colocar todos los requerimientos y aspectos necesarios como estándares, recursos económicos, componentes ambientales, sociales y culturales necesarios para realizar una comparación de los controles propuestos, de modo que permita seleccionar el diseño más factible en cuanto a controles ingenieriles (ver Apéndice 17).

i) Matriz de presupuesto

Esta matriz permitirá realizar las estimaciones financieras para el Programa de Prevención y Conservación auditiva (ver Apéndice 18).

F. Plan de análisis

A continuación, se presenta el plan de análisis de manera gráfica (ver Figura 3).

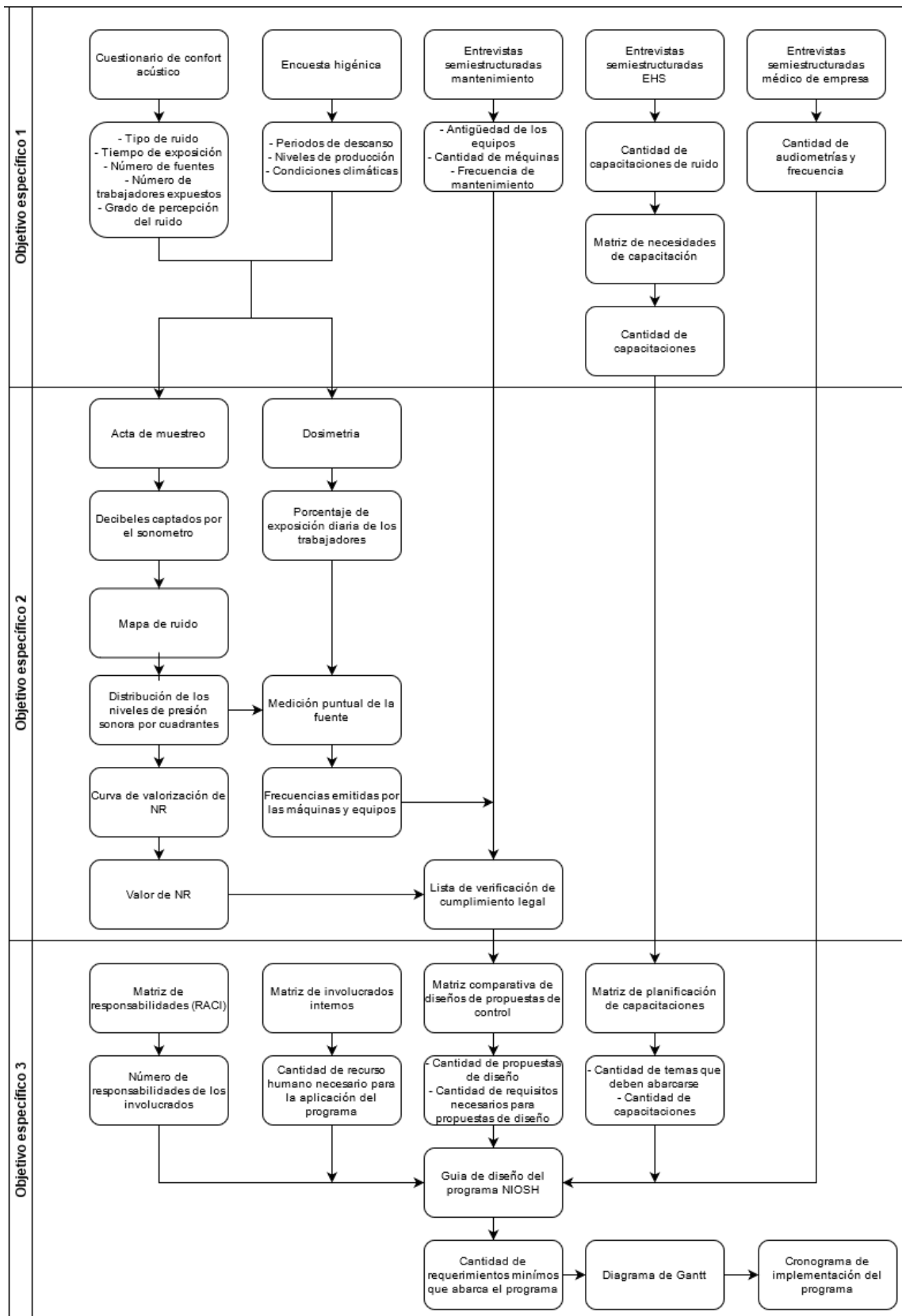


Figura 3. Plan de análisis

1. Objetivo específico 1

El primer objetivo tiene como variable de estudio, los posibles factores del proceso productivo y condiciones del local que contribuyen a la exposición ocupacional a ruido, esto con el fin de determinar las características de la organización en cuanto a tipo de ruido que se encuentra en el lugar, tiempo de exposición de los trabajadores, el número de fuentes que emiten el ruido y las opiniones del personal sobre ruido. Por esta razón, se aplicó un cuestionario de confort acústico (ver Apéndice 5) para obtener dicha información. Seguidamente se aplicó una encuesta higiénica (ver Apéndice 7) para determinar los periodos de descanso y el nivel de producción. Posteriormente, se llevó a cabo la entrevista semiestructurada al supervisor de mantenimiento (ver Apéndice 8) para recolectar información acerca de las máquinas y equipos en cuanto a antigüedad, condición, características acústicas y las características acústicas del material estructural.

Una vez recopilada la información, se utilizaron gráficos de pastel para mostrar las proporciones de las respuestas obtenidas en el cuestionario para confort acústico.

Con respecto a la entrevista semiestructurada al médico de empresa se buscaba conocer la cantidad de audiometrías que se han realizado los trabajadores de la empresa y la frecuencia de éstas. Ahora bien, la entrevista semiestructurada al encargado de *EHS* (ver Apéndice 9) pretendía obtener información en cuanto a la cantidad de medidas adoptadas por la organización en tema de prevención a exposición a ruido, así como la cantidad de capacitaciones que han realizado dentro de la empresa en tema de ruido, esto con el fin de conocer las necesidades de capacitación para el programa.

Para lograr caracterizar la estructura del área de estampado se realizó una matriz de materiales estructurales con sus respectivas características acústicas (Apéndice 10). Para esto fue necesario efectuar las mediciones de las áreas de cada material de construcción y asignar el coeficiente de absorción de cada uno con el fin de conocer la capacidad de absorción del área total. Esto se obtuvo realizando el

cálculo del coeficiente de absorción por el área en metros cuadrados. 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 respectivo coeficiente de absorción acústica y se aplicaron las siguientes formulas:

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

Fórmula del coeficiente de absorción medio:

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

Donde:

R: constante del local

α : coeficiente del material

α_m : coeficiente medio

S: área de la superficie en metros cuadrados

Lo anterior permitió definir si la planta de producción de *Micro Technologies S.A.*, absorbe o refleja el ruido.

2. Objetivo específico 2

La primera variable del segundo objetivo específico son los niveles de presión sonora que se encuentran presentes dentro del área de estudio y están asociados al proceso, esto con el fin de determinar las zonas con mayor nivel de presión sonora y las frecuencias emitidas por las máquinas y equipos. Para ello se realizó lo siguiente:

a) Mapa de ruido

Con el fin de conocer la distribución de las ondas sonoras dentro de la planta de *Micro Technologies S.A.*, se aplicó la metodología de mapa de ruido, la cual consiste en dividir el plano o croquis del lugar, en cuadrantes que van de los 30 m² a 50 m² marcando el centro y numerándolos de modo que permita realizar el recorrido formando una “S”.

En este caso, se formaron 64 cuadrantes de 10 metros por 5 metros y se marcaron los centros de cada uno, con el fin de realizar las mediciones en los mismos puntos durante los tres días. Para la recolección de los datos, el sonómetro se configuró con el tipo de respuesta *Slow* (S) y con la ponderación A colocando el instrumento con una inclinación de 70 grados a una altura de 1.5 metros.

Una vez iniciado el recorrido, se colocaron los datos de los 64 cuadrantes en la bitácora de muestreo (ver Apéndice 6). Cada recorrido se realizó en una hora y cuatro minutos, para un total de siete recorridos, durante tres días.

Después de obtener las mediciones de los tres días, se calculó el promedio logarítmico del nivel de presión sonora en dB(A) con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$\overline{L_p}$: Promedio de nivel de presión sonora

N : Número de recorridos

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

Finalmente, se utilizó el rango de clasificación por colores (ver Cuadro 9) para identificar las áreas críticas de la planta, es decir aquella que superan los 85 dB (A) para ruido continuo, según el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones.

b) Medición puntual a la fuente

Para la medición puntual a la fuente, se eligió el área de estampado ya que todos los cuadrantes ubicados dentro de la zona se clasifican como críticos, además, tres de los cuadrantes con mayor nivel de presión sonora cuentan con la misma máquina dentro de ellos y ha sido motivo de queja por parte de los trabajadores que las operan. Es importante mencionar el ruido generado por parte de las máquinas es continuo.

Dicho lo anterior, se eligió la máquina ubicada en el cuadrante número tres, a la cual se le aplicó la metodología de medición puntual a la fuente. Esta metodología consiste en lo siguiente:

1. Identificar la fuente.
2. Trazar ejes y círculos concéntricos alrededor de la fuente.
3. Marcar la intersección y enumerarlas.
4. Toma de datos en cada punto.

Una vez realizado los pasos mencionados anteriormente, se debe realizar un barrido de frecuencias de 125 Hz a 8000 Hz, en el punto más alto. Esto permitió caracterizar el patrón de emisión de los niveles de presión sonora de la fuente seleccionada.

De igual forma se utilizó la bitácora de muestreo (ver Apéndice 6) para tener una mejor visualización de los datos y donde se anotaron otras observaciones que surgieron durante la recolección, las cuales son necesarias para interpretar los mismos.

Ahora bien, la segunda variable del segundo objetivo son los niveles de presión sonora a los que están expuestos los operarios. Con esto se buscaba determinar el porcentaje de exposición diaria que reciben los colaboradores de las áreas más críticas, para ello se aplicó lo siguiente:

a) Dosimetría

De igual forma, se eligió el área de estampado para realizar las dosimetrías, ya que en esta zona se encuentra un grupo de exposición homogéneo de trabajadores, considerando que las tareas que realizan son similares y que se encuentran bajo las mismas fuentes de ruido. En este caso, se eligieron a tres personas para las evaluaciones.

Las dosimetrías se realizaron siguiendo la metodología de jornada completa según la INTE/ISO 9612:2016, por lo que la recolección de datos se dio en tres días durante ocho horas. Con respecto a la colocación de los dosímetros previamente calibrados, estos fueron colocados en la pretina del pantalón y los micrófonos a 0,4 metros arriba del hombro y a 0,1 metros del canal auditivo externo, evitando el roce con la camisa para evitar falsos resultados, al inicio de la jornada. Además, se utilizó la bitácora de muestreo (ver Apéndice 12) para colocar los datos y las observaciones pertinentes.

Una vez obtenidos los datos, se utilizó la siguiente fórmula para obtener el nivel de exposición al ruido diario ponderado:

$$L_{EX,8h} = L_{p,Aeq,Te} + 10\log\left(\frac{T_e}{T_0}\right)dB$$

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

Como se realizaron las mediciones durante tres días, se utilizó la siguiente fórmula para conocer la media energética de las nueve mediciones:

$$L_{p,A,eq,Te} = 10\log\left(\frac{1}{N}\sum_{n=1}^N 10^{0.1L_{p,A,eq,T,n}}\right)$$

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

b) Método OSHA para la valorización del equipo de protección auditiva (EPA)

Con respecto a la valorización del equipo de protección auditiva, se calculó la atenuación brindada por el mismo con el fin de determinar si el EPA reduce el ruido percibido por los trabajadores por medio del método OSHA (ver Apéndice 13).

c) Porcentaje de cumplimiento de los requisitos legales

Además, 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 11) basada en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541 (ver Anexo 2).

3. Objetivo específico 3

La variable del tercer objetivo específico son los controles ingenieriles y administrativos integrados en un programa de prevención y conservación auditiva en relación con los resultados de los objetivos anteriores. Para esto se utiliza la guía de diseño de NIOSH: las mejores prácticas para la prevención de la pérdida auditiva y la Guía de diseño de OSHA 3074 para establecer los requerimientos mínimos del programa.

Además, se hace uso de una matriz de involucrados internos (ver Apéndice 14) para determinar la cantidad de recurso humano necesario para la aplicación del programa, así como una matriz RACI (ver Apéndice 15) para la asignación de

responsabilidades. De igual forma, se realiza una matriz de planificación de capacitaciones (ver Apéndice 16) para determinar la cantidad de capacitaciones necesarias y la cantidad de temas que deben abarcarse.

Para determinar el diseño más factible se desarrolla una matriz comparativa de diseños de propuestas de control administrativas e ingenieriles (ver Apéndice 17) con el fin de determinar la cantidad de propuestas de diseño y la cantidad de requisitos necesarios para seleccionar las propuestas de diseño administrativas e ingenieriles en cuanto a estándares, recursos económicos, componentes ambientales, sociales y culturales.

De igual forma, se utiliza una matriz de presupuesto (ver Apéndice 18) que incluya la información de las cotizaciones de los recursos necesarios para aplicar el programa de prevención y conservación auditiva, así como un diagrama de Gantt para determinar las tareas y el tiempo necesario para realizar las mismas.

IV. Análisis de la situación actual

Este proyecto se realizó en la planta de producción de *Micro Technologies S.A.*, específicamente en las áreas de Estampado, Moldeo, *Wire*, Micromaquinado, *Tool Room*, *Multiswitch* y la Línea 9375. A continuación, se presenta la situación actual de la empresa en cuanto a la exposición ocupacional a ruido.

A. Identificación de los posibles factores del proceso productivo y condiciones del local

1. Tiempo de exposición a ruido

Los trabajadores de la planta de producción cumplen una jornada laboral de ocho horas diarias, en el horario de 6:00 am a 2:00 pm de lunes a sábado. Durante la jornada, todos cuentan con un espacio para el desayuno de 15 minutos y otro de 30 minutos para el almuerzo. Dicho lo anterior, el tiempo de exposición total a ruido es de 7,25 horas.

2. Número de trabajadores expuestos

Los trabajadores que se encuentran laborando en el horario mencionando anteriormente, son 267 en total, los cuales se distribuyen de la siguiente manera (ver Figura 4): 18 en Estampado, 36 en Moldeo, 16 en *Wire*, 17 en *Tool Room*, 12 en Micromaquinado, 89 en *Multiswitch* y 79 en Línea 9375.

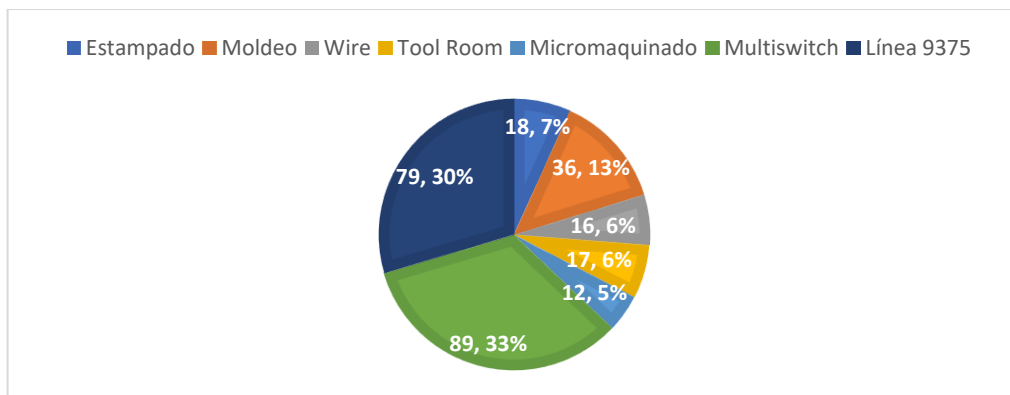


Figura 4. Número de trabajadores por área

3. Grado de percepción de ruido por parte de los trabajadores

Con respecto al grado de percepción de ruido por parte de los trabajadores, este se determinó con el cuestionario para confort acústico (ver Apéndice 5), donde el 27.3% de los encuestados, consideran que les molesta mucho el ruido en su puesto de trabajo. No obstante, aquellos que indicaron que no les molesta nada el ruido en su puesto de trabajo (21,8%), mencionaron que esta situación se debe a que ya están acostumbrados al mismo (ver Figura 5).

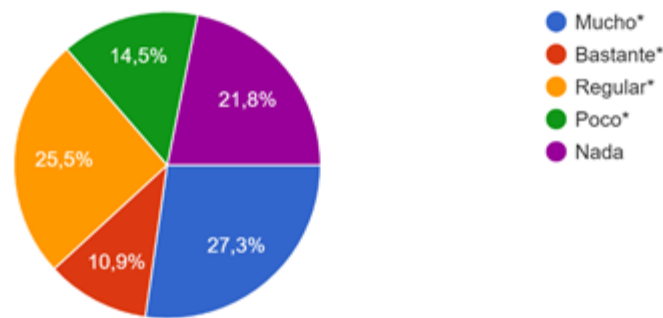


Figura 5. *Percepción de molestia al ruido de los trabajadores*

Además, cabe recalcar que, de los trabajadores encuestados, el 67,3% considera que ruido es molesto siempre, es decir desde el inicio de su jornada (6:00 a.m.) hasta el final de la misma (2:00 p.m.), el 12.7% piensa que el ruido es molesto más de media jornada, el 9.1% cree que el ruido es molesto entre la media y la cuarta parte de la jornada, el 3.6% considera que es molesto menos de la cuarta parte de la jornada y el 7.3% indica que no es nada molesto (ver Figura 6).



