

Instituto Tecnológico de Costa Rica



Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

Proyecto de Graduación para optar por el grado de Bachillerato en
Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

Vitec Videocom Costa Rica

Propuesta de un programa de conservación auditiva para los
colaboradores del área de Machine Shop de la Empresa Vitec
Videocom

Elaborado por: María de los Ángeles Vargas Gómez

Profesora asesora: Gabriela Rodríguez

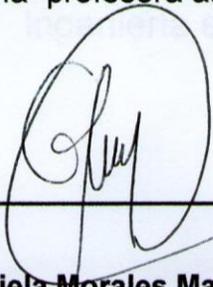
Asesor industrial: Ing. Jorge Hernández

Noviembre del 2014.

**CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL
PROYECTO DE GRADUACIÓN.**

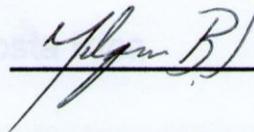
Proyecto de graduación defendido públicamente ante el tribunal examinador integrado por los profesores Ing. Gabriela Morales Martínez e Ing. Milagro Berrocal Jiménez como requisito para optar al grado de Bachiller en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del trabajo desarrollado por el estudiante, estuvo a cargo de la profesora asesora Gabriela Rodríguez Zamora.



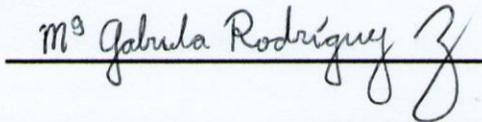
Ing. Gabriela Morales Martínez

Profesor evaluador



Ing. Milagro Berrocal Jiménez

Profesor evaluador



Gabriela Rodríguez Zamora

Profesor Asesor



María de los Ángeles Vargas Gómez

Estudiante

Cartago, 25 de noviembre de 2014.

Agradecimientos

En primer lugar deseo agradecer a Dios por regalarme el don de la vida y todo lo que soy, por brindarme la oportunidad de poder estudiar y formarme como profesional y por darme la gracia para lograr cada uno de los objetivos propuestos a lo largo de mi carrera, para El todo el honor y la gloria.

De igual manera, agradecer de todo corazón a mi familia por su amor y protección en especial a mi madre Elizabeth por sus consejos a lo largo de los años, su amor, su apoyo incondicional y su valentía en todo momento la cual a sido una inspiración cada día para seguir adelante. A mi hermana Elizabeth por su ayuda a lo largo de la carrera, sus consejos y oración por mi la cual es mi fortaleza. Agradecer a Andrés por sus consejos a lo largo de estos últimos años, su apoyo, comprensión y su oración que me acompañó en alegrías y las dificultades y me animó a seguir adelante.

A mi profesora asesora Gabriela Rodríguez Zamora por su guía y sus aportes durante la realización del proyecto, a la profesora Gabriela Morales Martínez por acompañarme a lo largo del planteamiento y desarrollo del proyecto, por sus aportes, consejos y su apoyo para llegar hasta el final, a la Ing. Milagro Berrocal por sus aportes al proyecto y a la profesora Miriam Brenes por sus consejos y su ayuda para dar inicio a este proyecto.

De igual manera, agradecer a todo el personal de la empresa Vitec Videocom por brindarme la oportunidad de desarrollar esta gran experiencia profesional en su empresa y en especial agradecer a mi asesor industrial el Ing. Jorge Hernández Aguilar por su dedicación a lo largo del proyecto, sus correcciones, sus aportes, toda la ayuda brindada y sus enseñanzas para la vida profesional.

Agradecer a todas las personas con las que compartí a lo largo de estos años y que han influido en mi formación como profesional. Agradecer especialmente al Grupo de Jóvenes del Padre Pío por acompañarme durante todos estos años de estudio con su oración la cual ha sido muy importante para mi, a mis amigos por ser parte esencial de mi vida de manera especial a María Jesús Sanabria por su cercanía, sus consejos y su amistad así como Iván Garita por su ayuda, su amistad y sus aportes para llegar a este logro.

Dedicatoria

A Dios que ha sido el gran autor de este logro. A mi familia mi mamá, mi hermana y mi abuelita por su amor y apoyo incondicional a lo largo de la vida. A Andrés por su amor y sus consejos.

**“Señor dame la gracia para lo que me pides
y pídemelo lo que quieras” San Agustín**

Resumen

El presente proyecto se desarrolló en la empresa Vitec Videocom ubicada en el Parque Industrial Zona Franca Z. Dicha empresa se dedica a ofrecer servicios y productos especializados de filmación en 10 países distintos.

Para efectos de este proyecto, el área evaluada fue la de Machine Shop, la cual cuenta con 44 colaboradores; en ella se preparan los insumos necesarios para que el producto terminado pueda continuar su proceso en líneas de ensamble. Debido a las tareas de mecánica de precisión que desarrollan y la maquinaria, se manifiesta la presencia de ruido en este sector. La existencia de dicho agente, se constató por medio de un estudio efectuado por el Instituto Nacional de Seguros en el año 2013 en el que se determinó que los niveles de presión sonora en esa área superan los 85 dB (A) alcanzando hasta los 98 dB (A).

Debido a la problemática que genera la exposición laboral a ruido, se estableció como objetivo general la propuesta de un programa de conservación auditiva para los colaboradores del área de Machine Shop, con el fin de mitigar las consecuencias de la exposición al ruido. Para el análisis del problema, se aplicaron distintas metodologías y herramientas para evaluar el ruido generado por las máquinas y procesos así como la exposición personal de los trabajadores a dicho agente.

Por medio del mapa de ruido se determinó que el área de mayor criticidad es la Fettling ya que los niveles de presión sonora sobrepasan los 80dB(A). Con respecto a maquinaria y procesos en CNC se determinó que las máquinas fresadoras CNC emiten mayores niveles de presión sonora que los tornos esto debido a las operaciones internas que llevan a cabo. En la evaluación de exposición personal se determinó que los colaboradores que operan los tornos CNC poseen mayor porcentaje nivel sonoro continuo equivalente que los que trabajan en las fresadoras CNC lo cual se debe, entre otros factores, al uso más frecuentemente el aire comprimido para limpiar las piezas terminadas y esto incrementa la exposición de los colaboradores al ruido generado.

Con base en la evaluación desarrollada se determinan los diseños de los apartados que contendrá el programa de conservación auditiva dentro de los cuales se encuentran: monitoreo de la exposición, controles ingenieriles y administrativos, equipo de protección auditiva, capacitación y programa de seguimiento.

Índice

Índice general

Resumen.....	6
Índice	2
Introducción	11
A. Identificación de la Empresa.....	12
Figura 1. Organigrama de la Empresa.....	13
B. Descripción del Problema	14
C. Justificación.....	15
D. Objetivos.....	18
E. Alcances y Limitaciones.....	18
E.1 Alcances.....	18
E.2 Limitaciones	19
Marco Teórico.....	20
A. Ruido	21
B. Máquinas.....	23
C. Programa de Conservación Auditiva.....	24
Metodología	28
A. Tipo de Investigación	29
B. Fuentes de Información	29
C. Población y Muestra.....	30
Cuadro. 1 Operacionalización de la variable “niveles de presión sonora generados por fuentes.....	33
Cuadro. 2 Operacionalización de la variable “exposición de los trabajadores a ruido.	35
Cuadro. 3 Operacionalización de la variable “programa de conservación auditiva.	36
E. Descripción de Herramientas.....	38
F. Plan de Análisis.....	41
Figura 2. Esquema del plan de análisis.	44
Análisis de la situación actual	45
A. Condiciones relacionadas con la exposición a ruido en el área.	46

Figura 3. Diagrama de causas de exposición a ruido en el área de Machine Shop.....	47
B. Factores personales asociados a la exposición ocupacional a ruido.	49
Cuadro 4. Cantidad de trabajadores por edad	49
Cuadro 5. Cantidad de tiempo laborado por los colaboradores en el área de Machine Shop	50
Gráfico 1. Intensidad de molestia que genera el ruido a los colaboradores.....	51
Gráfico 2. Momento de la jornada de trabajo en que es más molesto el ruido.	52
Cuadro 6. Percepción del nivel de escucha del colaborador	54
Gráfico 3. Frecuencia de síntomas presentados por exposición laboral a ruido.....	55
C. Características del ruido en el área	56
Figura 4. Mapa de ruido.....	57
Gráfico 4. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 9.....	55
Gráfico 5. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 9 sin presencia de aire comprimido.....	56
Gráfico 6. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 29.....	57
Gráfico 7. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 29 sin presencia de aire comprimido.....	58
Gráfico 8. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 33.....	59
D. Evaluación de Fuentes.....	60
Cuadro 7. Evaluación de fuentes en la sub área de CNC	61
Cuadro 8. Evaluación de fuentes en la sub área de Fettingling	63
E. Evaluación de la exposición personal a ruido.	64
Cuadro 9. NSCE para los colaboradores que operan máquinas fresadoras CNC:	65
Cuadro 10. NSCE para los colaboradores que operan máquinas CNC torno	66
Cuadro 11. NSCE para los colaboradores del área de Fettingling.....	67
F. Evaluación del equipo de protección personal.....	68
Cuadro 12. Evaluación del equipo de protección auditiva utilizado en el área de Machine Shop.	68
Conclusiones	69
Recomendaciones.....	72
Programa de Conservación Auditiva para los colaboradores del área de Machine Shop de la empresa Vitec Videocom.....	74
Bibliografía.....	121

Apéndices Generales	127
Apéndice 1.....	128
Apéndice 2.....	129
Apéndice 3.....	130
Apéndice 4.....	131
Apéndice 5.....	132
Apéndice 6.....	133
Apéndice 7.....	136
Apéndice 8.....	140
Apéndice 9.....	141
Apéndice 10.....	142
Apéndice 11.....	143
Apéndice 12.....	144
Apéndice 13.....	145
Apéndice 14.....	146
Apéndice 15.....	147
Apéndice 16.....	148
Apéndice 17.....	149
Anexos	150
Anexo 1.....	151
Anexo 2.....	152

Índice para cuadros

Cuadro. 1 Operacionalización de la variable “niveles de presión sonora generados por fuentes.	33
Cuadro. 2 Operacionalización de la variable “exposición de los trabajadores a ruido.	35
Cuadro. 3 Operacionalización de la variable “programa de conservación auditiva.	36
Cuadro 4. Cantidad de trabajadores por edad	49

Cuadro 5. Cantidad de tiempo laborado por los colaboradores en el área de Machine Shop	50
Cuadro 6. Percepción del nivel de escucha del colaborador	54
Cuadro 7. Evaluación de fuentes en la sub área de CNC	61
Cuadro 8. Evaluación de fuentes en la sub área de Fettling	63
Cuadro 9. NSCE para los colaboradores que operan máquinas fresadoras CNC:.....	65
Cuadro 10. NSCE para los colaboradores que operan máquinas CNC torno	66
Cuadro 11. NSCE para los colaboradores del área de Fettling	67
Cuadro 12. Evaluación del equipo de protección auditiva utilizado en el área de Machine Shop.	68

Índice para gráficos

Gráfico 1. Intensidad de molestia que genera el ruido a los colaboradores.	51
Gráfico 2. Momento de la jornada de trabajo en que es más molesto el ruido.	52
Gráfico 3. Frecuencia de síntomas presentados por exposición laboral a ruido.	55
Gráfico 4. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 9.	55
Gráfico 5. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 9 sin aire comprimido.	56
Gráfico 6. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 29.	57
Gráfico 7. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 29 sin aire comprimido.	58
Gráfico 8. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 33	59

Introducción

A. Identificación de la Empresa

A.1 Propósitos y valores de la empresa

Propósito

Proveer productos y servicios para la captura de imágenes excepcionales.

Valores

- Excelencia del producto: “todo lo que hacemos es excepcional”.
- Soluciones creativas: “constantemente buscamos abrir nuevos caminos”.
- Integridad: “lo que ve es lo que obtiene”.
- Enfoque en el cliente: “no somos nada sin nuestros clientes”.
- Colaboración: “trabajamos mejor cuando trabajamos juntos”. Fuente: Gerencia de recursos humanos, Vitec Videocom, 2014.

A.2 Antecedentes históricos

VITEC Videocom pertenece a un grupo internacional que ofrece servicios y productos especializados de filmación con colaboradores en 10 países diferentes.

La empresa inició sus operaciones en Costa Rica en 1985 con 15 empleados en una planta de 600 metros cuadrados. En esa época la empresa recibía materiales desde Alemania para ser ensamblados y exportados a Estados Unidos.

Para el año 2002 se inició una estrategia de crecimiento en el país y se dio la transferencia de nuevos productos. Además, se desarrolló una cadena de proveedores locales, se contrató nuevo equipo gerencial y se construyó una nueva planta física de 3500 metros cuadrados.

A.3 Ubicación geográfica

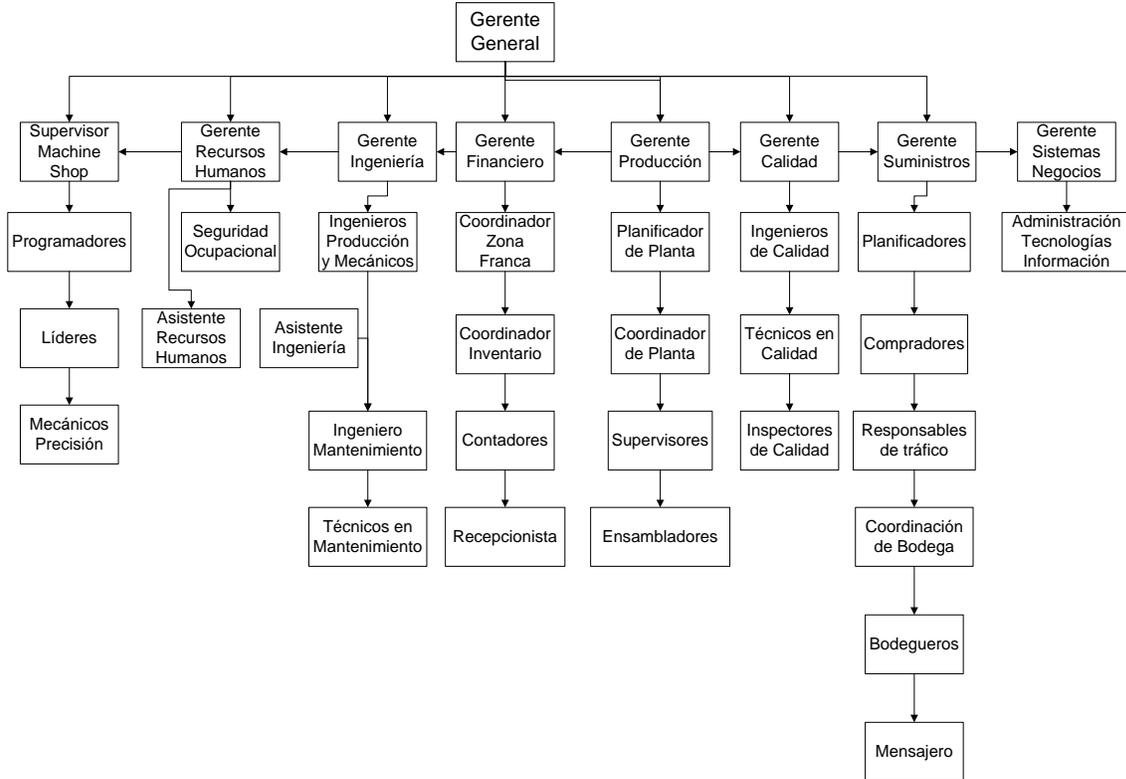
Parque Industrial Zona Franca Z, Edificio Número 68, Cartago, Costa Rica.

A.4 Tipo de productos:

VITEC Videocom Costa Rica se dedica a la elaboración de productos especializados de filmación tales como trípodes, cabezas fluidas y soportes para las cámaras fotográficas. El mercado va dirigido tanto a nivel nacional como internacional.

A.5 Estructura organizativa

Figura 1. Organigrama de la Empresa



. Fuente: Gerencia Recursos Humanos, Vitec Videocom, 2014.

A.6 Política de Seguridad

VITEC Videocom se compromete en el aseguramiento de la salud, seguridad y bienestar de todos los colaboradores, contratistas y otras personas que puedan verse afectadas por sus actividades mediante el cumplimiento de las disposiciones legales, estándares y las mejores prácticas de la industria.

Se han definido responsabilidades en salud y seguridad ocupacional y la aplicación de recursos que permitan la aplicación efectiva de las disposiciones de seguridad y salud en toda la división.

La Política de Salud y Seguridad, los acuerdos y los objetivos se controlarán regularmente y serán revisados anualmente para facilitar la mejora continua y asegurar que siguen siendo relevantes para las actividades VITEC Videocom.