Figura 6. *Momento de la jornada que los trabajadores consideran que el ruido es más molesto.*

Como se puede observar en la Figura 6, la percepción de ruido por parte de los colaboradores varía, ya que los mismos se encuentran distribuidos en distintas áreas donde se encuentran diferentes tipos máquinas/equipos generando ruido. Sin embargo, solo el 9,1% de los encuestados considera que se les dificulta mucho concentrarse en su trabajo a causa del ruido (ver Figura 7). Es importante mencionar, que, al realizar esta pregunta, la mayoría de los encuestados exteriorizan que, al ya contar con antigüedad en el puesto, se les facilita ignorar el ruido por lo que no interfiere con sus tareas.

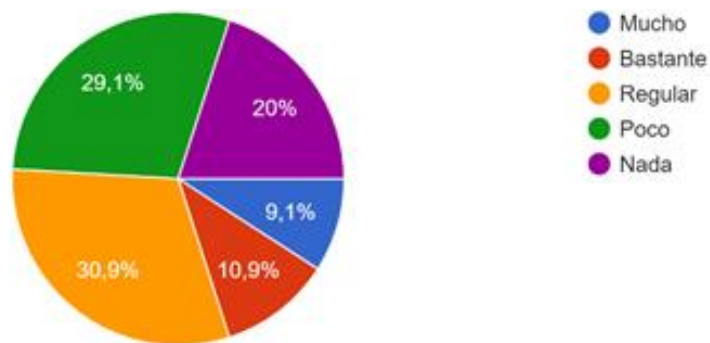


Figura 7. *Dificultad para concentrarse en el trabajo a causa del ruido*

De igual forma, se les preguntó a los colaboradores si era necesario elevar el tono de voz para lograr hacerse entender durante el desarrollo de sus tareas, a lo que el 68.5% indicó que deben elevar mucho el tono de voz, el 16.7% menciona que deben hacerlo bastante, el 5.5% considera que lo hacen de manera regular y el 9,3% lo hace poco (ver Figura 8).

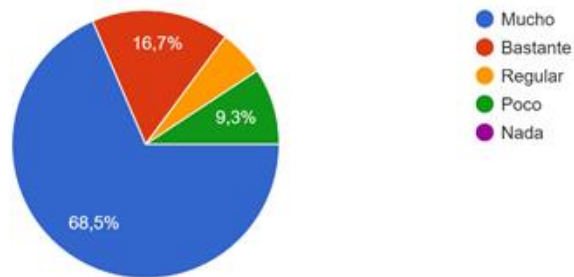


Figura 8. *Percepción de los trabajadores en cuanto a la intensidad con la que deben elevar el tono de voz*

Cabe recalcar que las máquinas/equipos (dependiendo del área) se mantienen encendidas las 24 horas del día por lo que los operarios deben utilizar los tapones auditivos reutilizables (modelo: Tapón auditivo reutilizable serie 1291/37185) toda la jornada y además a raíz de la emergencia por el virus SARS-COV-2 es obligatorio el uso de mascarillas lo que dificulta el entendimiento al hablar, aumentando la posibilidad de elevar el tono de voz para lograr comunicarse.

4. Periodos de descanso y nivel de producción

Con la encuesta higiénica realizada a los supervisores de las áreas de Estampado, Moldeo, *Wire*, Micromaquinado, *Tool Room*, Línea 9375 y *Multiswitch*, se comprobó que los colaboradores cuentan con 45 minutos de descanso para comer distribuidos de la siguiente manera: 15 minutos de desayuno y 30 minutos de almuerzo. Además, se indica que la mayor parte de la producción se realiza de lunes a jueves en el turno A (6:00 a.m. a 2:00 p.m.).

Los supervisores de las áreas de Moldeo, *Wire*, *Tool Room*, Micromaquinado, *Multiswitch* y la línea 9375, indicaron que el ruido que reciben proviene de las fuentes que se encuentran en el área de estampado.

5. Máquinas y equipos

a) Número de fuentes que emiten ruido

A través de la entrevista semiestructurada al supervisor de mantenimiento y a la encuesta higiénica realizada a los supervisores de las áreas se determinó que existen

máquinas/equipos que generan ruido. A continuación, se muestra la cantidad por área (ver 10).

Cuadro 10. *Cantidad de máquinas/equipos por subárea*

Subárea	Cantidad de máquinas/equipos
Estampado	20
Moldeo	0
Wire	2
Micromaquinado	0
Tool Room	7
Línea 9375	0
Multiswtich	1

b) Frecuencia del mantenimiento

El plan de mantenimiento de las máquinas de *Micro Technologies S.A.*, es de tipo preventivo, utilizando un calendario para determinar las fechas del mantenimiento, correctivo, que realiza cuando se encuentra una falla y el predictivo que tiene asociado un análisis previo para conocer las necesidades que eventualmente se podrían generar.

6. Aspectos de seguridad y salud

A continuación, se presenta la información obtenida por medio de la entrevista semiestructurada al encargado de EHS de la empresa (ver Apéndice 9):

a) Número de trabajadores que utilizan protección auditiva

El uso de protección auditiva como tapones y/u orejeras es obligatorio dentro de la planta de producción de la empresa, por lo que los 267 trabajadores deben utilizarlos cuando realizan sus tareas diarias.

b) Necesidad de capacitaciones en tema de ruido

A raíz de la entrevista, el encargado del departamento de *EHS*, indicó que se ha realizado una sola capacitación en tema de ruido, donde se desarrollaron temas como: ¿Qué es el ruido?, ¿Cómo puede afectar la salud de los trabajadores?, Uso adecuado de los tapones auditivos. Además, mencionó que para realizar capacitaciones se debe de contar con la aprobación de los supervisores de las áreas y normalmente desean que las mismas sean fuera del horario de trabajo para no interferir con el proceso.

A continuación, se presenta la matriz de necesidades de capacitación propuestas por el encargado de *EHS* (ver Cuadro 11).

Cuadro 11. Matriz de necesidades de capacitación para los trabajadores de la planta de producción

Áreas	Población meta	Temas que se desean abordar	Periodo
<ul style="list-style-type: none"> • Estampado <ul style="list-style-type: none"> • Moldeo • Wire • Micromaquinado <ul style="list-style-type: none"> • Tool Room • Línea 9375 • Multiswtich 	<p>Personas que están expuestas a niveles de presión sonora mayores a 85 dB (A).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Uso apropiado de los tapones auditivos • Vida útil de los tapones auditivos • Prevención de la perdida de la audición. • Hechos e información recopilada dentro de la empresa (estudios) 	<ul style="list-style-type: none"> • Las capacitaciones deben realizarse al menos una vez al año o cuando sea necesario reforzar los temas por algún tipo de incumplimiento por parte de los trabajadores. • Duración: 30 min

c) Cantidad de medidas preventivas a la exposición a ruido que existen actualmente

En cuanto a la cantidad de medidas preventivas, actualmente existen las siguientes cuatro:

- Aislamiento acústico en algunas de las máquinas
- Separación de áreas que genera mucho ruido (estampado en este caso)
- Mantenimiento predictivo en máquinas para evitar el desgaste prematuro de los hules móviles de las máquinas.

7. Condiciones del local

Con respecto a las condiciones del local, se tomó en cuenta el área de estampado ya que es la única área que no se encuentra abierta. Estampado cuenta con cuatro tipos de materiales de construcción que son: zinc, concreto, yeso y vidrio, los cuales tienen asociados un coeficiente de absorción (ver

Apéndice 10). A continuación, se presenta la constante del local para cada

Superficie	Material	Área (m ²)	Coeficiente de absorción						Área*Coeficiente de absorción					
			125	250	500	1000	2000	4000	125	250	500	1000	2000	
Techo	Zinc	567	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	226.8000	340.2000	453.6000	453.6000	396.9000	
Piso	Concreto	567	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	5.6700	5.6700	11.3400	11.3400	11.3400	
Red 1	Yeso	208.31	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	16.6648	22.9141	10.4155	6.2493	4.1662	
	Vidrio	34.34	0.25	0.1	0.07	0.06	0.04	0.02	8.5850	3.4340	2.4038	2.0604	1.3736	
Red 2	Concreto	164.96	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	1.6496	1.6496	3.2992	3.2992	3.2992	
	Vidrio	23.764	0.25	0.1	0.07	0.06	0.04	0.02	5.9410	2.3764	1.6635	1.4258	0.9506	
Red 3	Zinc	100.3	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	40.1200	60.1800	80.2400	80.2400	70.2100	
	Concreto	100.3	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	1.0030	1.0030	2.0060	2.0060	2.0060	
	Vidrio	39.39	0.25	0.1	0.07	0.06	0.04	0.02	9.8475	3.9390	2.7573	2.3634	1.5756	
Red 4	Zinc	182.33	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	72.9320	109.3980	145.8640	145.8640	127.6310	
Área total		1987.7							Sumatoria	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3
									R	484.0	761.9	1113.3	1100.8	899.9

frecuencia, obtenida para estampado (ver Cuadro 12).

Cuadro 12. Constante del local para el área de estampado

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficiente de absorción medio	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2
Constante del Local	484.0	761.9	1113.3	1100.8	899.9	595.1

El Cuadro 12, evidencia que la constante del local para las frecuencias entre los 500 y 2000 Hz es alta en comparación con las frecuencias bajas (125-250 Hz) esto indica que el local logra absorber el ruido y las ondas que predominan son las directas.

B. Niveles de presión sonora que se encuentran presentes dentro del área de estudio y están asociados al proceso

1. Mapa de ruido

Una vez realizados los muestreos en los tres días sugeridos en la metodología de mapa de ruido, se calculó el promedio logarítmico, los niveles de presión sonora (NPS) en dB (A) que predominan en los 64 cuadrantes distribuidos en la planta de producción (ver Apéndice 19), los cuales se identificaron en el croquis de la planta, siguiendo el rango de clasificación de dB (A) por colores (ver Cuadro 9). A continuación, se muestra el mapa de ruido para la planta de producción de *Micro Technologies S.A.* (ver Figura 9).



Figura 9. Mapa de ruido para la planta de producción de Micro Technologies S.A (escala 1:1)

Como se puede observar en la figura anterior, las zonas identificadas por el color rojo representan los NPS que van de los 85,0 a los 90,9 dB (A), siendo estas las zonas más críticas de la planta. Entre estas, se encuentra el área de estampado (cuadrantes del 1 al 10) cuyos procesos de producción implican máquinas que necesitan aire presurizado directo a las piezas que estampan.

De los cuadrantes con mayor NPS de esta área (entre 88,0 y 88,5 dB(A)) se encuentran en el 1, 2, 3, 6, 7 y 8, en los cuales se encuentran máquinas que realiza el mismo trabajo y las que más han presentado quejas por parte de los trabajadores en cuanto a ruido.

Por otro lado, el área de moldeo (cuadrantes del 11 al 18) arrojó niveles de presión sonora entre los 85,1 y los 86,7 dB (A), sin embargo, los días que se realizaron los muestreos, el departamento de mantenimiento se encontraba realizando trabajos en el área, entre ellos el ensamblaje de un encerramiento para un equipo, así como el reacomodo de todas las máquinas. Además, se estaba realizando el mantenimiento del aire acondicionado, por lo que la empresa encargada, estaba utilizando una grúa de tipo tijera que emitía un sonido de alerta cuando se movía.

Es importante mencionar, que la supervisora de moldeo indicó que el proceso que se lleva a cabo en el área no emite ningún tipo de ruido, no obstante, indicó el ruido que se escucha proviene del área vecina que en este caso es estampado.

Asimismo, las áreas de *Wire*, Micromaquinado, *Tool Room* y parte de la línea 9375 (cuadrantes del 49 al 55) presentó valores de NPS entre los 81,0 y los 84.9 dB (A). En cuanto a *Multiswitch*, es el área que presenta los cuadrantes con niveles de presión sonora más bajos con datos entre los 70,0 dB (A) y los 80 dB (A) (representados con el color verde en el mapa de ruido), ya que, en esta zona, se realizan trabajos manuales de calibración, ensamble y grabado de piezas, por lo que no hay gran cantidad de máquinas asociadas al proceso.

2. Medición puntal en la fuente

Se aplicó la metodología de evaluación de medición puntal de la fuente a la máquina ubicada en el cuadrante seis del mapa de ruido, esto porque se priorizó aquellos cuadrantes con niveles de presión sonora (NPS) mayores a 85 dB (A), tomando como referencia el Reglamento de Control de Ruido y Vibraciones cabe recalcar que esta máquina ha generado molestias entre el personal del área de estampado, ya que han hecho observaciones al encargado del departamento de *EHS* sobre el ruido que genera la misma.

La máquina Bruders ubicada en este cuadrante realiza un estampado en el material que depende del número de parte que se esté corriendo en el momento de la producción. Existen números de parte que no generan ruido en lo absoluto, ya que

cuando la máquina trabaja, las puertas de la máquina se encuentran cerradas. Sin embargo, otros números de parte necesitan aire directo a presiones altas para que las piezas logren salir y/o avanzar. Asimismo, el ruido de las máquinas varía según el golpe que necesitan para cortar y esto dependen del grosor del material que se esté tratando en el momento y del ángulo que se necesite. Entre mayor sea el grosor del material, mayor será la cantidad de aceite que requieren y mayor fuerza en el golpe para cortar, por lo que el nivel de ruido aumenta.

Una vez identificada la fuente, se trazaron ejes y tres círculos concéntricos dejando una distancia de un metro entre cada uno y se marcaron las intersecciones, para luego numerarlas (ver **Figura 10**).

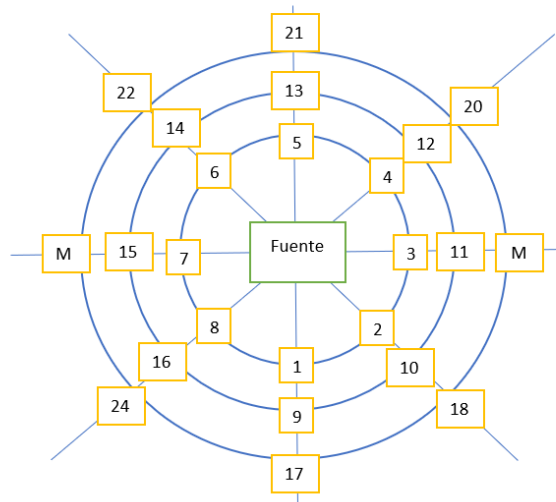


Figura 10.
araña para la

Una vez

Diagrama de fuente

realizadas las

mediciones en cada uno de los puntos alrededor de la fuente, se identificó el punto con mayor NPS, para realizar un barrido de frecuencias en el mismo, con el fin de conocer las frecuencias predominantes (ver Cuadro 13).

El punto de intersección que presentó el nivel de presión sonora más alto fue el número 7 (ver Apéndice 20), este punto se ubicaba dentro de la estructura que envuelve la máquina (ver Anexo 3) y cerca de la salida de aire presurizado.

Cuadro 13. Barrido de frecuencia para el punto con mayor nivel de presión sonora

Frecuencia (Hz)	NPS (dB)
16	23,3
31.5	37,5
63	52
125	61,9
250	73,9
500	82,5
1K	85,9
2K	90,5
4K	97
8K	98,3
16K	94,1

Como se puede observar en el Cuadro 13, las frecuencias que predominan son las que van de los 1000 Hz a los 16 000 Hz, aquellas a las que el oído humano es más susceptible en comparación con las frecuencias bajas.

3. Dosimetrías

Con respecto a las dosimetrías, estas fueron realizadas dentro del área de estampado, tomando en cuenta las áreas críticas del mapa de ruido y las mediciones puntuales a la fuente de cuadrante 7. Se eligieron tres trabajadores que operan tres de las máquinas ubicadas en los cuadrantes con mayor nivel de presión sonora (1- código K, 6- código A y 7- código W). Las evaluaciones se aplicaron durante tres días durante 7,25 horas, con el fin de conocer el porcentaje de dosis que reciben los trabajadores de estampado y el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE).

Es importante recordar lo mencionado anteriormente en el punto 2, sobre la máquina Bruderer, ya que los operadores A y W se encontraban trabajando en dos de ellas, pero con un material distinto durante la dosimetría. A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el muestreo (ver Cuadro 14).

Cuadro 14. Nivel de exposición al ruido diario, con un tiempo efectivo de 7,25 horas

Día	Código	% dosis	Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE)	Nivel de exposición diario ponderado en dB (A)	Lp,A,eq,T.n (dB (A))	Exposición media (dB (A))
1	K	418,7	91,2	90,8	92,2	91,8
	W	426,6	91,3	90,9		
	A	1045,3	95,2	94,7		
2	K	406,1	91,1	90,6		
	W	435,5	91,4	90,9		
	A	643,6	93,1	92,6		
3	K	342,6	90,3	89,9		
	W	405,8	91,1	90,6		
	A	661,3	93,2	92,8		

Como se puede observar en el cuadro anterior, el trabajador A, presenta los NSCE más altos de los tres días de medición superando los 92,0 dB (A) hasta los 95 dB(A). No obstante, los otros dos colaboradores de igual forma superan los 90 dB (A), lo que evidencia el incumplimiento del artículo 7° del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones que indica lo siguiente: “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)”.

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.

Cabe recalcar que la dosis diaria de exposición para un trabajador durante una jornada laboral de ocho horas no deberá ser mayor al 100% (Superintendencia de Riesgos del Trabajo, 2016). Sin embargo, los tres trabajadores superan el 400% de dosis diaria en los días evaluados, lo que evidencia una sobre exposición al ruido.