A.7 Número de Empleados

La empresa Vitec Videocom cuenta con un total de 200 colaboradores. Dentro del área de Machine Shop la empresa cuenta con 39 colaboradores para el sub área de las CNC (control numérico computarizado) y 5 para Fettling para un total de 44 trabajadores. En el área de Fettling la jornada de trabajo es de 7am a 5pm mientras que en el área de CNC la jornada es de tres turnos (6am-2pm, 2pm-10pm, 10pm a 6am).

B. Descripción del Problema

El área de Machine Shop se desarrolla procesos de lijado y pulido de piezas así como tareas de mecánica de precisión que implican el uso de maquinaria de control numérico computarizado (CNC) y convencional por lo que debido a la naturaleza del proceso, se manifiesta la presencia de ruido en el área. La existencia de dicho agente se constató por medio de una evaluación llevada a cabo en el año 2013 por el Instituto Nacional de Seguros en la que se realizaron mediciones a nivel de oído de los trabajadores y se determinó que los niveles de presión sonora en esa área superan los 85 dB(A) alcanzando hasta los 98 dB(A).

C. Justificación

La presencia de niveles de presión sonora por encima de los 85 dB (A) en las industrias de fabricación de piezas es muy frecuente, esto debido a los procesos que se llevan a cabo para la formación de las mismas y al uso de los distintos tipos de máquinas y herramientas: “El ruido es esencialmente imperante en las industrias de fabricación. El departamento de trabajo de los Estados Unidos ha calculado que el 19.3 % de las personas que trabajan en entornos de fabricación se ven expuestas a niveles de ruido de 90 dB(A) o más, el 34.4 % a niveles superiores a 85 dB(A) y el 53.1 % a niveles superiores a 80 dB(A)”. (Enciclopedia de la OIT, 2012). De igual manera en el área de machine shop se presentan niveles de presión sonora que superan los 85 dB(A), los cuales son producto del proceso de fabricación de piezas. Esta exposición a ruido representa una situación de riesgo para los trabajadores.

La maquinaria utilizada en esa área consta de máquinas tornos CNC, fresadoras CNC y las vibradoras que pulen las piezas metálicas. Estas últimas emiten vibraciones mecánicas producto del movimiento propio de las mismas las cuales generan ruido: “La vibración de las máquinas se debe reducir al mínimo, ya que se convierte en energía acústica por radiación, ya sea directamente a través de piezas de la propia máquina o bien por la estructura del edificio y de la bancada en la que está asentada, pudiendo causar molestias en zonas muy alejadas de su emplazamiento” (Ochoa, 2009). Este factor es uno de los que agrava la cantidad de ruido en el área de Machine Shop.

Otro factor que contribuye a que el ruido sea crítico en esa área es el uso de aire comprimido para limpiar las piezas una vez que son formadas en las máquinas CNC, así como la limpieza de residuos de refrigerantes que quedan dentro de las máquinas, ya que éste al escaparse una vez expansionado en la herramienta puede generar elevados niveles de presión sonora (Valle, 2003). Otros elementos que pueden influir en la presencia de ruido, es el generado en los procesos de lijado y pulido manual de piezas así como el emitido por las máquinas CNC y las fresadoras.

Debido a los elevados niveles de presión sonora (85dB o más) presentes en el área, surge la necesidad de implementar un programa de conservación auditiva, el cual permita disminuir la exposición de los trabajadores al ruido y minimizar los riesgos a los que se exponen. La no implementación de este tipo de medidas puede traer consecuencias para la empresa; una de ellas es que no se logre obtener la certificación en las normas OHSAS

18001, que actualmente está gestionando, ya que ésta requiere que los riesgos en materia de seguridad y salud ocupacional estén controlados, por lo que si se presenta sobreexposición a ruido no se estaría cumpliendo con los requisitos previstos en el apartado de identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles de la norma.

Otra de las posibles consecuencias es que se vea afectada la producción en esta área por errores cometidos por los trabajadores como resultado de la desconcentración o fatiga que ocasiona la exposición frecuente al ruido. Este factor afectaría significativamente la producción total de la empresa, ya que en esta área se preparan los insumos necesarios para que el producto terminado pueda continuar su proceso en líneas de ensamble. Además, para este año la compañía ha decidido trasladar el ensamble del 80% de la cantidad total de productos a la planta ubicada en Costa Rica lo que requiere que la producción sea continua y sin retrasos por parte del área de Machine Shop.

Por otra parte, las consecuencias a la salud de los trabajadores que están expuestos al ruido son muchas y perjudiciales para su bienestar físico: “Los efectos del ruido se clasifican en auditivos y no auditivos. Los auditivos pueden ser temporales o permanentes como el trauma acústico o la hipoacusia. Los no auditivos tienen efecto en los sistemas respiratorio, cardiovascular, digestivo, visual, endocrinos y sobre el sistema nervioso central (trastorno del sueño, trastorno en las actividades sensoriales, disminución del grado de atención, cansancio, irritabilidad, entre otros).” (Bovea, 2011; Chinchilla, 2012). Algunos de los colaboradores del área han manifestado presentar molestias como dolores de cabeza, mareos, trastornos en el sueño e irritabilidad.

Además de las consecuencias antes mencionadas, cabe destacar que la sobreexposición a ruido de los trabajadores también puede generar costos directos e indirectos para la empresa por lo que es necesario ejercer medidas de control que disminuyan los riesgos. Según Méndez (2012), un incremento de la actividad preventiva repercutirá en una reducción de costes de accidentes, especialmente en los niveles iniciales de actuación.

De acuerdo con Gil (2001), si los trabajadores sufren algún tipo de accidente o padecimiento, en este caso por alta exposición a ruido, esto implicaría costos de oportunidad para la empresa como por ejemplo el tiempo de laborar perdido por el trabajador cuando ocurre el accidente así como el tiempo invertido por el personal en la investigación del accidente y la reparación de equipos.

En un accidente, también se ven implicados los costes financieros para la empresa tales como el coste por daños materiales, en este caso daño de la maquinaria usada en el proceso. De igual manera, las enfermedades laborales como la hipoacusia, generan el coste por la producción laboral perdida, a causa de la morbilidad (debida a incapacidad temporal y a incapacidad permanente), coste por pago de atención médica, entre otros (Oliva, 2005).

D. Objetivos

D.1 Objetivo General

Proponer un Programa de Conservación Auditiva para los colaboradores del área Machine Shop de la empresa Vitec Videocom.

D.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los niveles de presión sonora presentes en el área de Machine Shop.
- Evaluar la exposición de los trabajadores a ruido en las distintas labores desarrolladas en el área Machine Shop.
- Diseñar los componentes de un programa de conservación auditiva para el área de Machine Shop.

E. Alcances y Limitaciones

E.1 Alcances

El presente proyecto brindó a la empresa Vitec Videocom una evaluación del ruido presente en el área de Machine Shop, con la que se identificaron los sectores, máquinas y procesos que son fuentes importantes en la generación de ruido.

A través de la evaluación personal del ruido recibido por los colaboradores en el área se pudo conocer el nivel de exposición en el que se encuentran durante la jornada de trabajo y determinar si el ruido presente sobrepasa los límites de exposición establecidos.

Por medio de las entrevistas y la aplicación de cuestionarios de signos y síntomas al personal, la empresa contó con información sobre padecimientos que están presentando los colaboradores y que pueden deberse a la exposición a ruido, lo que permite orientar de manera más adecuada los programas de salud o recursos para mitigar estos efectos.

Al finalizar el proyecto, la empresa cuenta con un Programa de Conservación Auditiva para esta misma área, el cual contiene una serie de medidas de control administrativas e ingenieriles, tendientes a disminuir la exposición de los colaboradores a ruido. Además, el programa cuenta con apartados como el de monitoreo de la exposición, evaluación

audiométrica, capacitación y el de seguimiento que permitirá verificar el cumplimiento del mismo así como el control del funcionamiento adecuado.

E.2 Limitaciones

- El programa de conservación auditiva no puede ser empleado en otras áreas de la empresa en las que haya exposición laboral a ruido, ya que sólo está diseñado para las máquinas y condiciones presentes específicamente en el área de Machine Shop.
- El programa de conservación auditiva se desarrolló sólo para el área de Machine Shop, ya que es la única área en la empresa que presenta antecedentes de exposición laboral a ruido.
- No se puede garantizar que los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto sean representativos para las condiciones que se puedan presentar en el área durante todo el año, ya que la cantidad de producción varía mes a mes de acuerdo a las demandas del mercado.
- Las evaluaciones de fuente realizadas en el proyecto no se pudieron llevar a cabo con las demás máquinas apagadas ya que el proceso productivo no podía ser interrumpido.

Marco Teórico

A. Ruido

A.1 Definición

El sonido se define como: “alteración física producida por ondas de presión que viajan en un medio, el cual ha de poseer masa y elasticidad como el aire, el agua y los materiales, entre otros.” (Mancera, 2012). Esta alteración en la presión puede ser detectada por el oído y se encuentra presente en la mayoría de lugares donde se desarrolla el ser humano.

A diferencia del sonido, el ruido se define como: “un sonido indeseable y por tanto molesto”. Esta característica del ruido hace que sea subjetivo ya que cada persona lo percibe de manera distinta. Además, este tipo de sonido por sus características es propicio a producir daño a la salud y al bienestar humano.

En algunos casos, los altos niveles de presión sonora pueden no ser molestos para los trabajadores por lo que no consideran la exposición a los mismos como un riesgo: “es necesario comprender que así se trate de un sonido que genera una sensación agradable, éste será perjudicial para el trabajador si su intensidad supera los valores límite permisibles para el tiempo de exposición.” (Giménez de Paz, 2007)

A.2 Tipos de Ruido

El ruido se comporta de manera distinta de acuerdo al lugar donde se encuentra así como por los factores que lo provocan. Según Gil (1992) el ruido se puede clasificar en varios tipos conforme a sus variaciones:

- **Ruido estable**: Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (LpA) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA sea inferior a 5 dB.
- **Ruido periódico**: Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.
- **Ruido aleatorio**: Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA es superior o igual a 5 dB, variando LpA aleatoriamente a lo largo del tiempo.
- **Ruido de impacto**: Aquél cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.

A.3 Equipos de Medición de Ruido.

Para la determinación de la cantidad de ruido a la que se exponen los colaboradores en el área de trabajo se hace uso de varios equipos como lo son los sonómetros y dosímetros los cuales se definen a continuación:

- Sonómetro

El sonómetro se define como: “instrumento electrónico que sirve para medir niveles de presión sonora emitidos por una fuente. En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio.” (Ardiles, 2013).

- Dosímetro

El dosímetro se define como: “monitor de exposición que acumula el ruido constantemente usando un micrófono y circuitos similares a los sonómetros. Suelen ser equipos portátiles para que puedan ser colocados en el trabajador cuya exposición se desea medir. La lectura que proporcionan los dosímetros es la dosis de ruido que se puede definir como la cantidad de ruido recibida por un trabajador y que se expresa como un porcentaje de la dosis máxima.” (Bovea, 2013).

A.4 Niveles de exposición a ruido

El nivel de ruido se define como el nivel de presión acústica e instantánea medida con un sonómetro. Este permite determinar los niveles de presión sonora a los cuales se podrían o no presentar afectaciones en la salud de los trabajadores expuestos. La norma INTE 31-09-16-00 caracteriza los niveles de ruido en cuatro tipos:

- Nivel de alarma (umbral): corresponde al nivel de ruido por debajo del cual sea muy pequeño el riesgo de que un oído no protegido sufra un deterioro como consecuencia de una exposición de ocho horas diarias. (80 dB)
- Nivel de acción: nivel de presión sonora a partir del cual se deben establecer medidas de prevención. (82 dB)
- Nivel de peligro: corresponde al nivel de ruido por encima del cuál una exposición de ocho horas diarias del oído no protegido puede producir deterioro de la audición o la sordera.(85 dB).
- Valor máximo de emisión: el límite máximo admisible de emisión de ruidos (115dB)

A.5 Criterios de Valoración

El criterio de valoración se define como: “la norma con la que comparar los resultados obtenidos al estudiar un ambiente de trabajo para tener información del riesgo que para la salud puede entrañar el mismo. La norma puede ser tanto un reglamento o legislación que hay que cumplir, como una información estrictamente técnica de reconocida solvencia que se utiliza como referencia.” (Bartual, J. 1990).

De acuerdo a la normativa costarricense, el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones establece en el artículo 7 que no se permite dentro de 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, hace referencia en el artículo 4 que 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 las vibraciones, así como su propagación.

Con respecto a la normativa internacional, the Occupational Safety and Health Administration (OSHA) determina que el límite de exposición permisible (PEL) es de 90dB(A) para todos los trabajadores por una jornada de 8 horas. Por otra parte, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) ha recomendado que todas las exposiciones de los trabajadores al ruido deben ser controladas por debajo de un nivel equivalente a 85 dB(A) durante ocho horas para minimizar la pérdida de audición inducida por ruido en el trabajo, NIOSH ha encontrado que la pérdida significativa de la audición inducida por el ruido se produce en los niveles de exposición equivalentes al PEL OSHA sobre la base de información actualizada obtenida de revisiones de la literatura.

B. Máquinas

Las máquinas descritas a continuación son utilizadas en el área de Machine Shop para la formación de piezas metálicas las cuales son la materia prima base del proceso productivo:

B.1 Fresadora

La máquina fresadora se utiliza para maquinar con precisión superficies planas, angulares, redondas y de varias formas, que pueden ser de uno, dos o tres planos (ejes X, Y, Z). El proceso de fresado puede ser vertical, horizontal, angular o helicoidal. (Krar, 2009). Posee la característica que es muy usada en la industria debido a su simplicidad y facilidad de instalación. Algunas de las operaciones que pueden llevarse a cabo con su uso son careado, fresado de acabado, corte de ranurado en T y ranurado circular, corte de engranajes, entre otras.

B.2 Torno

El torno es una de las máquinas-herramienta más versátiles utilizadas en la industria: “el torno opera a partir del mismo principio básico. La pieza de trabajo se sostiene y se gira sobre su eje mientras la herramienta de corte avanza sobre las líneas del corte deseado. Con los aditamentos adecuados, el torno puede utilizarse para operaciones de torneado, hacer conos, formado, cortar tornillos, taladrado, esmerilado y pulido, entre otros”. (Krar, 2009).

B.3 Máquinas Control Numérico Computarizado (CNC)

El control numérico por computadora (CNC) y la computadora han aportado cambios significativos a la industria metalmecánica. Nuevas máquinas-herramienta, en combinación con CNC, le permiten a la industria producir de manera consistente componentes y piezas con precisiones imposibles de imaginar hace algunos años. (Krar, 2009). El uso de este tipo de máquinas para la empresa es de gran importancia, ya que permiten producir la misma pieza con el mismo grado de precisión cualquier cantidad de veces.

C. Programa de Conservación Auditiva

Los programas de conservación auditiva son una serie de acciones que se establecen en los lugares de trabajo donde hay exposición ocupacional a ruido, con el fin de evitar la pérdida en la audición en los trabajadores “Los Programas de conservación auditiva se esfuerzan por prevenir la pérdida inicial de audición en el trabajo, preservar y proteger la audición restante, y equipar a los trabajadores con conocimiento y dispositivos

para protección auditivos los dispositivos necesarios para protegerse a sí mismos” (OSHA, 2001).

Para efectos del presente proyecto, el programa propuesto contendrá elementos de las guías para programas de conservación auditiva propuestas por NIOSH y OSHA. Los elementos definen a continuación:

- Monitoreo de la exposición a ruido: en la etapa de monitoreo se busca caracterizar los niveles de presión sonora presentes en el área de trabajo así como los procesos que pueden afectar a los trabajadores: “como cualquier peligro a la salud, es importante caracterizar exactamente el peligro e identificar a los empleados afectados. Los encargados deben definir los objetivos específicos del estudio de ruido y asegurarse de que los procesos productivos, así como los recursos, están disponibles para su recolección y medición de las exposiciones” (NIOSH, 1999). El programa de conservación auditiva requiere que los encargados monitoreen los niveles de exposición a ruido de manera que se identifique con precisión a los trabajadores que están expuestos a ruido superior o igual a 85 dB durante 8 horas de trabajo o más. La medición de la exposición debe incluir todo el ruido continuo, intermitente e impulsivo dentro del rango de los 80 a 130 dB y debe medirse en situación normal de trabajo. (OSHA, 1995).
- Controles ingenieriles y administrativos: los controles ingenieriles buscan reducir la exposición a niveles de presión sonora que no generen afectaciones en los trabajadores o eliminar por completo la exposición: “Idealmente, el uso de controles de ingeniería debe reducir la exposición ocupacional hasta el punto en que el peligro de audición se reduce o elimina de manera significativa.” (NIOSH, 1999). Los controles administrativos buscan realizar cambios en los turnos de trabajo, la rotación del personal, cumplir los programas de mantenimiento en la maquinaria, entre otras medidas con el fin de reducir la exposición de los trabajadores a ruido.
- Pruebas audiométricas: Por medio de las pruebas audiométricas, los encargados pueden determinar la nitidez y agudeza de la audición que poseen los empleados a través del tiempo pero también una oportunidad para educar a los trabajadores

de la importancia de la audición y de la necesidad de protegerla. (OSHA, 1995).