4. Valoración del equipo de protección auditiva por el método OSHA

Micro Technologies S.A., brinda tapones de seguridad a todos los colaboradores, ya que su uso es de carácter obligatorio al ingresar a la planta de producción. Para valorizar el EPA, se aplicó el método OSHA (ver Apéndice 13) por lo que se realizó un barrido de frecuencias a nivel oído, a uno de los trabajadores elegidos para realizar las dosimetrías del punto anterior. A continuación, se presentan los resultados obtenidos al aplicar la atenuación brindada por los tapones auditivos (ver Cuadro 15).

Cuadro 15. Evaluación del equipo de protección auditivo por el método OSHA

Área	Atenuación de los tapones auditivos dB (A)	Nivel Sonoro Continuo Equivalente en dB (A)	Reducción al usar los tapones auditivos dB (A)
Estampado	26,9	47	20,1
		63,8	36,9
		83,5	56,6
		87,7	60,8
		89,7	62,8
		86,1	59,2
		80,1	53,2

Como se puede observar en el Cuadro 15, 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 por debajo de los 85 dB (A) permitidos por la legislación, siendo 62,8 dB (A) el valor más alto, utilizando el EPA siguiendo las instrucciones del proveedor.

A continuación, se presenta un desglose de los posibles factores que exponen a los trabajadores a ruido durante su jornada laboral (ver Figura 11)

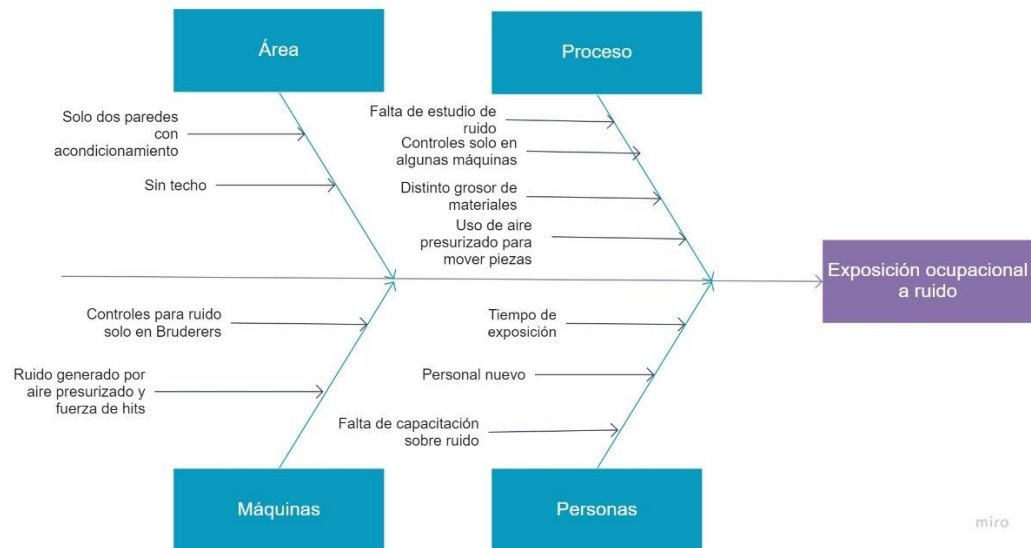


Figura 11. Diagrama de causas de exposición a ruido ocupacional

5. Porcentaje de cumplimiento de los requisitos legales del programa

Con respecto al porcentaje de cumplimiento para el programa de prevención y conservación auditivo (ver Apéndice 11) se determinó que *Micro Technologies S.A* cuenta con un 80% de cumplimiento de los requisitos legales con respecto al Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541.

V. Conclusiones

- La percepción del ruido por parte de los trabajadores varía según el área en la que se encuentran y depende también de la cercanía que se tenga del área de estampado.
- En el área de estampado predominan las ondas directas y los materiales de construcción (zinc, concreto, yeso y vidrio) logran absorber el ruido. Sin embargo, para reducir la transmisión de energía sonora del área de estampado al resto de la planta de producción es necesario colocar materiales que logren absorber y a su vez aislar las ondas sonoras.
 - El área de Multiswitch, al tener un proceso productivo de ensamble manual y calibración, emite los niveles de presión sonora más bajos (valores entre los 70 dB (A) y los 80 dB (A) de todas las áreas de producción ya que no cuenta con fuentes emisoras de ruido asociadas.
 - A pesar de que el área de estampado supera los 85 dB (A) permitidos para ruidos continuos, los tapones auditivos logran atenuar hasta 64,9 dB (A) (siguiendo las instrucciones brindadas por el proveedor) por lo que no hay incumplimiento con el artículo 7° del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones. Siempre y cuando se coloquen bien los tapones
- Para reducir los niveles de presión sonora dentro de la planta de producción es necesario implementar controles ingenieriles a fuente (troqueladora Bruderer) tomando en cuenta las frecuencias altas (1000, 2000, 4000, 8000) Hz, utilizando materiales que logren absorber y romper las ondas.

VI. Recomendaciones

- Implementar un programa de prevención y conservación auditiva para la planta de producción con el fin de disminuir la exposición de los colaboradores.
- Establecer un programa de control auditivo (audiometrías) que permita evaluar la capacidad auditiva de los colaboradores a lo largo del tiempo.
- Generar controles ingenieriles con materiales que absorban y aíslen las ondas sonoras provenientes del área de estampado para disminuir los niveles de presión sonora dentro de la planta.

VII. Alternativas de solución

A. Diseño de propuestas de control ingenieriles y administrativas integradas en un programa de conservación auditiva para los trabajadores de la planta de producción.

Por medio del análisis de la situación actual con respecto al ruido, se evidenció que la zona crítica de la planta de producción es el área de estampado ya que el proceso de producción tiene asociado máquinas troqueladora que exponen a los trabajadores a un nivel de presión sonora media de 91,2 dB (A) y el cual se esparce dentro de toda la planta de producción.

Para disminuir la exposición a ruido de ocupacional se realizó un Programa de Prevención y Conservación Auditiva en el cual se integraron controles ingenieriles y administrativos. A continuación, se presenta la matriz de requerimientos para los controles ingenieriles (ver Cuadro 16):

Cuadro 16. Requerimientos generales para las alternativas de control

Requerimientos generales	
Encerramiento	<ul style="list-style-type: none">• El material debe reducir los niveles de presión sonora para obtener un NR70.• Debe tomar en cuenta que las frecuencias predominantes para la troqueladora son las altas (1K, 2K, 4K, 8K) Hz• El material no debe transmitir calor
Techo	<ul style="list-style-type: none">• La instalación debe ser sencilla.• Debe reducir la transmisión de las ondas sonoras al resto de la planta de producción

1. Presentación de las propuestas

El equipo evaluado dentro del área de estampado fue una troqueladora BRUDERER que realiza estampado de piezas en materiales con diferentes tipos de grosor dependiendo del número de parte que se esté corriendo en el momento. La

propuesta para disminuir los niveles de presión sonora emitidos por la máquina pretende cubrir el encerramiento propia de la máquina con material absorbente que permita controlar la energía que permanece en el interior, reduciendo la reverberación (eco), tomando en cuenta las frecuencias altas (1000 a 4000 Hz) como las predominantes. A continuación, se presentan tres tipos de materiales que permitirán lo mencionado anteriormente (ver Cuadro 17).


Cuadro 17. Materiales absorbentes propuestos para cubrir el encerramiento


Alternativa		Especificaciones Técnicas	Precio por unidad	Material
#1	Espuma Basotec Piramidal	Definición: Espuma de melamina	C\$14 548	
		Aplicación: indicada para reducir reverberación o ruidos molestos		
		Tamaño: 500*500*50 de 1 cm a 45°		
		Comportamiento al fuego: Ignifugo clase Bs1		
		Diseño: Corte piramidal		
		NRC: 0,68		
#2	Espuma Convoluting	Definición: Espuma de poliuretano	C\$20 827	
		Aplicación: indicada para reducir ruido en espacios cerrados		
		Tamaño: 100x200 cm de 3"		
Comportamiento al fuego: Retardante a la llama				

		Diseño: Corte Convoluting		
		NRC: 0,87		
#3	Panel de espuma Sonex	Definición: Panel de Espuma de melamina de celda abierta	₡185 549,02 (caja de 8 unidades)	
		Aplicación: indicada para entornos con necesidad de control de altas frecuencias		
		Tamaño: 5,08x 10,16 cm de 1,5"		
		Comportamiento al fuego: Clase 1		
		Diseño: Panel		
		NRC: 0,65		

Además, se propone instalar baffles en el techo con un material aislante que permita reducir la cantidad de energía que se transmite a las otras áreas de la planta. A continuación, se presentan los materiales propuestos (ver Cuadro 18).

Cuadro 18. Materiales aislantes propuestos para el techo

Alternativa	Especificaciones Técnicas	Precio	Material	
#1	Baffle Eco Cero	₡ 313 192,50 (caja con 36 unidades)		
				Definición: Baffle compuesto de fibras 100% de poliéster reciclado de botellas plásticas
				Tamaño: 1000mm. x 250mm. x 40mm
				Comportamiento al fuego: B, S2, d0
				Diseño: baffle rectangular
		NRC: 0.89		

#2	Bafle Rockfon Island	Definición: Bafle de lana mineral	C\$134 600,28 (caja con 4 unidades)	
		Tamaño: 1200x600x50		
		Comportamiento al fuego: A2-S1, d0		
		Diseño: panel rectangular		
		Tamaño: 2360mm x 1160mm x 40mm		
		Comportamiento al fuego: A2-s1-d0		
		Diseño: Bafle rectangular		
		NRC: 0.17		

2. Viabilidad de las propuestas













Para seleccionar la alternativa que se adapte a las posibilidades de la empresa, se realizó la siguiente matriz comparativa para los materiales absorbentes (ver Cuadro 20) y materiales aislantes (ver Cuadro 22) en la cual se tomaron en cuenta aspectos ambientales, económicos, normativos, salud y seguridad, social y cultural.

A continuación, se presentan los criterios necesarios para la selección de la alternativa para el encerramiento de la fuente (ver Cuadro 19):

Cuadro 19. Criterios de selección para la alternativa del encerramiento

Aspecto	Criterio
Ambiental	Los residuos únicamente son generados por la instalación y el corte del material (sobrantes) los cuales no generan en el medio ambiente impactos negativos al ser despachados correctamente por medio del departamento de reciclaje.
Económico	El precio unitario del material seleccionado no sobrepasa los ¢20 000 El proveedor se encuentra dentro del territorio nacional por lo que no es necesario importar el material
Normativo	La propuesta permite que se cumpla con el Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones.
Salud y Seguridad	La propuesta resuelve el problema disminuyendo con los niveles de presión sonora y no incluye nuevos riesgos. El NRC de a propuesta supera los 0,8 Debe tomar en cuenta las frecuencias 1K, 2K, 4K , 8K
Social y Cultural	La implementación de la propuesta mejora el ambiente laboral se tornándolo confortable para los trabajadores.

Cuadro 20. Matriz de viabilidad para materiales absorbentes

Alternativa	Aspectos					Viabilidad de la propuesta
	Económico	Ambiental	Estándar y normativa	Seguridad y Salud	Social y cultural	
#1 Espuma Basotec Piramidal	Precio por unidad ¢14 548 Proveedor internacional	Genera residuos solamente por corte o sobrantes que pueden ser gestionados con el departamento de reciclaje	Reglamento Control de Ruido y Vibraciones	Indicada para reducir reverberación o ruidos molestos NCR: 0,68	Al reducir los niveles de presión sonora, el ambiente laboral se torna confortable para los trabajadores.	
						
#2 Espuma Convoluting	Precio por unidad ¢20 827 Proveedor nacional	Genera residuos solamente por corte o sobrantes que pueden ser gestionados con el departamento de reciclaje	Reglamento Control de Ruido y Vibraciones	Indicada para reducir ruido en espacios cerrados NCR: 0,87 con predominio en frecuencias altas	Al reducir los niveles de presión sonora, el ambiente laboral se torna confortable para los trabajadores.	
						

#3 Panel de espuma Sonex	Precio por caja (8 unidades) C\$185 549,02 Proveedor internacional	Genera residuos solamente por corte o sobrantes que pueden ser gestionados con el departamento de reciclaje	Reglamento Control de Ruido y Vibraciones	Indicada para entornos con necesidad de control de altas frecuencias NCR:0,65 Sonex mini	Al reducir los niveles de presión sonora, el ambiente laboral se torna confortable para los trabajadores.	✗
	✗	✓	✓	✗	✓	

Por lo tanto, la alternativa que se adapta a las necesidades de la empresa es la alternativa #2 espuma de poliuretano.

A continuación, se presentan los criterios necesarios para la selección de la alternativa para el encerramiento de la fuente (ver

Aspecto	Criterio
Ambiental	Los residuos únicamente son generados por la instalación y el corte del material (sobrantes) los cuales no generan en el medio ambiente impactos negativos al ser despachados correctamente por medio del departamento de reciclaje. El material es creado con productos reciclados
Económico	La cantidad de unidades necesarias para la instalación no sobrepasa los \$10 000 (valor estimado por el departamento de facilidades para realizar un proyecto de acondicionamiento)
Normativo	La propuesta permite que se cumpla con el Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones.
Salud y Seguridad	La propuesta resuelve el problema evitando la transmisión de las ondas sonoras a otras áreas de la planta y no incluye nuevos riesgos.

	El NRC de la propuesta supera los 0,5
Social y Cultural	La implementación de la propuesta mejora el ambiente laboral se tornándolo confortable para los trabajadores.

)

Cuadro 21. Criterios de selección para la alternativa aislante del techo

Aspecto	Criterio
Ambiental	Los residuos únicamente son generados por la instalación y el corte del material (sobrantes) los cuales no generan en el medio ambiente impactos negativos al ser despachados correctamente por medio del departamento de reciclaje. El material es creado con productos reciclados
Económico	La cantidad de unidades necesarias para la instalación no sobrepasa los \$10 000 (valor estimado por el departamento de facilidades para realizar un proyecto de acondicionamiento)
Normativo	La propuesta permite que se cumpla con el Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones.
Salud y Seguridad	La propuesta resuelve el problema evitando la transmisión de las ondas sonoras a otras áreas de la planta y no incluye nuevos riesgos. El NRC de la propuesta supera los 0,5
Social y Cultural	La implementación de la propuesta mejora el ambiente laboral se tornándolo confortable para los trabajadores.

Cuadro 22. Matriz de viabilidad para materiales aislantes

Alternativa	Aspectos					Viabilidad de la propuesta
	Económico	Ambiental	Estándar y normativa	Seguridad y Salud	Social y cultural	

#1 Bafle Eco Cero	Precio por caja (36 unidades) C\$ 313 192,50	Residuos por instalación Compuesto de fibras 100% de poliéster reciclado de botellas plásticas	Reglamento Control de Ruido y Vibraciones	NCR: 0.89	Al intervenir sobre la cantidad de energía transmitida el ambiente laboral se torna confortable para los trabajadores.	
						
#2 Bafle Rockfon Island	Precio por caja (4 unidades) C\$134 600,28	Residuos por corte o sobrantes El material no es reciclado	Reglamento Control de Ruido y Vibraciones	NCR: 0.17	Al intervenir sobre la cantidad de energía transmitida el ambiente laboral se torna confortable para los trabajadores.	
						

3. Diseño de la propuesta más viable

a) Propuesta para el encerramiento

La propuesta de control más viable para colocar al encerramiento de la máquina es la alternativa #2, la cual tiene como fin cubrir el interior del encerramiento con espuma de poliuretano de 76.2 mm de espesor para absorber las ondas sonoras emitidas por la máquina y así controlar la energía que permanece en el interior, reduciendo la reverberación.

Antes de la instalación de la espuma convolting dentro del encerramiento, se debe cerciorar que las superficies estén libres de polvo, suciedad u otro tipo de contaminante que entorpezca la unión del material con la fuente. Se propone utilizar un adhesivo a base de agua compatible con espumas de poliuretano como el acouStic.