Los elementos más importantes de un programa de pruebas audiométricas son:

1. Audiogramas de referencia: audiograma base para posteriores comparaciones. Este audiograma debe hacerse 6 meses después de la primera exposición de un empleado a 85 dB o más.
 2. Audiogramas anuales: como su nombre lo indica debe realizarse el audiograma al cabo de un año de haberse hecho el audiograma base. (OSHA, 1995).
- Evaluación audiométrica: La evaluación audiométrica se realiza para verificar la eficacia de las medidas implementadas para disminuir el ruido: “La evaluación audiométrica es crucial para el éxito del programa de prevención de pérdida de la audición, ya que es la única manera de determinar si se está impidiendo la pérdida de audición en el trabajo.” (NIOSH, 1999).
 - Dispositivos de protección auditiva: los equipos de protección personal, en este caso los auditivos, se utilizan para atenuar el nivel de ruido que reciben los trabajadores cuando no hay o no se pueden ejercer controles en la fuente o en el medio: “En la ausencia de controles administrativos o de ingeniería factibles, los dispositivos de protección auditiva personal (a menudo denominado como protectores auditivos) siguen siendo el único medio de prevención para que los niveles de ruido peligrosos no dañen la audición.” (NIOSH, 1999). Estos dispositivos deben estar disponibles para trabajadores que se expongan a niveles de ruido igual o mayor a 85 dB. Este requisito asegurará que los trabajadores tengan acceso al equipo antes de que padezcan una pérdida en la audición. (OSHA, 1995).
 - Educación y motivación: es necesario enseñar a los trabajadores la importancia de la implementación de los programas de conservación auditiva y sus componentes ya que esto permite que colaboren de manera más eficiente en el desarrollo del programa: “las sesiones de educación y motivación son igual de valiosas tanto para la administración como para los trabajadores para que comprendan que una exitosa prevención de la pérdida de audición necesita compromiso, comunicación y cooperación”. (NIOSH, 1999). De igual forma la educación y motivación promueve la creación de una cultura de seguridad y salud en la empresa.

- Evaluación del programa: por medio de la evaluación del programa se verifica si está funcionando adecuadamente o si es necesario realizar cambios en las medidas propuestas para que se ajusten a las necesidades de la empresa: “la evaluación exhaustiva de todos los componentes del programa de conservación auditiva es necesaria para determinar la medida en que el programa está trabajado, si hay problemas en él o cuales elementos es necesario mejorar” (OSHA, 1995).

La estructura general de la propuesta final del programa de conservación auditiva que se brindará a la empresa contendrá los siguientes apartados:

- Determinación de la exposición a ruido
- Controles ingenieriles y administrativos
- Equipo de protección auditiva
- Capacitación
- Evaluación y seguimiento del programa

Metodología

A. Tipo de Investigación

El presente estudio es una investigación aplicada de tipo descriptiva: “La investigación descriptiva busca especificar las propiedades, características, y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetivos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos, aspectos o componentes del fenómeno a investigar” (Hernández, 2006).

B. Fuentes de Información

B.1 Fuentes primarias:

- Libros
 - ✓ Programa de Conservación Auditiva. Guía de implementación. Editorial Cromagraf EIRL.
 - ✓ Manual de Seguridad e Higiene Industrial para la formación en Ingeniería. Editorial: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
 - ✓ Salud y Seguridad en el Trabajo. Editorial UNED.
 - ✓ Manual de prevención de riesgos laborales para no iniciados. Editorial Club Universitario.
 - ✓ La prevención del ruido en la empresa. Editorial: Fundación Cofemental.
 - ✓ Ruido: para los posgrados de higiene y seguridad industrial. Editorial Nobuko.
 - ✓ Tecnología de las máquinas herramienta. 6° Edición. Mexico: Editorial Alfaomega. S.A.
 - ✓ Seguridad e Higiene Industrial: gestión de riesgos. Mexico: Editorial Alfaomega.
 - ✓ Fundamentos de Salud Ocupacional. Colombia: Editorial Universidad de Caldas.
 - ✓ Formación Superior en Prevención de Riesgos Laborales. 3° Edición. Editorial Lex Nova.
 - ✓ Medida y Control de Ruido. Editorial Marcombo.
 - ✓ Manufactura, ingeniería y tecnología. 4° Edición. Editorial Pearson Educación.

B.2 Fuentes secundarias:

- Artículos científicos de internet
- Bases de datos (Ebrary, Knovel, Springerlink)

- Normas y reglamentos nacionales
- ✓ Ministerio de Salud Pública de Costa Rica. Reglamento para el control de ruido y vibraciones.
- ✓ INTECO: Normas INTE:
 1. INTE 31-09-16-00. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
 2. INTE 31-08-02-97. Determinación del nivel sonoro continuo equivalente en los centros de trabajo.

- Normas y Reglamentos Internacionales

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: Normas Técnicas de Prevención:

- ✓ NTP 594: La gestión integral de los accidentes del trabajo (III): costes de los accidentes.
- ✓ NTP 270: Evaluación de la exposición a ruido. Determinación de los niveles representativos.
- ✓ NTP 391: Herramientas manuales: condiciones generales de seguridad.

C. Población y Muestra

El área de Machine Shop se divide en dos sub áreas, el área donde se encuentran las máquinas CNC y el área de Fettling donde se realiza el pulido y lijado manual de piezas.

En el área de CNC se cuenta con dieciséis máquinas las cuales son tornos o fresadoras y describen a continuación: una modelo FMC, una modelo HX 400, cuatro tornos modelo K16, A 32, L250 y LT 2000, dos modelo FADAL, dos modelo ZT, dos modelo NL 2000 y una modelo NL 2500, otra modelo NV 5000 y por último la modelo NH 4000. Además, se utilizan dos electro esmeril de pedestal y una brochadora vertical.

En el área de Fettling, se cuenta con dos esmeriles de mesa, dos lijadoras fijas, una máquina para sand blasting, una lijadora vertical, un extractor de polvo y tres máquinas vibradoras, de las cuales sólo una se encuentra funcionando constantemente.

Para este estudio se evaluó un total de 7 máquinas en el área de las CNC, las cuales se escogieron de acuerdo a los cuadrantes donde se encontraron los mayores niveles de presión sonora una vez realizado el mapa de ruido. Además, se escogieron máquinas de los dos tipos (fresadora y torno) con el fin de identificar cual tipo generaba mayor cantidad de ruido.

La población total del taller está constituida por 44 colaboradores, 39 en el área de CNC, para los cuales la jornada laboral consta de tres turnos cada uno de 8 horas, y 5 en el área de Fettling, cuya jornada va de 7 am a 5 pm y en ocasiones de acuerdo a la cantidad de producción el horario es de 6 am a 6 pm. Todos los colaboradores laboran de lunes a sábado.

Para efectos de este proyecto, los cuestionarios y entrevistas se aplicaron a toda la población, mientras que el número de dosimetrías a realizar se obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\frac{z_{\alpha}}{2} \times \partial}{d^2}$$

Donde:

n : es el tamaño de la muestra

$\frac{z_{\alpha}}{2}$: valor obtenido de la curva normal, según la confiabilidad deseada (1 - α), para este caso se utiliza un 95% de confiabilidad.

∂ : desviación estándar obtenida en la revisión de fuentes bibliográficas

d: diferencia máxima deseada para el intervalo (en el caso de ruido se asume 1 dB).

El número de muestra obtenido para las dosimetrías fue de 10 (apéndice 1); las mismas fueron hechas a los trabajadores del área de CNC en el turno de la mañana, el cual se

considera el más crítico; para los colaboradores del área de Fetting se hicieron las dosimetrías a los 5 trabajadores (la población total para esa área).

D. Operacionalización de variables

Objetivo: Caracterizar los niveles de presión sonora presentes en el área de Machine Shop

Cuadro. 1 Operacionalización de la variable “niveles de presión sonora generados por fuentes.