Una vez limpias las superficies se propone colocar la de espuma convoluting en el interior de la carcasa de la máquina (exceptuando las puertas ya que el material no permitiría que se abrieran), siguiendo el patrón de aberturas necesarias para que el material pueda entrar y salir sin ningún inconveniente. A continuación, se presenta el diseño propuesto para el encerramiento de la troqueladora (ver Figura 12)

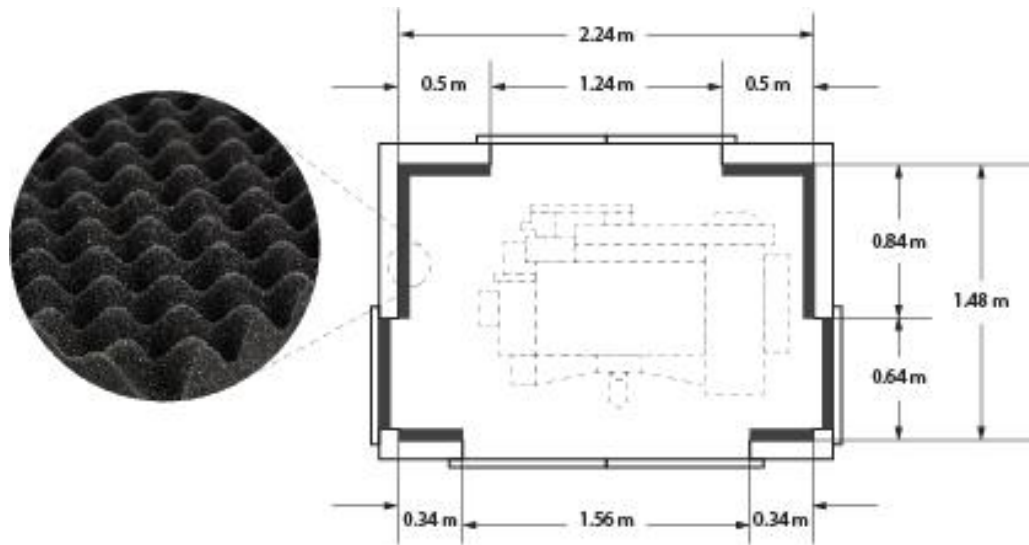


Figura 12. *Diseño para el encerramiento de la máquina*

(1) Cálculo de reducción de ruido (NR)

Antes de calcular la reducción del ruido al incorporar la alternativa, es necesario determinar el NR (*Noise Reduction* por sus siglas en inglés) utilizando el barrido de frecuencias realizado para la medición puntual de la fuente y aplicando siguiente fórmula:

$$NR = (L_{p1} - L_{p2} + 5)dB$$

Donde:

L_{p1} : Nivel de presión sonora en el lado de la fuente

L_{p2} : Nivel de presión sonora cerca de la pared del lado que recibe la transmisión

A continuación, se presenta el cálculo de la reducción de ruido obtenido (ver Cuadro 21)

Cuadro 23. Cálculo NR

Reducción de Ruido (dB)				
Frecuencia	1000	2000	4000	8000
NPS obtenido	85.9	90.5	97	98.3
NPS deseado	70	70	70	70
NR	20.9	25.5	32	33.3

(2) Cálculo del TL antes y después de la incorporación de la alternativa

Una vez obtenido el valor, se procede a calcular el TL antes y después del control con la siguiente formula:

$$TL = NR + 10 \log \left(\frac{1}{4} + \frac{S}{R} \right)$$

Donde:

NR: Coeficiente de reducción de ruido

S: Superficie de atenuación

R: constante del local

A continuación, se presenta, la evaluación de la situación actual del encerramiento sin la espuma convoluting (ver Cuadro 24) y la atenuación propuesta con la alternativa (ver Cuadro 25)

Sin control				
Superficie	Material	Área (m ²)	Coeficiente de absorción	Área*Coeficiente de absorción

			1000	2000	4000	8000	1k	2k	4k	8k	
Techo	Aluminio	3,98	0,2	0,2	0,2	0,2	0,80				
Paredes con puerta	Aluminio	6,31	0,2	0,2	0,2	0,2	1,26				
Paredes sin puerta	Aluminio	9,54	0,2	0,2	0,2	0,2	1,91				
	Sumatoria	19,83					3,97				
							am	0,2			
							R	4,96			
							NR	20,9	25,5	33,3	
							TL	21,53	26,13	33,93	

Cuadro 24. Evaluación del encerramiento sin alternativa

Cuadro 25. Evaluación del encerramiento con alternativa propuesta

Con Control									
Superficie	Material	Área (m ²)	Coeficiente de absorción			Área*Coeficiente de absorción			
			1000	2000	4000	1000	2000	4000	
Techo	Espuma Convoluting	3,98	0,85	0,91	0,9	3,38	3,62	3.58	
Paredes con puerta	Espuma Convoluting	6,31	0,85	0,91	0,9	5,36	5,74	5.68	
Paredes sin puerta	Espuma Convoluting	9,54	0,85	0,91	0,9	8,11	8,68	8.58	
	Sumatoria	19,83				16,85	18,04	17,85	
						am	0.85	0.91	0.90
						R	112.36	200.48	178.45
						NR	20.9	25.5	33.3
						TL	20.53	25.04	32.86

Como se puede observar, con la alternativa propuesta la constante del local del encerramiento aumenta en comparación del mismo encerramiento sin a alternativa, lo indica que existe mayor absorción de las ondas sonoras

(3) Costo de la propuesta

A continuación, se presenta el costo total para cubrir el encerramiento de la troqueladora (ver Cuadro 26).

Cuadro 26. Costo total de la propuesta del encerramiento

Material	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Espuma Convoluting	₡20 827	8	₡166 616
Adhesivo acouSTIC (base de agua)	₡16 956	1	₡16 956
Total			₡183 572

Cabe recalcar que la mano de obra para la instalación no se contempla ya que la empresa cuenta con un departamento de facilidades que se encarga de este tipo de tareas. Sin embargo, es necesario que al menos dos personas del departamento intervengan en la tarea, además se hará uso de la grúa de tipo tijera con la que cuenta la empresa.

b) Propuesta viable para el techo

Para realizar el acondicionamiento, se propone colocar 630 baffles eco cero en el 80% del techo para cubrir las necesidades de reducción de energía transmitida a otras áreas de la planta de producción.

En este caso por medio de un estudio realizado propiamente en la página www.Ecocero.com, el tiempo de reverberación inicial del área de estampado es de 3 segundos, colocando los baffles según lo indicado anteriormente, el tiempo de reverberación final será de 1 segundo, reduciendo el tiempo de reverberación en un 67%.

Los baffles se colocan de forma suspendida en el techo por medio de anclajes y cable de acero en filas tres filas con una distancia 7 cm cada una con una cantidad de 210 baffles separados de 4,5 cm. A continuación, se presenta el diseño para la colocación de los baffles.

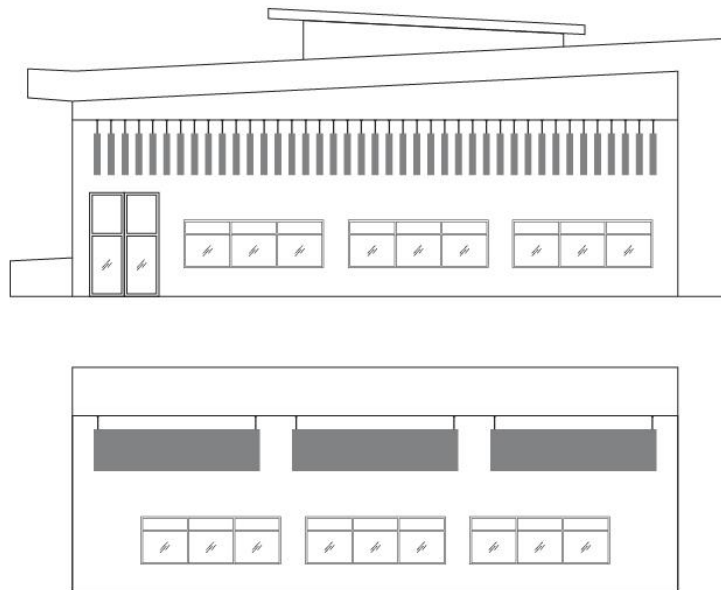


Figura 12. Colocación de los baffles en el techo

Por medio de la ley de Sabine, se busca conocer la reducción de ruido en decibeles antes y después del acondicionamiento propuesto por medio de la siguiente fórmula:

$$\Delta dB = 10 \log \frac{A}{A_0}$$

Donde:

A_0 = unidad acústica de absorción del local antes del tratamiento

A = unidad acústica de absorción del local después del tratamiento

Cuadro 27. Cálculo de absorción con y sin acondicionamiento

Frecuencia 4000 Hz		
Estampado	Coefficiente de absorción medio	Constante del local
Sin acondicionamiento	0.2	595,1 (A_0)
Con acondicionamiento	0.4	1182,7 (A)

Una vez obtenidos las unidades de absorción del local antes y después del tratamiento, se procede a desarrollar la fórmula para obtener la reducción de ruido. En este caso, la reducción de ruido con el acondicionamiento de baffles eco cero en el 80% del techo es de 3 dB.

Cabe recalcar que por medio de un estudio realizado propiamente en la página www.Ecocero.com, el tiempo de reverberación inicial del área de estampado es de 3 segundos, colocando los baffles según lo indicado anteriormente, el tiempo de reverberación final será de 1 segundo, reduciendo el tiempo de reverberación (eco) en un 67%.

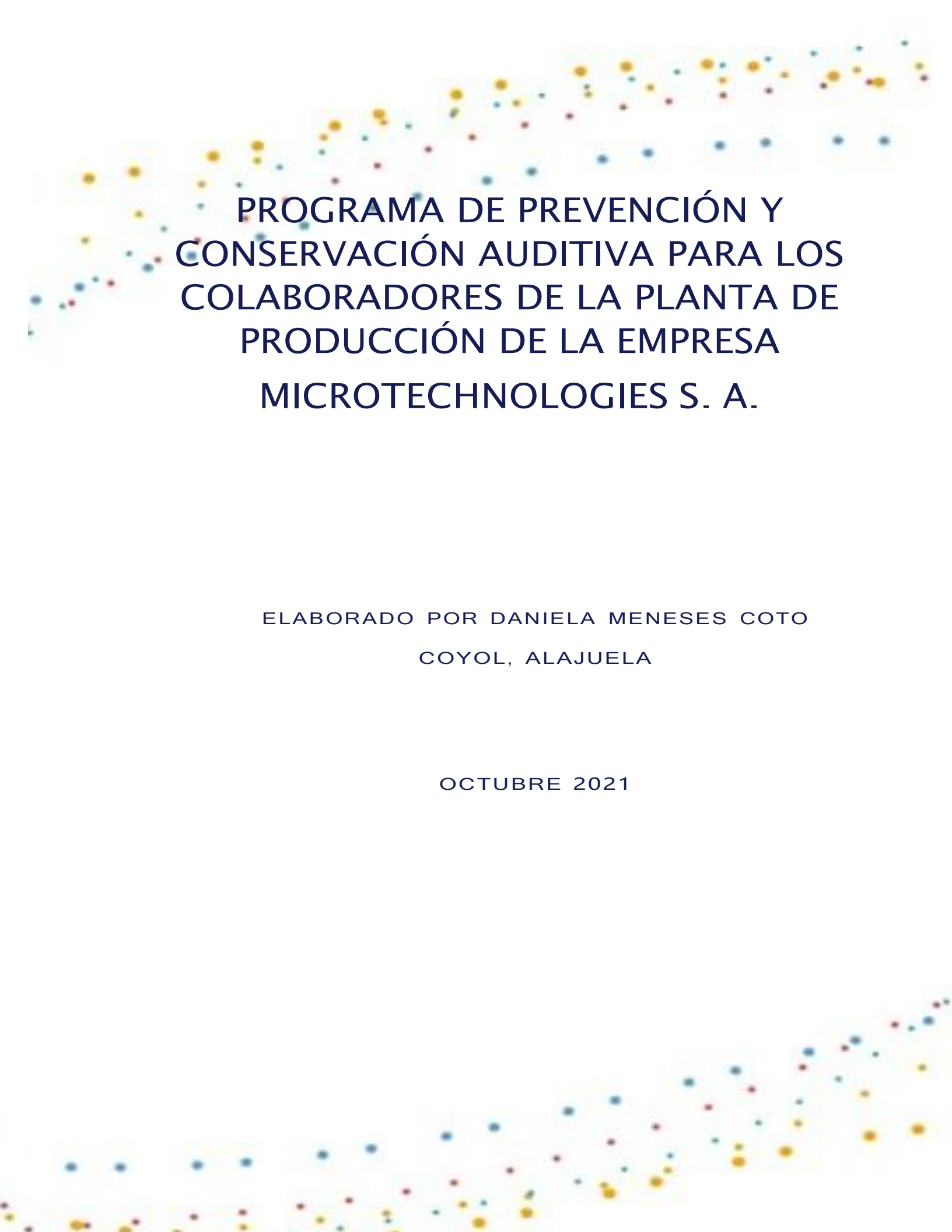
(1) Costo total de la propuesta

A continuación, se presenta el costo total para la propuesta del techo (ver Cuadro 28)

Cuadro 28. Costo total de la propuesta para para el techo

Material	Costo unitario	Cantidad	Cantidad de cajas	Costo total
Baffle eco cero	Ø8740,60	36 por caja	18	Ø5.663.520
Total				Ø5.663.520

De igual forma, la instalación de los baffles estaría a cargo del departamento de facilidades por lo que no se contempla el costo de la instalación dentro del costo total de la propuesta.



PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONSERVACIÓN AUDITIVA PARA LOS COLABORADORES DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA MICROTECHNOLOGIES S. A.

ELABORADO POR DANIELA MENESES COTO
COYOL, ALAJUELA

OCTUBRE 2021

A. Aspectos Generales de la empresa

1. Introducción

La planta de producción de Micro Technologies S.A. genera niveles de presión sonora que van desde los 80,0 dB (A) hasta los 88,9 dB (A) (dependiendo del área de trabajo) según el estudio realizado en el segundo semestre del año 2021 demostrando que los trabajadores se encuentran expuestos al ruido durante su jornada laboral.

Según el Reglamento para Control de Ruido y Vibraciones, algunas de las áreas de trabajo de Micro Technologies S.A., sobrepasan los límites máximos permitidos (85 dB (A)) para una jornada igual o mayor a 8 horas diarias por lo que la implementación de un programa de prevención y conservación auditiva permitiría mantener y/o disminuir los niveles de presión sonora, así como las molestias provocadas por el ruido a los operarios y los posibles efectos extra auditivos que podrían aparecer a lo largo de los años.

2. Propósito

El presente Programa de Prevención y Conservación Auditiva, busca mantener y/o disminuir los niveles de presión sonora a los que están expuestos los operarios de la planta de producción por medio de elementos como controles ingenieriles y administrativos.

3. Objetivos

Objetivo General

Prevenir la pérdida auditiva provocada por la exposición directa o indirecta al ruido ocupacional, así como la conservación auditiva de los trabajadores de la planta de producción de Micro Technologies S.A.

Objetivo Específicos

- Evaluar la exposición a ruido ocupacional una vez al año como mínimo.

- Implementar un programa de control auditivo (audiometrías) para los trabajadores de la planta para la obtención de un audiograma de punto de referencia en un plazo de seis meses y pruebas audio métricas una vez al año como mínimo a partir de ahí.
- Establecer un programa de capacitación en tema de ruido y sus afecciones a la salud, así como el uso y mantenimiento adecuado del equipo de protección auditiva una vez al año como mínimo.

4. Metas

- Realizar evaluaciones de ruido ocupacional en agosto de cada año.
- Disminuir el nivel de presión sonora del área de estampado a un nivel de 85 dB (A) o menos, para cumplir con el Reglamento de Control de Ruido y Vibraciones de Costa Rica, por medio de controles administrativos e ingenieriles, en un periodo no mayor a 12 meses.
- Capacitar sobre los conceptos básico con respecto a ruido, efectos de ruido a la audición y los efectos extra auditivos al 100% de la población de operadores de la planta de producción en un plazo no mayor a 6 meses.
- Realizar audiometrías de punto de referencia al 100% de los trabajadores del área de estampado en un plazo no mayor a 6 meses a partir de la implementación del programa.
- Realizar al menos una audiometría de punto de referencia por mes a los operarios expuestos a 85 dB (A) o más, en las distintas áreas de producción una vez alcanzado el 100% de evaluaciones en el área de estampado.

5. Referencias

- Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones Decreto N° 10541-TSS.

- INTE/ISO 9612: Acústica. Determinación de la exposición al ruido ocupacional. Método de ingeniería.

B. Aspectos a considerar

1. Definiciones

A continuación, se presentan las definiciones aplicables al programa (ver Cuadro 29).

Cuadro 29. Definiciones del programa

Termino	Definición
Audiometría	Examen realizado por un audiólogo, otorrinolaringólogo o médico con licencia para evaluar la capacidad de escuchar sonidos para determinar si existe cambios en el umbral de audición cuando se realiza una comparación de audiograma de punto de referencia con un audiograma anual.
Audiograma de punto de referencia	Evaluación de referencia que mide la capacidad auditiva
Cambio de umbral estándar	Cambio en la audición de un promedio de 10 dB o más en la comparación con el audiograma de punto de referencia con el audiograma anual a frecuencias de 2000, 3000 y 4000 Hz en cada oído.
Dosis	Cantidad de energía sonora a la que un trabajador está expuesto durante su jornada laboral, la cual depende del tiempo de exposición y del nivel sonoro continuo equivalente.
Dosímetro de ruido	Instrumento que mide la dosis de ruido absorbida, el cual integra la energía sonora absorbida por un trabajador durante la jornada.
Nivel de presión sonora (NPS)	Indicador que permite determinar la intensidad de las ondas sonoras y así analizar los efectos causados por las mismas.
Programa de prevención y conservación auditiva	Programa que tiene como fin prevenir la pérdida auditiva, así como educar y motivar a la población en tema conservación auditiva
Ruido	Sonido con niveles excesivamente altos que se cataloga como molesto y desagradable y puede llegar a ser nocivo para la audición

C. Compromiso empresarial

1. Política de Seguridad

Política de Seguridad y Salud Micro Technologies S.A.

Es política y compromiso de Micro Technologies S. A. proteger la salud física, mental y social de nuestros colaboradores y clientes externos, mediante la gestión integral de riesgos en cumplimiento con legislación vigente en materia de salud ocupacional y ambiente, minimizando el impacto ambiental de nuestras operaciones, asignando los recursos humanos, técnicos y económicos para asegurar que las tareas realizadas aseguren su calidad y brindar un valor agregado a nuestros clientes, proveedores y socios comerciales; enfocando todos nuestros esfuerzos hacia la mejora continua

Recursos disponibles

2. Humano

A continuación, se presenta la matriz con los involucrados internos (ver **Cuadro 30**) para el programa de prevención y conservación auditiva, los cuales tendrán asociados diferentes tareas para la implementación del mismo.

Cuadro 30. Matriz de involucrados internos para el programa

ID	Puesto	Nivel de Influencia	Rol
GF	Gerente financiero	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobación de presupuesto
RRHH	Gerencia de recursos humanos	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobación de presupuestos • Creación de sanciones
Ing-01	Encargado EHS	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de los niveles de presión sonora • Identificación de peligros • Aprobación, implementación y seguimiento del programa
Doc-01	Doctora del consultorio médico	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación y seguimiento de audiometrías
Sp-01	Supervisor Estampado	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación del programa a los trabajadores
Sp-02	Supervisora Moldeo	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación del programa a los trabajadores
Sp-03	Supervisor Wire	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación del programa a los trabajadores
Sp-04	Supervisor micromaquinado	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación del programa a los trabajadores
Sp-05	Supervisor Tool Room	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación del programa a los trabajadores
Sp-06	Supervisora Línea/Multiswitch	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación del programa a los trabajadores
DM	Departamento de mantenimiento	Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de los controles ingenieriles.
Op	Operarios	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el programa • Utilizar el equipo de protección auditiva. • Reportar cambios y/o anomalías que pudieran alterar los niveles de presión sonora.

			<ul style="list-style-type: none"> Sugerir, aconsejar o idear posibles soluciones para disminuir los niveles de presión sonora.
--	--	--	--

Los involucrados mencionados anteriormente, tienen actividades asociadas en la propuesta del programa y serán presentadas en la matriz de responsabilidades (RACI) a continuación (ver **Cuadro 31**).

Cuadro 31. Matriz de responsabilidades

Responsabilidades	Involucrados Internos											
	GF	RRHH	Ing-01	Doc-01	Sp-01	Sp-02	Sp-03	Sp-04	Sp-05	Sp-06	DM	Op
Aprobar la propuesta del programa		C	R									
Realizar observaciones a la propuesta			R	R								R
Aprobación del presupuesto para propuesta	R	A/I	C									
Comunicación de la propuesta		I	R		C	C	C	C	C	C		
Asignación de recurso humano para la implementación del programa		R	R/A									
Realizar las evaluaciones de ruido según el tiempo propuesto en el programa.		A/I	R/C									

Implementar los controles ingenieriles		A	I									R	
Coordinar las audiometrías para los trabajadores		A	I	R/C									
Coordinar y realizar las capacitaciones		A/I	R/C			I	I	I	I	I			
Brindar el tiempo necesario para realizar las capacitaciones						R	R	R	R	R	R		
R: Responsable A: Aprueba C: Comunica I: Informa													
Responsabilidades	Involucrados Internos												
	GF	RRHH	Ing-01	Doc-01	Sp-01	Sp-02	Sp-03	Sp-04	Sp-05	Sp-06	DM	Op	
Coordinar las audiometrías para los colaboradores según lo propuesto en el programa	A	A/C	I	R/I	I	I	I	I	I	I			
Comunicar los resultados obtenidos en las audiometrías		C	I	R									
Reportar cualquier inconsistencia relacionada con el programa.			C		R	R	R	R	R	R	R	R	R
Velar por el cumplimiento del programa		C	R		R	R	R	R	R	R	R	R	R
Evaluar el programa		R/I	R/C										
R: Responsable A: Aprueba C: Comunica I: Informa													

3. Económicos

Se refiere costo económico que la empresa deberá invertir para implementar los controles propuestos que serán integrados en el Programa de Prevención y Conservación Auditiva. Los costos asociados al mismo se encuentran en el apartado I. Costo total del Programa.

4. Tecnológicos

Se refiere a aquellos dispositivos necesarios para las evaluaciones de ruido y vigilancia de la salud, tales como sonómetro, dosímetro, computadora, televisor entre otros.

A continuación, se presentan las fases de implementación de programa de prevención y conservación auditiva junto con los recursos necesarios (ver Cuadro 32)

Cuadro 32. Fases de implementación del programa

Fase	Recurso	
	Humano	Material
Monitoreo de exposición a ruido (evaluaciones)	Persona capacitada para realizar mediciones en campo	<ul style="list-style-type: none">• Sonómetro con ponderación A y bandas de octava• Pistófono• Baterías• Dosímetro• Bitácora de muestreo
Controles ingenieriles	Departamento de mantenimiento/facilidades Encargado de EHS	<ul style="list-style-type: none">• Espuma de poliuretano• Adhesivo acouSTIC• Bafles de poliéster• Cable de acero• Anclajes

Controles administrativos (Capacitación)	Departamento EHS	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Material audiovisual (presentación Power Point, vídeos) • Formulario de entrenamiento de Micro Technologies. • Cuestionario de evaluación
---	------------------	--

D. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

A continuación, se presentan las metodologías propuestas para la identificación y evaluación de riesgos asociados a la exposición de ruido ocupacional, las cuales permitirán caracterizar los niveles de presión sonora de la planta, mediciones puntuales a las fuente y evaluación de exposición ocupacional a ruido por medio de dosimetrías.

Para realizar las evaluaciones de ruido es necesario contar con el equipo pertinente (sonómetro con banda de octava). En el Cuadro 33, se presenta el costo asociado al alquiler de los equipos (información brindada por la empresa Electromedica)

Cuadro 33. Costo asociado al alquiler de los equipos

Evaluación de ruido ocupacional				
Equipo	Cantidad	Costo del alquiler por día	Cantidad de días requeridos	Costo total
Sonómetro con banda de octava y pistófono	1	C\$62 810	3	C\$188,430
Dosímetro	3	C\$75 372	3	C\$678,348
Total				C\$866,778

1. Mapa de Ruido

Para realizar la metodología de mapa de ruido dentro de la planta se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos generales (ver **Cuadro 34**).

Cuadro 34. Aspectos generales del mapa de ruido

Objetivo	Alcance	Equipo/ Materiales/ Instrumentos	Indicador	Participantes
Caracterizar los niveles de presión sonora dentro de la planta de producción	Áreas dentro de la planta de producción de la empresa	<ul style="list-style-type: none">• Sonómetro con ponderación A• Pistófono• Croquis de la planta (ver <i>Apéndice 1</i>)• Bitácora de muestreo (ver <i>Apéndice 2</i>)• Cinta metrica/metro laser• Pilot• Masking	Niveles de presión sonora por cuadrante	Departamento de EHS

a) Aplicación de la metodología para mapa de ruido

(1) Antes de las mediciones

1. División del croquis

- El croquis de la planta se debe dividir en cuadrantes de entre 30-50 m² que deberán ser numerados de tal forma que se pueda seguir una S. Una vez creados los cuadrantes, se deberá marcar el centro del mismo.

2. Revisión del equipo

- Antes de realizar las mediciones, es necesario verificar la calibración del sonómetro con el pistofono. El valor detectado por el sonómetro deberá ser de 114 dB, si este valor se encuentra por debajo o por encima, se deberá ajustar hasta llegar al valor.

(2) Durante las mediciones

1. Recolección de datos	2. Sonómetro
<ul style="list-style-type: none">• La recolección de datos se debe realizar durante una jornada laboral de 8 horas (es decir una jornada laboral completa) durante tres días, siguiendo el recorrido propuesto en la división del croquis de la planta.	<ul style="list-style-type: none">• Al realizar las mediciones, se deberá colocar el sonómetros a una distancia de 1 metro con una inclinación de 45° con respecto al piso.• Al registrar el valor, es necesario esperar a que el sonómetro se estabilice, una vez estabilizado, coloquelo en la bitácora de muestreo, según el recorrido y el momento del día que se realizó (hora).

(3) Análisis de datos

Una vez recopilados los datos, es necesario realizar el análisis con el fin de conocer el nivel de presión sonora promedio de cada cuadrante, el cual se obtendrá aplicando la siguiente formula:

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

Donde:

$\overline{L_p}$: Promedio de nivel de presión sonora

N : Número de recorridos

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

Al obtener los promedios de nivel de presión sonora de cada cuadrante, se procederá a realizar la identificación en el croquis por medio del rango por colores que se presenta a continuación (ver Cuadro 35):

Cuadro 35. Rango de clasificación por color

Rango de Clasificación	
Rango dB (A)	Color
70,0-80,9	Verde
81,0-84,9	Amarillo
85,0-90,9	Rojo
91,0-95,0	Naranja

Es importante mencionar que las mediciones se deberán realizar durante tres días al menos 8 horas cada día.

2. Medición puntual a la fuente

Para realizar la metodología de medición puntual se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos generales (ver Cuadro 36).

Cuadro 36. Aspectos generales para medición puntual de la fuente

Objetivo	Alcance	Equipo/ Materiales/ Instrumentos	Indicador	Participantes
Determinar el nivel de presión sonora que emite una fuente puntual	Fuentes emisoras de ruido dentro de las áreas dentro de la planta de producción de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> Sonómetro con ponderación A y bandas de octava Pistófono Cinta métrica/metro laser Pilot Masking 	Niveles de presión sonora emitidos por la fuente	Departamento de EHS

a) Aplicación de la metodología de medición puntual de la fuente

(1) Antes de las mediciones

1. Selección de la fuente	2. Trazos	3. Revisión del equipo
<ul style="list-style-type: none">• Para seleccionar las fuentes a evaluar se puede tomar en cuenta las áreas críticas identificadas previamente en el mapa de ruido. Además, es importante considerar la opinión de los trabajadores que operan las fuentes, así como la opinión de los supervisores del área.	<ul style="list-style-type: none">• Una vez seleccionada la fuente, se deben trazar ejes y círculos concéntricos alrededor de la fuente, los cuales se trazarán dejando 1 metro de distancia, luego 2 metros de distancia y por último 3 metros de distancia (ver Figura 1)	<ul style="list-style-type: none">• Antes de realizar las mediciones, es necesario verificar la calibración del sonómetro con el pistofono. El valor de lectura por el sonómetro deberá ser de 114 dB, si este valor se encuentra por debajo o por encima, se deberá ajustar hasta llegar al valor.

A continuación, se presenta el ejemplo de los trazos necesarios para realizar las mediciones:

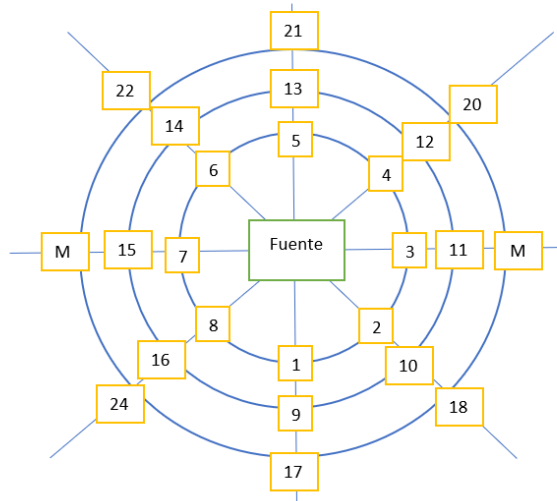


Figura 13. Diagrama de araña para la fuente

(2) Durante las mediciones

Para realizar las mediciones puntuales a la fuente, es recomendable que únicamente la fuente de interés se encuentre encendida.

1. Recolección de datos

- La recolección de datos se debe realizar colocándose en cada uno de los puntos previamente establecidos al menos una vez en cada punto. Después, se deberá seleccionar el punto con el nivel de presión sonora más alto de todos los puntos para realizar un barrido de frecuencias (el rango va desde los 16 Hz hasta los 16K Hz)

2. Sonómetro

- La configuración del sonómetro deberá realizarse en respuesta rápida y en escala de ponderación lineal.
- Al realizar las mediciones, se deberá colocar el sonómetro a una distancia de 1 metro con una inclinación de 45° con respecto al piso.
- Al registrar el valor, es necesario esperar a que el sonómetro se estabilice, una vez estabilizado, colóquelo en la bitácora de muestreo.

(3) Análisis de datos

Una vez recopilados los datos, el barrido de frecuencias permite identificar las frecuencias predominantes emitidas por la fuente, lo cual debe considerarse al sugerir controles ingenieriles y equipo de protección personal

3. Dosimetrías

Para realizar dosimetrías dentro de la planta, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos generales (ver Cuadro 37).

Cuadro 37. Aspectos generales para realizar dosimetrías

Objetivo	Alcance	Equipo/ Materiales/ Instrumentos	Indicador	Participantes
Determinar el porcentaje de dosis diaria que reciben los trabajadores	Trabajadores del área de interés.	<ul style="list-style-type: none">• Dosímetro• Pistófono• Baterías• Bitácora de muestreo (Ver Apéndice 3)	Porcentaje de exposición diaria de los trabajadores en una jornada laboral.	<ul style="list-style-type: none">• Departamento de EHS• Operarios

a) Proceso para realizar dosimetrías

(1) Antes de colocar el dosímetro

1. Configuración del dosímetro

- Antes de colocarle el dosímetro al trabajador, deberá configurar el dosímetro en respuesta rápida con la escala de ponderación en decibeles A

2. Revisión del equipo

- Antes de realizar las mediciones, es necesario verificar la calibración del dosímetro con el pistófono. El valor detectado por el sonómetro deberá ser de 114 dB, si este valor se encuentra por debajo o por encima, se deberá ajustar hasta llegar al valor.

(2) Durante la colocación del dosímetro y recolección de datos

1. Colocación del dosímetro

- Los dosímetros deberán ser colocados en la pretina del pantalón y los micrófonos a 0,4 metros arriba del hombro y a 0,1 metros del canal auditivo externo, evitando el roce con la camisa para evitar falsos resultados, al inicio de la jornada.

2. Recolección de datos

- Los datos se deben tomar durante tres días durante la jornada completa de los trabajadores. Es recomendable verificar el estado de la batería para evitar inconvenientes, además de la posición del micrófono.

(3) Análisis de datos

Una vez recopilados los datos, es necesario realizar el análisis con el fin de conocer el obtener el nivel de exposición al ruido diario ponderado de cada trabajador, el cual se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$L_{EX,8h} = L_{p,Aeq,T_e} + 10 \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) dB$$

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

Además, al realizar las mediciones durante tres días es necesario conocer la media energética aplicando la siguiente fórmula:

$$L_{p,A,eq,Te} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 L_{p,A,eq,T,n}} \right)$$

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

4. Valorización del equipo de protección personal por el Método OSHA

Para realizar la valorización del equipo de protección del de se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos generales (ver Cuadro 38).

Cuadro 38. Aspectos generales para realizar la valorización del equipo de protección personal

Objetivo	Alcance	Equipo/ Materiales/ Instrumentos/Herramientas	Indicador	Participantes
Determinar la atenuación brindada por el equipo de	Operadores de la planta de producción	<ul style="list-style-type: none">Sonómetro con ponderación A y bandas de octavaPistófonoMétodo OSHAFicha técnica del EPA	Niveles de presión sonora percibido por el trabajador	<ul style="list-style-type: none">Departamento de EHSOperarios

protección auditiva.				
-------------------------	--	--	--	--

a) Proceso de cálculo de la atenuación brindada por el equipo de protección auditiva

Antes de realizar el cálculo, es necesario realizar un barrido de frecuencia al nivel del oído del trabajador. En el siguiente cuadro se presenta el paso a paso a seguir para calcular la atenuación del equipo de protección auditiva (ver Cuadro 39):

Es importante mencionar que el barrido de frecuencia a nivel de oído se debe realizar una vez y se deben tomar en cuenta ruidos externos como golpes, conversaciones entre otros que puedan afectar la recolección de datos.

Cuadro 39. Evaluación del equipo de protección personal auditivo por 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 logarítmica
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 logarítmica
IX- Reducción calculada dB(A)								Suma III- Suma VIII

Una vez obtenido el resultado final (Suma III-Suma VIII), se obtiene la reducción brindada por el equipo de protección personal auditiva, el cual disminuye la exposición a ruido de los trabajadores.

E. Vigilancia a la Salud

1. Programa de Control Auditivo: Audiometrías

El programa de control auditivo busca dar seguimiento a lo largo del tiempo a los cambios en los umbrales de audición de los trabajadores desde su ingreso a la empresa. A continuación, se presentan los aspectos generales del programa (ver Cuadro 40)

Cuadro 40. Aspectos generales para el Programa de Control Auditivo

Objetivo	Alcance	Equipo/ Materiales/ Instrumentos	Indicador	Participantes
Evaluar el nivel de escucha de los trabajadores durante la permanencia en la empresa	Trabajadores expuestos a niveles de presión sonora mayores a 85 dB (A)	Audiómetro	Cambio umbral estándar	<ul style="list-style-type: none"> • Departamento de EHS • Médico de empresa • Operarios • Audiólogo certificado/otorrinolaringólogo/médico externo

a) Requisitos generales

- Las audiometrías serán gratuitas para los trabajadores.
- El equipo (audiómetro) deberá cumplir con los requerimientos de calibración y equipamiento.
- Las pruebas iniciales se realizarán después de 14 horas sin exposición a ruido.

b) Fases del programa

(1) Coordinación de las audiometrías

Para realizar las audiometrías, el encargado del departamento de *EHS*, en conjunto con la doctora de empresa, se encargarán de contratar al audiólogo certificado, otorrinolaringólogo o médico externo el cual realizará las audiometrías. De igual forma, el encargado de *EHS*, deberá comunicarles a los trabajadores las instrucciones a seguir antes de someterse al estudio, las cuales incluyen el evitar la exposición a ruido durante 14 horas o bien utilizar equipo de protección auditiva antes de la prueba.

(2) Evaluación preempleo: audiometría basal

Las audiometrías basales se realizarán en los exámenes preempleo a aquellas personas que se incorporaran a la empresa o bien después de 6 meses desde la primera exposición a ruido y será realizado por un audiólogo certificado/otorrinolaringólogo/médico externo.

(3) Evaluación periódica: audiometría anual

Las evaluaciones periódicas se realizarán al menos una vez al año para realizar la comparación entre la audiometría basal con la audiometría anual.