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramienta
<p>Niveles de presión sonora presentes en el área de Machine Shop.</p>	<p>Características que presentan los niveles de presión sonora en cada sector del área</p>	<p>Cantidad de procesos que se realizan</p> <p>Número de fuentes en el área</p> <p>Distancias entre máquinas</p> <p>Coefficientes de absorción de los materiales del lugar</p>	<p>Encuesta Higiénica</p> <p>Bitácora de muestreo</p> <p>Ishikawa</p> <p>Matriz de materiales estructurales y características acústicas.</p> <p>Observación participativa</p>
		<p>Niveles de presión sonora en dB(A) por área.</p>	<p>Metodología de mapa de ruido</p> <p>Croquis del área de trabajo</p>
		<p>Niveles de presión sonora en dB(A) emitidos por la fuente en distintos puntos.</p>	<p>Metodología de evaluación de fuente</p>

		Niveles de presión sonora en dB emitidos por frecuencia en el punto más elevado (punto con mayor nivel de presión sonora en dB (A)).	Observación no participativa durante el funcionamiento de la máquina Bitácora de muestreo
--	--	--	--

Fuente: Vargas, M. (2014).

Objetivo: Evaluar la exposición de los trabajadores a ruido en las distintas labores desarrolladas en el área Machine Shop.

Cuadro. 2 Operacionalización de la variable “exposición de los trabajadores a ruido.”

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramienta
<p align="center">Exposición de los trabajadores a ruido</p>	<p>Niveles de presión sonora en dB(A) al que se exponen los colaboradores a nivel de oído durante el desarrollo de sus labores.</p>	<p>Niveles de presión sonora en dB(A) a lo que se exponen los colaboradores.</p> <p align="center">Porcentaje de dosis</p> <p>Tiempo de la jornada laboral a la que se exponen a ruido.</p>	<p>Evaluación personal de la exposición a ruido (dosimetría)</p> <p align="center">Bitácora de muestreo</p> <p>Observaciones no participativas</p>
		<p>Nivel de reducción de ruido que brinda el equipo de protección personal</p>	<p>Metodología para evaluación del equipo de protección personal de OSHA</p>

Fuente: Vargas, M. (2014).

Objetivo: Diseñar los componentes de un programa de conservación auditiva para el área de Machine Shop.

Cuadro. 3 Operacionalización de la variable “programa de conservación auditiva.”

Variable	Conceptualización	Indicador	Herramienta
<p align="center">Programa de conservación auditiva</p>	<p>Documento que cuenta con una serie de acciones (monitoreo de la exposición, controles ingenieriles y administrativos, evaluación audiométrica, educación, entre otros) que se establecen en los lugares de trabajo donde hay exposición ocupacional a ruido con el fin de evitar la pérdida en la audición en los trabajadores.</p>	<p>Cantidad de elementos que integran el programa</p>	<p>Guía de diseño de NIOSH: las mejores prácticas para la prevención de la pérdida auditiva</p> <p>Guía de diseño OSHA 3074</p>
		<p>Cantidad de personas responsables en el programa</p>	<p>Matriz de asignación de responsabilidades (RAM)</p>
		<p>Elementos del programa de capacitación</p> <p>Cantidad de padecimientos que presentan los trabajadores</p>	<p>Guía de elaboración de programas de capacitación</p> <p>Cuestionario de signos y Síntomas</p> <p>Gráfico de % de signos y síntomas que presentan los colaboradores</p>

		% de trabajadores con necesidades de capacitación	Entrevista estructurada a los trabajadores
		Elementos del apartado de seguimiento	Diagrama de Gantt

Fuente: Vargas, M. (2014)

E. Descripción de Herramientas

A continuación se describen las herramientas que serán utilizadas para el desarrollo de los objetivos planteados:

E.1 Metodología de mapa de ruido:

Metodología aplicada para determinar el comportamiento del ruido en las distintas áreas de un local de trabajo. En ella se procede a dividir el área evaluada en cuadrantes con dimensiones entre los 30 y 50m². Posteriormente, se toman mediciones puntuales cada 30 minutos durante toda la jornada laboral lo cual brinda un total de 16 mediciones por cuadrante. Una vez obtenidos los niveles de presión sonora se procede a obtener los promedios logarítmicos para cada cuadrante.

E.2 Metodología de evaluación de fuente:

Metodología que consiste en la evaluación de los niveles de presión sonora en distintos puntos alrededor de una fuente con el fin de identificar las partes de la máquina que generan la mayor cantidad de ruido y la frecuencia que predomina en el ruido emitido.

E.3 Encuesta Higiénica:

Guía que comprende un conjunto de aspectos a evaluar relacionados con la presencia de ruido en el sector tales como, fuentes generadoras, naturaleza del trabajo, características del local de trabajo, fuentes generadoras de ruido, tipo de procesos, entre otros.

E.4 Diagrama Ishikawa

El diagrama Ishikawa es una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un fenómeno determinado.

E.5 Dosimetría:

Metodología para la evaluación de la exposición a ruido en la que se mide el nivel de presión sonora que recibe el trabajador a nivel de oído durante un periodo determinado de la jornada laboral, se recomienda que se evalúe al menos el 75% de la jornada laboral.

E.6 Metodología para la evaluación del equipo de protección personal de OSHA:

Método establecido por la Occupational Safety and Health Administration para la determinación de la reducción de ruido lograda por el equipo de protección personal correctamente colocado.

E.7 Guía de diseño de NIOSH: las mejores prácticas para la prevención de la pérdida auditiva:

Guía elaborada por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud la cual propone una serie de componentes requeridos en la elaboración de los programas de conservación auditiva.

E.8 Guía de diseño de OSHA 3074:

Guía que comprende una serie de componentes que debe contener un programa de conservación auditiva según the Occupational Safety and Health Administration.

E.9 Matriz de responsabilidades

La matriz de responsabilidades se utiliza para ilustrar las relaciones entre las actividades o los paquetes de trabajo y los miembros del equipo del proyecto. De esta manera se asegura que haya una sola persona encargada para una determinada tarea a fin de evitar confusiones. (Figuerola, 2012).

Por medio de la matriz de responsabilidades se lleva a cabo la distribución del personal encargado de cada una de las etapas del programa de conservación auditiva.

E.10 Cuestionario de signos y síntomas para el personal del taller:

Conjunto de preguntas estructuradas utilizadas para identificar signos y síntomas que pueden presentar los trabajadores producto de la exposición a ruido.

E.11 Observación no participativa

Tipo de observación con propósitos definidos la cual se utiliza para obtener información y datos sin participar en la actividad evaluada.

E.12 Bitácora

Documento personal en el que se reportan los avances y resultados preliminares de un proyecto. En ella se incluyen las observaciones, ideas, datos, avances y obstáculos en el desarrollo de las actividades que se llevan a cabo para la realización del proyecto.

E.13 Diagrama de Gantt:

El diagrama de Gantt es una herramienta que permite la representación gráfica del tiempo dedicado para cada tarea específica en un proyecto concreto. Esta permite hacer una relación entre el tiempo dedicado a una tarea y la carga de trabajo que supone.

E.14 Matriz de cumplimientos legales y cumplimiento:

Matriz en la cual se evalúan los requisitos legales que requiere tener la empresa en materia de seguridad laboral e higiene ambiental así como las políticas por las que se rige y el cumplimiento de estos requisitos.

F. Plan de Análisis

Objetivo 1.

En el primer objetivo, la variable que se buscó caracterizar fueron los niveles de presión sonora presentes en el área. Para esto, se aplicó una encuesta higiénica con la que se pretendía determinar los factores propios del proceso y del área de trabajo (materiales del lugar) que pudieran influir en la presencia de ruido. Además, por medio de la observación participativa durante el funcionamiento de las máquinas se identificaron los elementos de la misma que contribuyen a generar el ruido. Por medio de la realización de un diagrama de causas se identificaron las principales causas presentes que contribuyen a la generación de los elevados niveles de presión sonora.

Para identificar los niveles de presión sonora se hizo uso de la metodología de mapa de ruido, en la cual se divide toda el área en cuadrantes y en el centro de cada uno se realizan varias mediciones del ruido. Una vez llevada a cabo la medición, se calculó el promedio de los niveles de presión sonora en cada cuadrante para identificar el comportamiento del ruido en las distintas sub áreas.

De igual manera, con los datos obtenidos en las mediciones, se procedió a graficar los niveles de presión sonora en función del tiempo, lo que permitió determinar el comportamiento del ruido en cada sector, identificar picos o la presencia de algún suceso que pudiera alterar las mediciones.