(4) Evaluación de los audiogramas: comparación

La evaluación de los audiogramas estará a cargo del médico de empresa, donde se verificará si existe o no desplazamiento del umbral estándar (deterioro de la audición) de los trabajadores. Es importante mencionar, que, si existiera un cambio en el umbral estándar, se deberá comunicar al trabajador sobre su condición y enviar el registro a un profesional especializado el cual determinara si es necesario una intervención adicional.

(5) Seguimiento

Una vez analizados los audiogramas con problemas, el encargado de EHS deberá realizar el seguimiento de forma que permita mejorar la educación del trabajador en cuanto al tema de ruido ocupacional y la protección al mismo.

c) Costo del programa

A continuación, se presenta el costo del Programa de Control Auditivo para los trabajadores de la planta de producción para el primer año (tomando en cuenta que nunca se han realizado audiometrías) (ver Cuadro 41):

Cuadro 41. Costo del Programa de Control Auditivo

Costo de Audiograma Basal	Costo del Audiograma anual	Cantidad de trabajadores	Costo total
¢6000	¢6000	533	¢6,396,000

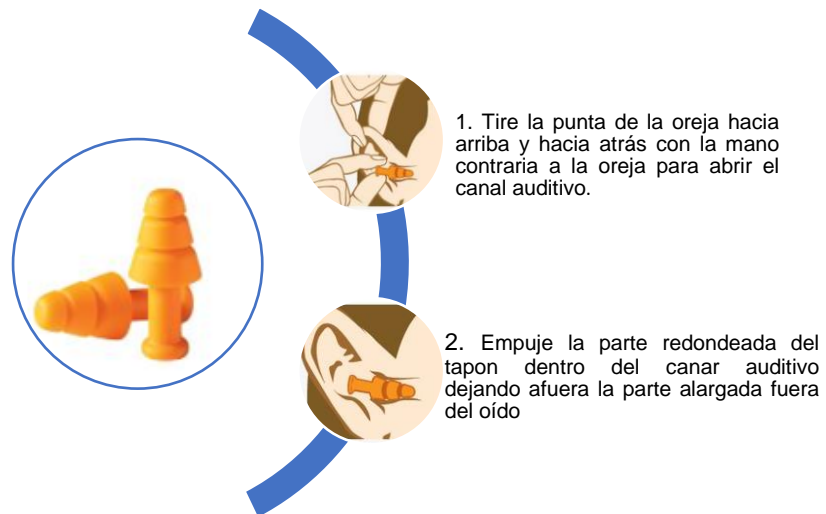
Ahora bien, una vez iniciado el programa, el costo por año sería de ¢3,198,000, ya que únicamente se realizaría la audiometría anual. Tomando en cuenta que si un trabajador no pasa la prueba audiometría será necesario realizar un nuevo estudio (audiometría clínica) en menos de un mes desde la primera prueba fallida.

F. Colocación, ajuste retiro y manipulación del equipo de protección auditiva

1. Tapones reutilizables

a) Colocación de los tapones reutilizables

A continuación, se presentan los pasos para colocar correctamente los tapones de seguridad 3M, según su instructivo:



Fuente: 3M, 2021

b) Ajuste de los tapones auditivos

A continuación, se presentan las instrucciones de ajuste de los tapones auditivos 3M 1291/37185:

1. Una vez colocados dos tapones, compruebe que los mismos están bien colocados hablando en voz alta. Su voz se escuchará apagada, y los ruidos a su alrededor no deberían escucharse de la misma forma antes de colocarse los tapones.

2. Tire del cordón de los tapones, estos no deberían moverse con facilidad. Si esto sucede, proceda a colocar nuevamente los tapones siguiendo los pasos descritos anteriormente.

3. Compruebe el ajuste con frecuencia para asegurarse que el sello todavía existe. Si no es así, ajústelos las veces que sean necesarios para mantener la protección contra el ruido.

4. Es importante recordar el tamaño y la forma del canal auditivo es distinto para todas las personas. Si no logra ajustar los tapones de manera confortable, notifique a su supervisor o líder para considerar un tamaño o tipo diferente de tapones auditivos.

c) Retiro de los tapones reutilizables

Para retirar los tapones, gire cuidadosamente el tapón para romper el sello y retire el tapón.

d) Almacenamiento y mantenimiento

1. Almacene los tapones en el estuche original cerrado.
2. Cada vez que vaya a utilizar los tapones, verifique que los mismos no se encuentren dañados, gastados. Si es así, notifique a su supervisor o líder para que gestione la entrega de los tapones nuevos.

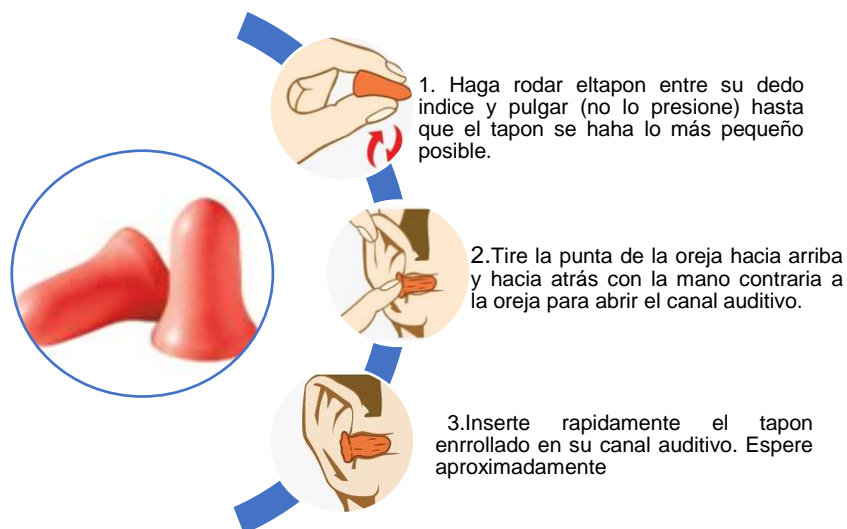
e) Limpieza

Es importante los tapones se limpien cada vez que se vayan a utilizar para evitar irritación o incomodidad en el canal auditivo. A continuación, se presentan las instrucciones de limpieza:

1. Utilice únicamente agua y jabón para limpiar los tapones. No utilice alcohol o algún otro tipo de desinfectante ya que los tapones se podrían dañar.
2. Enjuague los tapones con agua nuevamente para quitar algún rastro de jabón.
3. Seque los tapones a temperatura ambiente. No utilice ninguna fuente de calor.

2. Tapones desechables

a) Colocación de los tapones



Fuente: 3M, 2021

b) Retiro de los tapones reutilizables

Para retirar los tapones, gire cuidadosamente el tapón para romper el sello y retire el tapón.

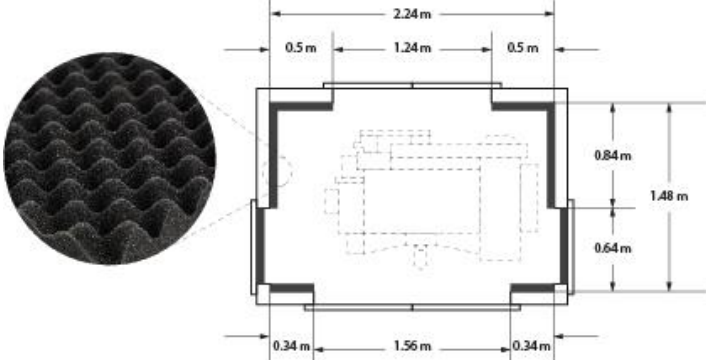
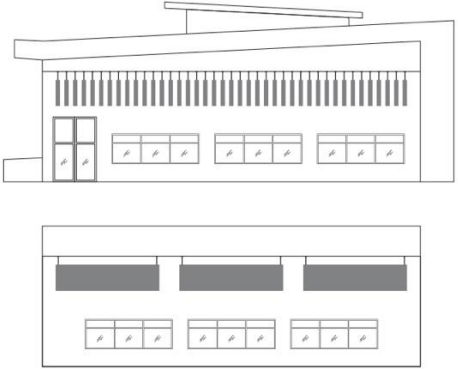
G. Medidas para el control de la exposición ocupacional a ruido

Para lograr la disminución del nivel de presión sonora dentro de la planta de producción, se propusieron dos controles enfocados a la fuente analizada previamente y al local de estampado.

1. Controles ingenieriles

A continuación, se presentan las alternativas viables para reducir los niveles de presión sonora (ver Cuadro 42) dentro del área de estampado, y a su vez del resto de la planta de producción.

Cuadro 42. Alternativas de solución viables

Ubicación	Alternativa	Diseño
Fuente	Recubrimiento con espuma convoluting del encerramiento de la troqueladora	
Techo del local	Colocación de bafles suspendidos en el 80% del techo	

2. Controles administrativos

a) Programa de capacitaciones: Ruido

El programa de capacitaciones sobre ruido busca concientizar a los trabajadores sobre los daños provocados por la exposición excesiva al ruido y prevenir la pérdida de la audición. A continuación, se presentan los aspectos generales del programa (ver Cuadro 43)

Cuadro 43. Aspectos generales para el Programa de capacitaciones sobre ruido

Objetivos	Alcance	Equipo/ Materiales/ Instrumentos	Indicador	Participantes
<ul style="list-style-type: none">• Concientizar a los trabajadores sobre los daños provocados por la exposición excesiva al ruido.• Prevenir la pérdida de la audición	Trabajadores expuestos a niveles de presión sonora mayores a 85 dB (A)	Audiómetro	Cambio umbral estándar	<ul style="list-style-type: none">• Departamento de EHS• Operarios

b) Requisitos generales

- Las capacitaciones sobre ruido se brindarán a todos los trabajadores que ingresen a la planta de producción.
- El departamento de EHS brindará la capacitación de manera anual a todos los trabajadores.
- La información de las capacitaciones debe ser actualizadas para que estén en sintonía con cambios del equipo protector y procesos de trabajo.

c) Fases del programa

(1) Identificación de los participantes

Las capacitaciones se deben realizar para aquellos trabajadores que se encuentran expuestos a niveles de presión sonora mayores a 85 dB (A). No obstante, las capacitaciones ayudarán a todos los colaboradores a proteger su propia audición dentro o fuera del trabajo.

(2) Planificación de las capacitaciones

Para planificar las capacitaciones se debe tomar en cuenta que el tiempo de los trabajadores es limitado por lo que las capacitaciones no deben exceder los 40 minutos (lo cual recomienda la organización) para no entorpecer el proceso de producción. Para esto se realizarán dos capacitaciones que abarquen los temas propuestos.

Los temas a tratar dentro de las capacitaciones se muestran en la siguiente matriz de planificación (ver Cuadro 44).

Cuadro 44. Matriz de planificación de capacitación en el tema de ruido

Objetivo	Temas	Recursos	Duración
Brindar información sobre conceptos generales de ruido. Dar a conocer los efectos auditivos y extra auditivos generados por la exposición a ruido.	<ul style="list-style-type: none">• ¿Qué es el ruido?• Tipos de ruido• Ruido presente dentro de la planta de producción• Efectos del ruido para la audición• Efectos extra auditivos• Propósitos de las audiometrías.	<ul style="list-style-type: none">• Computadora• Televisor• Presentación (Power Point, interactivas entre otras)• Registro de entrenamiento	40 minutos
Brindar información sobre los equipos de	<ul style="list-style-type: none">• Propósito de los equipos de protección auditiva.		

protección auditivos.	<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas y desventajas del equipo de protección auditiva. • Atenuación de los equipos de protección auditiva • Instrucciones de uso, ajuste, limpieza y cuidados. 		
-----------------------	---	--	--

(3) Cronograma de impartición de capacitaciones

Para realizar las capacitaciones se debe tomar en cuenta el tiempo necesario para crear el material y coordinar la cantidad de participantes por día con los supervisores de cada área. A continuación, se presenta el siguiente cronograma de actividades (ver Figura 14)

	Febrero			Marzo				Abril				Mayo			Junio					
Actividad / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Recolección de información	✓																			
Creación del material (presentación)		✓	✓																	
Coordinación de grupos por área				✓																
Capacitación I					✓	✓	✓													
Capacitación II								✓	✓	✓										
Evaluaciones					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓		

Figura 14. Diagrama de Gantt para realizar las capacitaciones

Es importante mencionar que los refrescamientos se llevarán a cabo de manera anual o cuando exista alguna falta o amonestación por incumplimiento de uso del equipo de protección auditiva y cuando se incluya un nuevo equipo o maquinaria en los procesos.

(4) Evaluación del programa de capacitación

Para verificar el aprendizaje después de la capacitación se realizará un cuestionario para evaluar el conocimiento adquirido. Además, el departamento de *EHS* realizará una encuesta de satisfacción tres meses después de haberse presentado el programa.

(5) Costo del programa de capacitación

El programa de capacitación sobre ruido no tiene ningún costo asociado ya que todos los elementos necesarios para realizar las capacitaciones los cuenta la empresa.

H. Evaluación del programa y mejora continua

Para verificar el cumplimiento de los objetivos y metas propuestas para el programa es necesario realizar una evaluación que permita realizar los cambios pertinentes si así se requiere.

(1) Controles ingenieriles

Una vez aplicados los controles propuestos, es necesario realizar nuevamente una evaluación de ruido que permita conocer si existe o no una reducción en los niveles de presión sonora hasta los 85 dB (A) según indica la normativa nacional.

(2) Controles administrativos

(a) Registro de entrenamiento para las capacitaciones

Es necesario completar los registros de entrenamientos (ver Apéndice 21) para confirmar el porcentaje de avance en cuanto al personal capacitado hasta alcanzar el 100% de la población.

(b) Evaluación de capacitaciones

Se aplicará un cuestionario después de cada capacitación sobre los temas vistos durante las capacitaciones a todos los participantes para para evaluar el conocimiento adquirido durante las mismas.

Además de una encuesta de satisfacción tres meses después de iniciado el programa.

(3) Cumplimiento legal

Se aplicará la lista de verificación basada en el Reglamento de Control de Ruido y Vibraciones (ver Apéndice 4) para conocer el porcentaje de cumplimiento total.

(4) Auditoria del programa

Se realizarán auditorias programadas para evaluar el programa de conservación auditiva en las cuales se incluirán entrevistas a los miembros administrativo y colaboradores con el fin de revisar registros y el seguimiento de los procedimientos.

(5) Porcentaje de desplazamiento del umbral estándar

Se calculará la incidencia de desplazamiento del umbral estándar con el fin de identificar si la tasa de desplazamiento del umbral estándar varia o es estable.

I. Costo total del Programa de Prevención y Conservación Auditiva

El costo del programa se determinó a partir de las propuestas planteadas en el mismo. A continuación, se presenta la matriz de presupuesto para la aplicación del mismo.

Cuadro 45. Costo total del Programa de Prevención y Conservación Auditiva

Actividad	Costo
Evaluación de ruido ocupacional	
Alquiler del equipo	¢866 778
Programa Control Auditivo	
Audiometrías (basal y anual)	¢6 396 000
Controles administrativos	
Programa de Capacitación	¢0
Controles ingenieriles	
Propuesta para la fuente	¢183 572
Propuesta para el techo	¢5 663. 520
Total	¢13 109 870

J. Conclusiones del programa

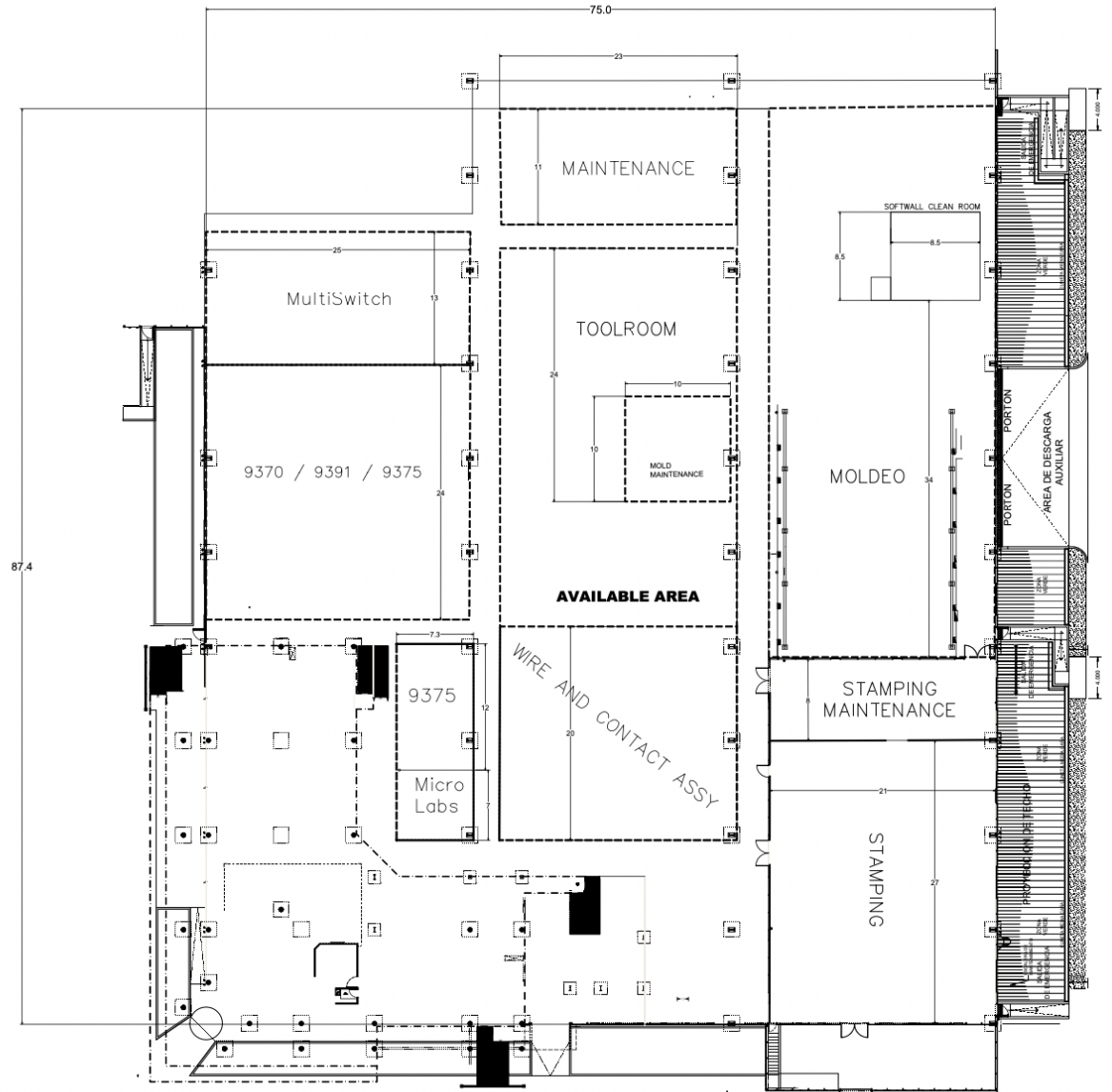
- Las metodologías propuestas para evaluar el ruido ocupacional permiten cuantificar los niveles de presión sonora dentro del lugar, así como el porcentaje de dosis de ruido al que se exponen los trabajadores.
- Los controles ingenieriles propuestos para la fuente y el local permitirán absorber y aislar el ruido generado, de modo que se reduzcan los niveles de presión sonora a 85 dB (A) o menos cumpliendo así con el Reglamento de Ruido y Vibraciones de Costa Rica.
- La evaluación del Programa de Prevención y Conservación Auditiva es necesario para obtener una mejora continua.
- El programa de capacitaciones permite concientizar a los trabajadores sobre la importancia de cuidar su salud auditiva y así adoptar actitudes y comportamientos que prevengan tanto los efectos auditivos como los extra auditivos.

K. Recomendaciones del programa

- Es necesario incluir las audiometrías en los exámenes pre-empleo para conocer la salud auditiva inicial de los trabajadores y así mantener un control del umbral estándar con las audiometrías anuales.
- Para fortalecer el proceso de mejora continua del programa se recomienda seguir los procedimientos detallados en el mismo.

L. Aprendices del programa

Apéndice 1. Croquis de la planta de producción



Apéndice 2.Bitácora de muestreo para mapa de ruido

Número de Cuadrante	Hora	Recorrido																Observaciones
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		

Apéndice 3. Bitácora de muestreo para dosimetrías

Registro de dosimetría		
Realizado por:		
Lugar:		
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de finalización:
Nombre del Colaborador	% de dosis	Nivel sonoro continuo equivalente

Apéndice 4. Lista de Verificación para cumplimiento legal

Lista de Verificación basado en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541			
Capítulo I			
Artículo	Cumple	No cumple	No Aplica
Artículo 7°: No se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades superiores 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).			
Artículo 8°: 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.			
Artículo 10°: 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.			
Artículo 11°: 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.			
Artículo 12°: 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.			
Artículo 13°: 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.			

Artículo 14°: 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.			
Artículo 15°: 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.			
Artículo 16°: Los silenciadores deben ser regularmente mantenidos y bien inspeccionados.			
Capítulo II			
Artículo	Cumple	No cumple	No Aplica
Artículo 17°: En toda empresa o lugar de trabajo calificado como ruidoso se deberá mantener una e3ústencia como dispositivos de protección personal, de uso individual, que tengan como fin atenuar los ruidos a niveles por Establecidos por este Reglamento.			
Artículo 18°: 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.			
Artículo 19°: 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 equipo.			
Artículo 20°: 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.			
Artículo 21°: 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.			
Artículo 22°: Los locales en donde se instalen comedores, dormitorios y lugares de descanso de los trabajadores deben estar muy bien protegidos contra ruidos.			
Artículo 23°: Los servicios sanitarios destinados a los trabajadores deben estar, asimismo, debidamente protegidos contra ruidos.			

Artículo 26°: El Departamento de Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacionales, del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, será, junto con 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.			
--	--	--	--

VIII. Bibliografía

- 3M. (2019). ¿Se puede controlar el ruido? https://www.3m.com.mx/3M/es_MX/epp-la/soluciones-de-seguridad/centro-proteccion-auditiva-3M/programa-de-proteccion-auditiva/control-de-ruido/
- Alban,G., Arguello,V., & Molina,C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173.
- Álvarez, T. (2021). Aspectos Ergonómicos Del Ruido. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/509319/DTE-Aspectos+Ergonomicos+RUIDO+y+VIBRACIONES.pdf/f19b4be7-4f7d-4f11-9d12-b0507638290f>
- Asociación Americana del Habla, Lenguaje y Audición. (2019). Serie informativa de audiología. <https://www.asha.org/siteassets/uploadedFiles/AIS-EI-Ruido.pdf>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2009). 1.UNE- En ISO 9612: Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.
- 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

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>

Granados, R. (2018). Programa de control de exposición a vibraciones en cuerpo-entero, a ruido y ergonómico en los operarios del quebrador Ochomogo Ltda. [Trabajo final de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC.

https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10366/proyecto_graduacion_reina_granados_castillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Grass, Y., Castañeda, M., Pérez, L., & Roca, L. (2017). Noise in the stomatological working environment. MEDISAN, 21(5), 527-533. Recuperado en 31 de mayo de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017000500003&lng=es&tlng=en.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (s.f). Ruido: evaluación y acondicionamiento ergonómico. <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Ruido+Evaluacion+y+acondicionamiento+ergonomico.pdf/8090501b-24a1-4cc1-8409-6ccc324005ab?t=1527155979542>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2021). Ruido. Portal INSST. <https://www.insst.es/-/que-es-el-ruido->

Kacem, I., Kahloul, M., Maoua, M., Hafsia, M., Brahem, A., Limam, M., Ghardallou, M., Brahem, F., Aroui, H., El Maalel, O., Kalboussi, H., Chatti, S., Naija, W., & Mrizek, N. (2021). Occupational Noise Exposure and Diabetes Risk. *Journal of Environmental and Public Health*, 2021, 1–7.
<https://doi.org/10.1155/2021/1804616>

Liguori, C., Ruggiero, A., Russo, D., Sommella, P., & Lundgren, J. (2021). Proposal for the automatic evaluation of workers' exposure to acoustic noise following task-based approach. *Measurement*, 173, 108534.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108534>

Micro Technologies S.A. (2021). About Micro. <https://mic-tec.com/about/>

Miyara, F. (2017). El sonido, la música y el ruido. Laboratorio de Acústica y Electroacústica. <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/sonmurui.pdf>

Mohammad Javad Golhosseini, S., Aliabadi, M., Golmohammadi, R., Farhadian, M., Akbari, M., Hamidi Nahrani, M., & Samavati, M. (2021). The influence of combined exposure to noise and whole-body vibration on hearing loss under simulated heavy equipment driving conditions. *Applied Acoustics*, 179, 108058. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108058>

Organización Internacional del Trabajo. (2021). Ruido. OIT.

<https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/noise/lang--es/index.htm>

Organización Mundial de la Salud. (2019). Sordera y pérdida de la audición.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

Ministerio de Salud Pública de Costa Rica, (2000). Reglamento para el Control de ruido y Vibraciones. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional, Gaceta

Robles, A., & Arias, E. (2015). Metodologías de evaluación: Exposición ocupacional a ruido y casos de análisis en agentes ambientales físicos; módulo exposición ocupacional a ruido.

<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/12011/Metodolog%C3%ADa%20WEB.pdf?sequence=1>

Sánchez, B. (2015). Programa de Conservación Auditiva para el Proceso de Laminación de la Planta Arcelor Mittal Guápiles. [Trabajo final de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio TEC.

https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6638/Programa_conservacion_auditiva_proceso_laminacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Solarte, L. (2018). El ruido: definición, tipos y efectos por la exposición en ambiente laboral. (alteración auditiva): una revisión de literatura años 2000 – 2015.

Aereandina. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/651>

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

Suter, A. (2000). Ruido. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Recuperado de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/47.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

Villavicencio, E., Alvear, M., Cuenca, K., Calderón, M., Zhunio, K., & Webster, F. (2017). El tamaño muestral para la tesis. ¿Cuántas personas debo encuestar?



Vilniškis, T., Januševičius, T., & Baltrėnas, P. (2020). Case study: Evaluation of noise reduction in frequencies and sound reduction index of construction with variable noise isolation. *Noise Control Engineering Journal*, 68(3), 199–208.
<https://doi.org/10.3397/1/376817>

IX. Apéndices

Apéndice 5. Cuestionario sobre confort acústico


Cuestionario sobre confort Acústico

El presente cuestionario busca su opinión sobre cómo interfiere y afecta el ruido en sus tareas diarias.
Al finalizar el cuestionario, los datos que usted proporcione serán utilizados para fines académicos y son totalmente confidenciales.

 danimeneses96@gmail.com (no compartidos) 
[Cambiar de cuenta](#)

***Obligatorio**

Identificación del área *

Elige 

Puesto *

Tu respuesta _____

Antigüedad en el puesto *

menos de un año

de 2 a 5 años

más de 5 años

Género *

Femenino

Masculino

Otro

Características de la (s) tarea(s) realizada(s)

Marque la(s) casilla(s) correspondiente(s) *

El trabajo desarrollado implica altos niveles de atención

El trabajo desarrollado requiere tareas mentales o manuales de alta complejidad

El desarrollo habitual de la tarea exige una elevada discriminación auditiva

Fuentes de Ruido

Marque la(s) casilla(s) correspondiente(s) *

- El ruido es producido por la tarea que realiza
- El ruido es producido por fuentes ajenas

Ruido exterior

Es importante el ruido procedente del exterior (Calle, tráfico, etc) *

- Sí
- No

Ruido de personas

Hay ruido molesto procedente de personas *

- Sí
- No

Características del ruido

Marque la(s) casilla(s) correspondiente(s) *

- 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 pueda sobresaltarlo
- Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente
- Existe algún tono o frecuencia del ruido predominante

Molestias

Marque la casilla correspondiente

Le molesta el ruido en su puesto de trabajo *

- Mucho*
- Bastante*
- Regular*
- Poco*
- Nada

Tiempo que considera el ruido más molesto

Cuánto tiempo a lo largo de su jornada laboral, considera que el ruido es más molesto *

- Siempre
- Más de media jornada
- Entre la media y cuarta parte de la jornada
- Menor de la cuarta parte de la jornada
- Nada

Señale las fuentes de ruido que le resulten más molestas *

En primer lugar ponga la que considere más molesta asignándole el número 1, a continuación la siguiente con el número 2 y así sucesivamente

	1	2	3	4
Ruido exterior	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ruido procedente de personas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ruido de instalaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ruido de equipos de trabajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Perturbación de la concentración Mental

El ruido existente constituye un factor de distracción importante en el desarrollo de la(s) tarea (s) *

- Mucho
- Bastante
- Regular
- Poco
- Nada

El ruido le dificulta la concentración mental requerida en la(s) tarea(s) *

- Mucho
- Bastante
- Regular
- Poco
- Nada

Interferencia en la comunicación verbal

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

- Mucho
- Bastante
- Regular
- Poco
- Nada

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 *

- Mucho
- Bastante
- Regular
- Poco
- Nada

Apéndice 6. Bitácora de muestreo

Bitácora para recolección de datos de mapa de ruido

Fecha: _____ Hora de inicio: _____ N° de serie del equipo: _____
 Responsable: _____ Hora de finalización: _____ Área: _____

Número de Cuadrante	Hora	Recorrido																Observaciones
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		

Apéndice 7. Encuesta Higiénica

Encuesta Higiénica para condiciones de ruido			
Empresa:			
Evaluador:			
Fecha:	Hora inicial:	Hora final:	
Área de trabajo:			
Datos Generales			
Nombre del área:			
Cantidad de trabajadores	Hombres:	Mujeres:	
Materia Prima utilizada:			
Cantidad de maquinaria involucrada en el proceso			
Descripción breve del proceso:			
Naturaleza del Trabajo			
Número de Turnos	1 Turno ()	2 Turnos ()	3 Turnos ()
Horario de turnos:			
Días de trabajo:			
Horas de trabajo diarias:			
Descansos (minutos/día)	Mañana:	Almuerzo:	Tarde:
Lugar de descanso:			
Cantidad de trabajadores por turno	Hombres:	Mujeres:	
Fuentes del Ruido			
El ruido es producido por la tarea que realiza el propio trabajador	Si ()	No ()	
El ruido es producido por fuentes ajenas al trabajador	Si ()	No ()	

Es importante el ruido procedente del exterior (Calle, tráfico, etc)	Si ()	No ()
Hay ruido molesto procedente de personas (conversaciones entre compañeros, público, etc)	Si ()	No ()
Existe un sistema de ventilación/climatización ruidosa)	Si ()	No ()
El puesto de trabajo está próximo a un proceso productivo ruidoso	Si ()	No ()
Existen equipos ruidosos para el desarrollo de la tarea (impresoras, ordenadores, teléfonos, etc).	Si ()	No ()
El nivel de ruido es constante y continuo en el tiempo	Si ()	No ()
El nivel de ruido sufre grandes variaciones a lo largo de la jornada	Si ()	No ()
Existe habitualmente ruido de impactos (golpes)	Si ()	No ()
Hay ruido aleatorio e inesperado en algún momento de la jornada que puede sobresaltar al trabajador	Si ()	No ()
Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente	Si ()	No ()
Sector(es) con mayor presencia de ruido:		
Proceso que genera mayor cantidad de ruido:		
Máquinas/equipos que generan ruido:		
Comentarios sobre las fuentes de ruido:		

Apéndice 8. Entrevista Semiestructurada al Supervisor de Mantenimiento

Entrevista al Supervisor de Mantenimiento

Instrucciones: A continuación, se presentan las siguientes preguntas las cuales tiene como fin recolectar información sobre el mantenimiento realizado a las máquinas y equipos e información sobre los materiales de construcción de la planta de producción de *Micro Technologies S.A.*

Primero, lea detenidamente cada pregunta y sus respectivas respuestas, seguidamente, marque con una X la opción(es) que considere, en la casilla correspondiente.

A. Mantenimiento

1. ¿Qué tipo de mantenimiento se le da a las máquinas y equipos de la planta?

Preventivo () Correctivo ()

Si es preventivo, ¿Cada cuanto se realiza?: _____

2. ¿Al realizar el mantenimiento se toma en cuenta el ruido que genera la máquina y/o equipo?

Si () No ()

3. ¿El ruido generado por las máquinas depende de la producción?

4. ¿Las máquinas cuentan con materiales de aislamiento acústico?
Si () No ()

Si la respuesta es afirmativa, indique cuáles máquinas:

B. Detalle de las máquinas

Detalles de las máquinas de Estampado							
Máquina							
Marca							
Modelo							
Funcionamiento h/día							
Mantenimiento: Frecuencia							
Fecha de último mantenimiento							
Antigüedad							

Detalles de las máquinas de Moldeo							
Máquina							
Marca							
Modelo							
Funcionamiento h/día							
Mantenimiento: Frecuencia							
Fecha de último mantenimiento							
Antigüedad							

Detalles de las máquinas de Wire							
Máquina							
Marca							
Modelo							
Funcionamiento h/día							
Mantenimiento: Frecuencia							
Fecha de último mantenimiento							
Antigüedad							

Detalles de las máquinas de <i>Tool Room</i>							
Máquina							
Marca							
Modelo							
Funcionamiento h/día							
Mantenimiento: Frecuencia							
Fecha de último mantenimiento							
Antigüedad							

Detalles de las máquinas de <i>Multiswitch</i>							
Máquina							
Marca							
Modelo							
Funcionamiento h/día							
Mantenimiento: Frecuencia							
Fecha de último mantenimiento							
Antigüedad							

Detalles de las máquinas de Línea 9375

Detalles de las máquinas de Línea 9375							
Máquina							
Marca							
Modelo							
Funcionamiento h/día							
Mantenimiento: Frecuencia							
Fecha de último mantenimiento							
Antigüedad							

Detalles de las máquinas de Micromaquinado

Detalles de las máquinas de Micromaquinado							
Máquina							
Marca							
Modelo							
Funcionamiento h/día							
Mantenimiento: Frecuencia							
Fecha de último mantenimiento							
Antigüedad							

C. Especificaciones estructurales de la planta

1. Materiales de construcción

Estructura	Material
Paredes	
Techo	
Piso	

- Cantidad de ventanas o aberturas en el lugar: _____

- Tipo de aberturas en el lugar:

Muchas Gracias

Apéndice 9. Entrevista Semi Estructurada al Encargado de EHS

Entrevista al Encargado de *EHS*

Instrucciones: A continuación, se presentan las siguientes preguntas las cuales tiene como fin recolectar información sobre los aspectos de seguridad y salud de la planta de producción de *Micro Technologies S.A.*

1. ¿Se ha realizado un estudio de exposición ocupacional a ruido en la empresa?

Si () No ()

2. ¿Se han realizado dosimetrías personales de ruido a los trabajadores de la planta?

Si () No ()

3. ¿Se han implementado medidas de control para disminuir la exposición a ruido?

Si la respuesta es afirmativa, ¿Cuáles son esas medidas? _____

4. ¿Se han realizado capacitaciones sobre ruido a los trabajadores de la planta?

Si () No ()

Si la respuesta es afirmativa:

¿Cuántas capacitaciones? _____

¿Cuáles temas se han desarrollado? _____

5. ¿La empresa cuenta con presupuesto para la implementación de capacitaciones sobre ruido para los trabajadores de la planta?