Posteriormente, se procedió a llevar a cabo la evaluación de fuentes en la cual se tomaron mediciones en distintos puntos alrededor de las mismas con el fin de distinguir las partes donde se genera mayor ruido. Una vez identificado el punto con mayor nivel de presión sonora, se hizo un barrido de frecuencias en el mismo y con los datos obtenidos se determinaron las frecuencias predominantes a las que se necesita establecer controles ingenieriles.

Por medio de la observación no participativa durante el funcionamiento de cada máquina, se determinaron los principales factores que podían generar ruido y que eran propios del proceso por ejemplo cantidad de material que usa, movimientos que realiza la misma, presión que ejerce, entre otros. El uso de la bitácora permitió llevar un registro de

sucesos que podían alterar las mediciones o factores que podían relacionarse con lo evaluado.

Objetivo 2.

En el objetivo dos, la variable en estudio fue el nivel de presión sonora que recibido los colaboradores a nivel de oído durante la jornada laboral. Por medio de dosimetrías, se determinó el porcentaje de dosis al que se exponen los colaboradores y con este valor se calculó el nivel sonoro continuo equivalente. Una vez obtenido, se comparó con el valor límite establecido por la normativa para identificar si los trabajadores se encuentran sobrepuestos a ruido.

Con los datos obtenidos en las dosimetrías, se hizo una comparación entre los puestos y los colaboradores, para conocer cuales se exponen a la mayor cantidad de ruido, lo cual permitió priorizar las áreas donde se debían establecer controles ingenieriles y administrativos. Por medio del uso de la bitácora y las observaciones no presenciales, se anotaron aspectos relevantes que podían influir durante el proceso de medición.

Con la aplicación de la metodología de OSHA para evaluación del equipo de protección personal, se pretendía verificar si el equipo de protección personal brindado a los trabajadores es el adecuado para reducir el ruido de acuerdo a la cantidad presente del mismo, al igual que conocer las deficiencias que puede tener el equipo.

Objetivo 3.

En el objetivo tres, la variable a analizar es el programa de conservación auditiva y los componentes que debe contener el mismo. Por medio de los datos obtenidos en el desarrollo de los objetivos anteriores, se identificaron las deficiencias presentes, las cuales debe suplir el programa.

La matriz de requisitos legales y cumplimiento permitió establecer los lineamientos del programa necesarios para cumplir con los requisitos legales, así como con las políticas buscadas por la empresa. Conjuntamente, por medio del uso de las guías de diseño propuestas por NIOSH y OSHA se incluyeron parámetros que sean funcionales y útiles para el programa de conservación auditiva.

La matriz de asignación de responsabilidades proporcionó al programa una distribución adecuada del personal encargado de cada una de las etapas, con el fin de llevar a cabo el cumplimiento del mismo de manera más eficiente.

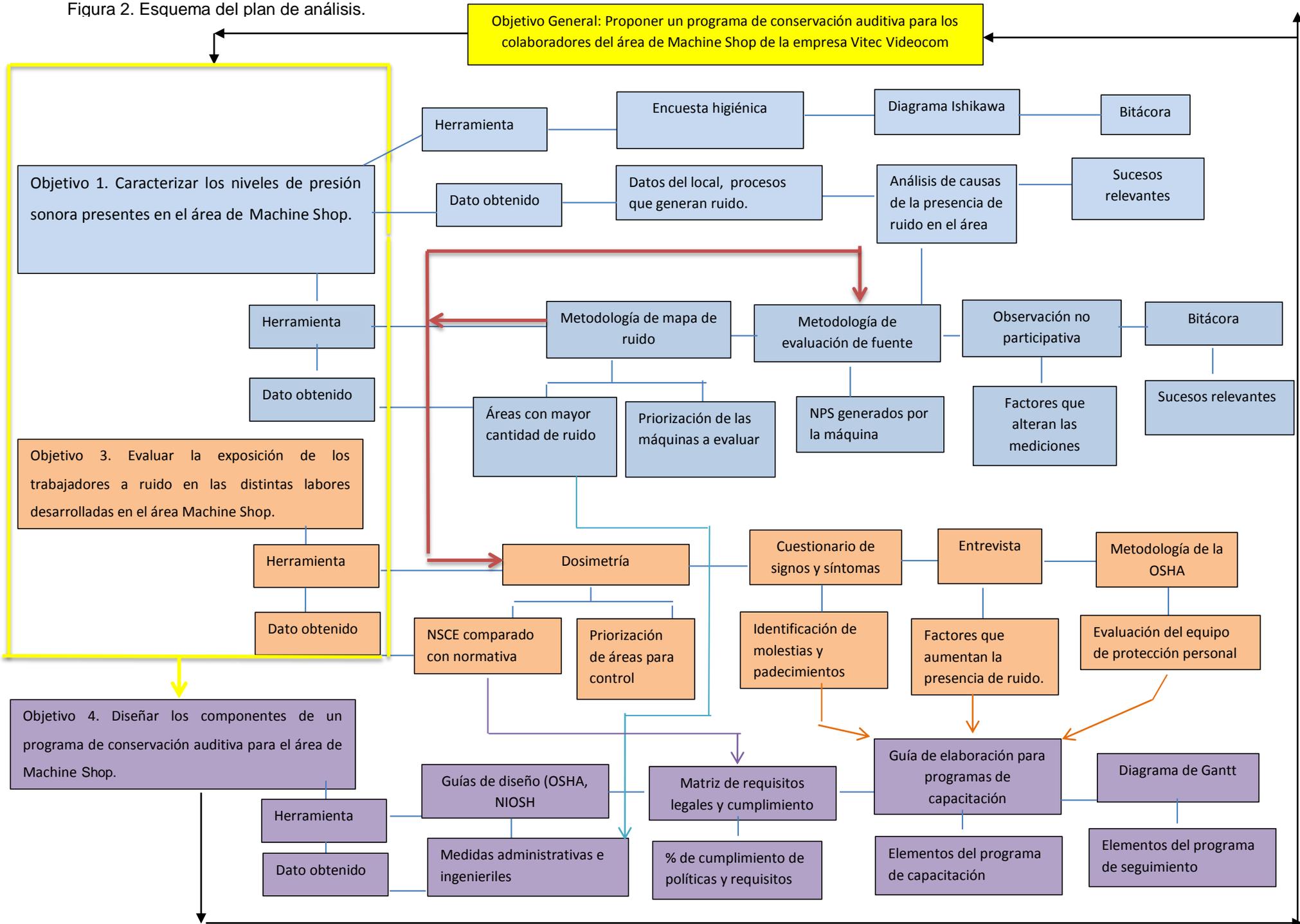
Para definir los elementos con los que debía contar el programa de capacitación, se hizo uso de la guía de elaboración de programas de capacitación.

La entrevista a los colaboradores se realizó con el fin de identificar el nivel de conocimiento que tienen los colaboradores sobre los factores que aumentan la presencia de ruido en su lugar de trabajo así como determinar el conocimiento de los riesgos a los que se exponen y el uso correcto del equipo de protección personal. Por medio de estos datos, se identificaron los temas del programa de capacitación que se debían tratar.

Por medio del cuestionario de signos y síntomas se obtuvo información como padecimientos adquiridos, molestias físicas y psicológicas que perciben los trabajadores cuando están expuestos a ruido, entre otros factores. Esta información generó un panorama más amplio de las afecciones a la salud de los trabajadores causadas por la exposición a ruido. Con el uso de la matriz para el plan de seguimiento, se identificaron los aspectos que debe contener el apartado de evaluación y la periodicidad de las evaluaciones.

A continuación se presenta el esquema del plan de análisis:

Figura 2. Esquema del plan de análisis.



Análisis de la situación actual

A. Condiciones relacionadas con la exposición a ruido en el área.

El proyecto se desarrolló en el área de Machine Shop la cual se divide en dos sub áreas: CNC y Fettling.

En CNC se cuenta con 16 máquinas de control numérico computarizado (CNC) dentro de las cuales se encuentran tornos verticales y horizontales y máquinas fresadoras; en todas se realiza el proceso de mecanizado de piezas metálicas. Por otra parte, en Fettling se llevan a cabo procesos de pulido y lijado manual de piezas procesadas en el taller y se usan máquinas como electro esmeril, rectificadoras manuales, máquinas vibradoras, mototool, máquina para sandblasting y lijadora vertical de banda.