Si () No ()

6. ¿La empresa cuenta con personal capacitado para la implementación de un programa de prevención y conservación auditiva?

Si () No ()

Si la respuesta es afirmativa, indique el puesto de las personas que involucraría _____ en _____ el programa: _____

7. ¿La organización cuenta con las disposición y presupuesto para implementar controles administrativos y/o ingenieriles para disminuir los niveles de presión sonora dentro de la planta de producción?

Si () No ()

Muchas Gracias

Apéndice 10. Matriz de los 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	
Techo	Zinc	567	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	226.8000	340.2000	453.6000	453.6000	396.9000	283.5000	
Piso	Concreto	567	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	5.6700	5.6700	11.3400	11.3400	11.3400	17.0100	
Pared 1	Yeso	208.31	0.08	0.11	0.05	0.03	0.02	0.03	16.6648	22.9141	10.4155	6.2493	4.1662	6.2493	
	Vidrio	34.34	0.25	0.1	0.07	0.06	0.04	0.02	8.5850	3.4340	2.4038	2.0604	1.3736	0.6868	
Pared 2	Concreto	164.96	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	1.6496	1.6496	3.2992	3.2992	3.2992	4.9488	
	Vidrio	23.764	0.25	0.1	0.07	0.06	0.04	0.02	5.9410	2.3764	1.6635	1.4258	0.9506	0.4753	
Pared 3	Zinc	100.3	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	40.1200	60.1800	80.2400	80.2400	70.2100	50.1500	
	Concreto	100.3	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	1.0030	1.0030	2.0060	2.0060	2.0060	3.0090	
	Vidrio	39.39	0.25	0.1	0.07	0.06	0.04	0.02	9.8475	3.9390	2.7573	2.3634	1.5756	0.7878	
Pared 4	Zinc	182.33	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	72.9320	109.3980	145.8640	145.8640	127.6310	91.1650	
	Área total	1987.7							Sumatoria	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2
									R	484.0	761.9	1113.3	1100.8	899.9	595.1

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

Lista de Verificación basado en el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones. Decreto N° 10541

Capítulo I

Artículo	Cumple	No cumple	No Aplica
Artículo 7°: No se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades superiores 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		
Artículo 8°: 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.	X		
Artículo 9°: 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	
Artículo 10°: 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		
Artículo 11°: 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
Artículo 12°: 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		
Artículo 13°: 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		

Artículo 14°: 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
Artículo 15°: 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	
Artículo 16°: Los silenciadores deben ser regularmente mantenidos y bien inspeccionados.			
Capítulo II			
Artículo	Cumple	No cumple	No Aplica
Artículo 17°: En toda empresa o lugar de trabajo calificado como ruidoso se deberá mantener una e3ústencia como dispositivos de protección personal, de uso individual, que tengan como fin atenuar los ruidos a niveles por Establecidos por este Reglamento.	X		
Artículo 18°: 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	
Artículo 19°: 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 equipo.	X		
Artículo 20°: 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.	X		
Artículo 21°: 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		
Artículo 22°: Los locales en donde se instalen comedores, dormitorios y lugares de descanso de los trabajadores deben estar muy bien protegidos contra ruidos.			X
Artículo 23°: Los servicios sanitarios destinados a los trabajadores deben estar, asimismo, debidamente protegidos contra ruidos.			X

<p>Artículo 24°: 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.</p>			X
<p>Artículo 25°: 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</p>	X		
<p>Artículo 26°: El Departamento de Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacionales, del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, será, junto con 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.</p>	X		

Apéndice 12. Bitácora de muestreo para la toma de datos de las dosimetrías

Registro de dosimetría		
Realizado por:		
Lugar:		
Fecha:	Hora de inicio:	Hora de finalización:
Nombre del Colaborador	% de dosis	Nivel sonoro continuo equivalente

Apéndice 13. Método OSHA

Evaluación del equipo de protección persona 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 14. Matriz de involucrados internos

ID	Puesto	Nivel de Influencia	Nivel de interés

Apéndice 15. Matriz de asignación de responsabilidades (RACI)

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

Apéndice 16. Matriz de planificación de capacitación

Objetivo	Tema	Recurso necesario	Tiempo requerido	Método de evaluación

Apéndice 17. Matriz comparativa de diseños de control (administrativos o ingenieriles)

Aspecto Evaluado	Propuesta				
Económico					
Ambiental					
Seguridad y Salud					
Cultural y Social					
Estándar Aplicable					

Apéndice 18. Matriz de presupuesto para la propuesta del programa

Recurso	Costo
Presupuesto necesario	

Apéndice 19. Nivel de presión sonora para los cuadrantes del mapa de ruido

Cuadrante	NPS dB (A)
1	88.4
2	88.1
3	88.0
4	87.8
5	87.7
6	88.3
7	88.5
8	87.9
9	87.9
10	87.8
11	86.7
12	86.4
13	86.1
14	85.9
15	85.8
16	85.5
17	85.6
18	85.1

19	84.9
20	84.7
21	84.5
22	84.4
23	83.7
24	83.4

Cuadrante	NPS dB (A)
25	83.3
26	83.3
27	83.0
28	82.8
29	82.8
30	82.8
31	82.7
32	83.0
33	82.5
34	82.3
35	82.3
36	82.3
37	82.3
38	82.1
39	82.0
40	81.9
41	81.9
42	81.8
43	81.7
44	81.8
45	81.6
46	81.5
47	81.5
48	81.5

Cuadrante	NPS dB (A)
49	81.2
50	81.3
51	81.1
52	81.0
53	81.0
54	81.0
55	81.0
56	80.9
57	80.9

58	80.9
59	81.1
60	80.9
61	80.8
62	80.5
63	80.1
64	80.4

Apéndice 20. Mediciones puntuales a la fuente

Punto	Hora	NPS
1	6:56	91.1
2	6:57	91.2
3	6:58	91.4
4	6:59	91.4
5	7:00	91.5
6	7:01	92.7
7	7:02	97.2
8	7:03	97.1
9	7:04	97.1
10	7:05	96.8
11	7:06	96.5
12	7:07	96.5
13	7:08	96.2
14	7:09	96.2
15	7:10	96.5
16	7:11	96.3
17	7:12	96.3
18	7:13	96.1
19	7:14	Máquina
20	7:15	95.9

21	7:16	95.9
22	7:17	95.8
23	7:18	Máquina
24	7:19	95.7

Apéndice 21. Registro de entrenamiento



MICROTECHNOLOGIES

Departamento de Recursos Humanos

REGISTRO DE ACTIVIDAD/ACTIVITY RECORD

Actividad/Activity		Fecha/Date	Duración (hrs/hours)
<input type="checkbox"/> Entrenamiento/training	<input type="checkbox"/> Reunión/meeting	/ /	

Título de la Actividad/Activity title

ID	Nombre del Instructor/Instructor Name	Firma y Fecha /Signature & Date

N°	ID	Nombre del empleado/ Employee Name	Departamento	Firma y Fecha/Signature & Date
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

x. Anexos

Anexo 1. Cuestionario para Confort Acústico

Identificación del puesto

Empresa.....

Área

Puesto

Nº de puestos similares.....

Existen quejas previas de los trabajadores por el ruido

Otros datos

NOTA: En el cuestionario, las situaciones incorrectas se indican mediante un doble recuadro:

1. CARACTERÍSTICAS DE LA(S) TAREA(S) REALIZADA(S) (marque con una la(s) casilla(s) correspondiente(s))

Descripción de la(s) tarea(s):

.....
.....
.....

1.1. El trabajo desarrollado implica altos niveles de atención

1.2. El trabajo desarrollado requiere tareas mentales o manuales de alta complejidad

1.3. El desarrollo habitual de la tarea exige una elevada discriminación auditiva

Por ejemplo:

- reconocimiento de conversaciones, sean directas (personal o presencial) o telefónicas, de señales de aviso o de alarma, atención al público
- reconocimiento de diferencias y variaciones de sonido, en tono o intensidad como, por ejemplo, afinación de instrumentos musicales
- reconocimiento de la posición de los sonidos o tonos como, por ejemplo, la localización de sonidos críticos en máquinas funcionando, averías, etc.

Comentarios

.....
.....
.....

2. FUENTES DEL RUIDO (marque con una la(s) casilla(s) correspondiente(s))

2.1. El ruido es producido por la tarea que realiza el propio trabajador

2.2. El ruido es producido por fuentes ajenas al trabajador

En caso afirmativo, rellene los apartados siguientes 2.2.1 hasta 2.2.6:

Ruido exterior

2.2.1. Es importante el ruido procedente del exterior (calle, tráfico, etc.)

SÍ

NO

En caso afirmativo, pregunte al trabajador en qué momento de la jornada le resulta más molesto

.....

Ruido de personas

2.2.2. Hay ruido molesto procedente de personas (conversaciones entre compañeros, público, etc.)

SÍ

NO

Especificar en caso afirmativo

.....

Ruido de las instalaciones

2.2.3. Existe un sistema de ventilación/climatización ruidoso

SÍ

NO

2.2.4. Existe reverberación en la sala que interfiera en la tarea

SÍ

NO

Especificar en caso afirmativo (localización de las instalaciones, tiempo de funcionamiento, etc.)

.....

Ruido de los equipos de trabajo

2.2.5. El puesto de trabajo está próximo a un proceso productivo ruidoso

SÍ

NO

2.2.6. Existen equipos ruidosos para el desarrollo de la tarea (impresoras, ordenadores, teléfonos, etc.)

SÍ

NO

Especificar en caso afirmativo (localización de los equipos, tiempo de funcionamiento, etc.)

.....

Comentarios sobre las fuentes de ruido

.....

.....

.....

3. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS-INSTALACIONES

3.1. Ausencia de un programa correcto de mantenimiento periódico de equipos e instalaciones

Sí NO

Comentarios

.....
.....
.....

4. CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO (marque con una "X" la(s) casilla(s) correspondiente(s))

- 4.1. El nivel de ruido es constante y continuo en el tiempo
- 4.2. El nivel de ruido sufre grandes variaciones a lo largo de la jornada
- 4.3. Existe habitualmente ruido de impactos (golpes)
- 4.4. Hay ruido aleatorio e inesperado en algún momento de la jornada que puede sobresaltar al trabajador
- 4.5. Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente
- 4.6. Existe algún tono o frecuencia del ruido predominante

Comentarios

.....
.....
.....

5. MOLESTIAS ⁽¹⁾ (RECOGER LA OPINIÓN DEL TRABAJADOR)

5.1. Al trabajador le molesta el ruido en su puesto de trabajo (marque con "X" la casilla correspondiente)

Mucho*	
Bastante*	
Regular*	
Poco*	
Nada	

En caso afirmativo* conteste a las siguientes preguntas: 5.1.1 y 5.1.2

5.1.1. Cuánto tiempo, a lo largo de su jornada laboral, el trabajador considera que el ruido es más molesto (marque con "X" la casilla correspondiente)

Siempre	
Más de media jornada	
Entre la media y la cuarta parte de la jornada	
Menos de la cuarta parte de la jornada	
Nunca	

Precise en qué momento y tarea(s) de la jornada laboral

.....

5.1.2. Señale las fuentes de ruido que le resulten más molestas al trabajador. En primer lugar ponga la que considere más molesta asignándole el número 1 a continuación la siguiente con el número 2 y así sucesivamente. No anote nada si el trabajador no siente ninguna molestia relacionada con alguna de estas fuentes.

- Ruido exterior
- Ruido procedente de personas
- Ruido de las instalaciones.....
- Ruido de equipos de trabajo

Comentarios

.....

.....

.....

(1) Se recomienda un análisis y valoración de las molestias mediante índices acústicos (ver disposiciones legales y normas técnicas en el capítulo V).

6. PERTURBACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MENTAL⁽¹⁾
(recoger la opinión del trabajador)

6.1. El ruido existente constituye un factor de distracción importante en el desarrollo de la(s) tarea(s)

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

6.2. El ruido le dificulta la concentración mental requerida en la(s) tarea(s)

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

Comentarios

.....
.....
.....

(1) Se recomienda un análisis y valoración de las molestias mediante índices acústicos (ver disposiciones legales y normas técnicas en el capítulo V).

7. INTERFERENCIA EN LA COMUNICACIÓN VERBAL⁽²⁾
(recoger la opinión del trabajador)

7.1. Es necesario elevar el tono de voz para hacerse entender en el desarrollo de su trabajo

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

7.2. 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

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

7.3. Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas relevantes o entender mensajes por megafonía

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

Comentarios

.....
.....
.....

(2) Se recomienda el análisis y valoración del efecto del ruido sobre la comunicación mediante el método SIL (Speech Interference Level) UNE-EN ISO 9921:2004.

Anexo 2. Reglamento para el Control de Ruidos y Vibraciones

Decreto N° 10541-TSS

REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE RUIDOS Y VIBRACIONES

Capítulo I

Artículo 1°: Definiciones: Para los efectos de este Reglamento se entiende por:

- a) RUIDO: Cualquier sonido deseable que pueda producir, trastornos fisiológicos, psíquicos, o de ambas especies en las personas.
- b) RUIDO CONTINUO: El constante e invariable.
- c) RUIDO INTERMITENTE: El que se interrumpe o cesa y prosigue o se repite.
- d) RUIDO DE IMPACTO: Es el que tienen su causa en golpes simples de corta duración.
- e) DECIBELIO: Unidad internacional del sonido.

Capítulo II

Artículo 2°: Se consideran lugares de trabajo ruidosos aquellos donde operen motores de chorro, martinets y martillos trituradores, cepilladoras, martillos especiales, plantas eléctricas sierras circulares, máquinas atornilladoras, prensas, taladros de aire, máquinas laminadoras, herramientas de aire comprimido, hiladoras, telares y aquellos establecimientos comerciales en donde se expendan o reparen instrumentos musicales, ventas de discos y en general, todos aquellos en donde se produzcan ruidos cuya intensidad sea superada).

Artículo 3°: Las máquinas o equipos productores de ruido deberán ubicarse en zonas donde no afecten a los trabajadores que no tengan que intervenir directamente en su operación.

Artículo 4°: Toda máquina, equipo o aparato que pueda producir ruido cuya intensidad sea superior a 85 dB (A) deberán ser instalados en forma tal que se eliminen o reduzcan los ruidos y la vibraciones, así como su propagación.

Artículo 5°: Las instalaciones ruidosas deberán ser separadas de las áreas contiguas con material aislador de sonido.

Artículo 6°: Se cimentará, nivelará, ajustará y lubricará correctamente toda la maquinaria productora de ruido superior a 85 dB (A).

Artículo 7°: 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).

Artículo 8°: 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.

Artículo 9°: Cuando sea necesario el uso de vehículos dentro de fábricas, estos se proveerán de dispositivos que eliminen los ruidos superiores a 85 dB (A).

Artículo 10°: 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.

Artículo 11°: 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.

Artículo 12°: 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.

Artículo 13°: Unicamente 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.

Artículo 14°: 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.

Artículo 15°: 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.

Artículo 16°: Los silenciadores deben ser regularmente mantenidos y bien inspeccionados.

Capítulo III

Artículo 17°: 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.

Artículo 18°: 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.

Artículo 19°: 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 equipo.

Artículo 20°: 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.

Artículo 21°: 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.

Artículo 22°: Los locales en donde se instalen comedores, dormitorios y lugares de descanso de los trabajadores deben estar muy bien protegidos contra ruidos.

Artículo 23°: Los servicios sanitarios destinados a los trabajadores deben estar, asimismo, debidamente protegidos contra ruidos.

Artículo 24°: 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.

Artículo 25°: 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.

Artículo 26°: El Departamento de Medicina, Higiene y Seguridad Ocupacionales, del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, será, junto con 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.

Capítulo IV

De las Sanciones

Artículo 27°: La Dirección Nacional e Inspección General de Trabajo, velará por que se cumplan las disposiciones de este Reglamento y dispondrá para tal cometido, cuando fuere procedente y necesario, con el auxilio de las autoridades de policía y sanitarias, así como con la ayuda de organismos del Estado que en alguna forma se relacionan con los problemas de salud en el trabajo.

Artículo 28°: En caso de falta grave de las condiciones ambientales sobre la materia que trata este Reglamento que amenace evidentemente a la salud de los trabajadores, la Dirección Nacional e Inspección General de Trabajo podrá ordenar la paralización parcial o total de las labores en forma temporal o permanente, hasta tanto no se cumplan las normas de este Reglamento o no se adopten las medidas ordenadas a la empresa, todo lo anterior sin perjuicio de las sanciones legales que pudieran corresponder al patrono.

EUGENIO VARGAS CHAVARRIA

Las autoridades estarán obligadas a prestar el auxilio necesario a los inspectores de trabajo a efecto de lograr el cumplimiento de la orden de paralización de labores.

Artículo 29°: Cualquier infracción a las disposiciones de este Reglamento, se sancionará de conformidad con las disposiciones legales vigentes.

Disposiciones Finales

Este decreto regirá a partir de su publicación. Transitorio

I Las instalaciones industriales calificadas de ruidosas que se encuentran ya establecidas, deberán someterse a todas las prescripciones que señala este Reglamento en un plazo no mayor de seis meses.

II El Ministerio de Trabajo señalará el plazo dentro del cual deberá cumplirse con lo expuesto en el artículo 7°.

Dado en la Casa Presidencial. San José, a los catorce días del mes de setiembre de mil novecientos setenta y nueve.

RODRIGO CARAZO,

Presidente de la República

José Miguel Alfaro Rodríguez
El segundo Vicepresidente de la República, con recargo de la Cartera de Trabajo y Seguridad Social.

Anexo 3. Estructura de la fuente de estampado