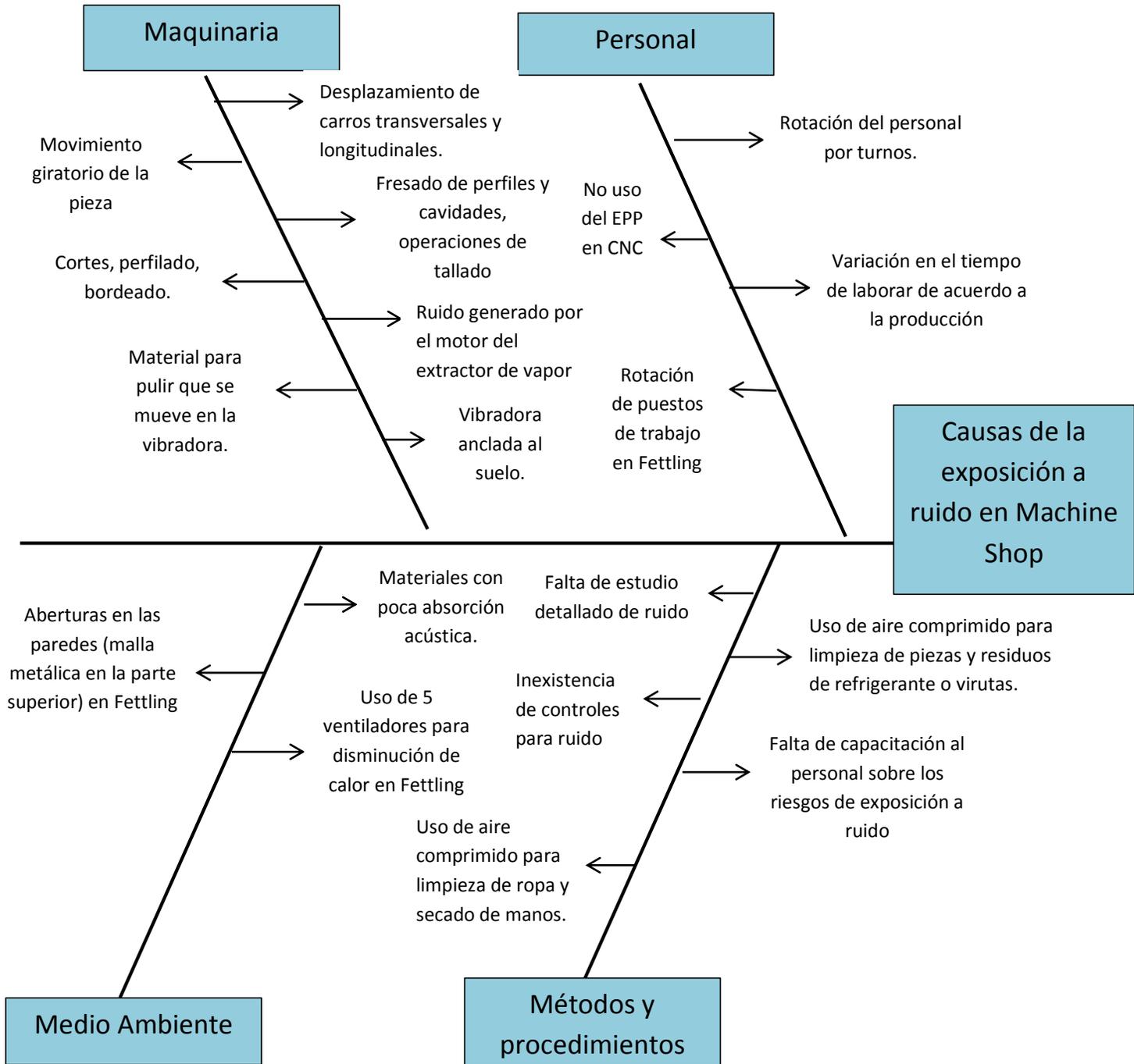
Debido al uso de la maquinaria anteriormente mencionada y a las labores desarrolladas se genera ruido en el área. Éste se mantiene presente durante toda la jornada ya que las máquinas siempre están funcionando y el proceso es continuo lo cual indica que presenta un comportamiento constante, sin embargo, las labores que llevan a cabo los colaboradores hacen que los niveles de presión sonora no se mantengan estables.

La materia prima utilizada es aluminio, magnesio, acero, bronce y casting (metal sin acabado) y posee varias dimensiones y tamaños, dependiendo del tipo de pieza que se machine.

Todos los colaboradores de CNC desempeñan labores de mecánico de precisión, mientras que en Fettling, algunos son operarios, asistentes y ayudantes de mecánica de precisión. En CNC cada trabajador siempre opera la misma máquina por lo que no rotan de puesto, mientras que en Fettling los trabajadores operan distintas máquinas por lo que la exposición es más variable que en CNC.

Por medio del siguiente diagrama de causas, se muestran los principales factores identificados que afectan la exposición a ruido en el área:

Figura 3. Diagrama de causas de exposición a ruido en el área de Machine Shop.



Fuente: Vargas, M. (2014).

Como se puede apreciar en el diagrama, la exposición a ruido en el área se debe a distintas causas. En maquinaria, los factores que contribuyen al ruido son los procedimientos que llevan a cabo las máquinas a la hora de mecanizar las piezas, ya que dependiendo de los movimientos internos (desplazamientos en los ejes x, y y z) que hagan o los cortes, así será el ruido que se provoque.

En el factor personal, los colaboradores en CNC rotan de turno de trabajo lo que hace que varíe un poco la exposición porque las condiciones de noche no son iguales a las de los turnos de la mañana y la tarde, ya que de noche hay menos trabajadores y menos máquinas funcionando que en el día. En Fetting regularmente los trabajadores rotan de puesto según las necesidades de producción, por lo que usan distintas máquinas en la jornada y su exposición cambia. Con respecto al equipo de protección auditiva, es importante mencionar que la empresa no ha establecido una política para el uso obligatorio del mismo por lo que los trabajadores no lo utilizan.

En el factor de métodos y procedimientos, el uso de aire comprimido por parte de los colaboradores en la limpieza de las piezas mecanizadas y la limpieza de residuos en el interior de la máquina provoca niveles por encima de los 80 dB(A). Además, los colaboradores usan el aire para limpiarse la ropa o las manos lo que también contribuye al ruido que reciben.

Otros aspectos que influyen en la presencia de ruido es el tipo de material del que está construida el área, ya que los materiales no absorben acústicamente el ruido porque no reducen el nivel de energía sonora de las reflexiones que existen en el área. Algunos factores del medio ambiente que contribuyen al ruido en Fetting es el uso de los ventiladores durante la jornada, ya que éstos por ser varios y de gran tamaño generan más ruido que unos de menor tamaño.

B. Factores personales asociados a la exposición ocupacional a ruido.

Por medio de la aplicación de la entrevista estructurada a los colaboradores de CNC y de Fetting, se logró identificar algunos de los factores personales relacionados con la exposición al ruido.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de trabajadores por edad que laboran en el área:

Cuadro 4. Cantidad de trabajadores por edad

Rango de edad	Porcentaje de colaboradores
18-20	10%
20-25	39%
25-30	39%
30-35	3%
35-40	6%
40-45	3%

Fuente; Vargas, M. (2014).

Como se puede observar en la tabla, la mayoría de la población se expone a ruido desde tempranas edades, ya que el 88% se encuentra en el rango de adulto joven que va de los 18 a 30 años; este factor puede contribuir a que estos colaboradores tengan padecimientos auditivos más pronto de lo que podrían presentarse normalmente.

El 9% de la población que se encuentra entre el rango de 30 a 40 años también es una población vulnerable a sufrir padecimientos auditivos por exposición a ruido, ya que a esta edad las personas pueden presentar pérdida auditiva por procesos degenerativos asociados con la misma, esto debido a la disminución de la elasticidad de las estructuras encargadas de la transmisión de sonido (MAD, 2003).

La cantidad de tiempo a la que se están expuestos los colaboradores es otro factor que influye significativamente en la pérdida de la audición. Por medio de la siguiente tabla, se muestra el tiempo que poseen los trabajadores laborando en el área:

Cuadro 5. Cantidad de tiempo laborado por los colaboradores en el área de Machine Shop

Tiempo de laborar en la empresa	Porcentaje de trabajadores
1-6 meses	20%
6 meses- 1 año	10%
1-2 años	35%
2-4 años	16%
5-6 años	3%
6 años o más	16%

Fuente; Vargas, M. (2014).

De acuerdo con los datos anteriores, se puede observar que la mayoría de la población (el 70%) tiene más de un año de trabajar en la empresa lo cual es un periodo de exposición importante para iniciar la pérdida de la audición, ya que el oído está recibiendo constantemente los niveles sonoros de manera que no tiene tiempo de recuperarse entre una exposición y la siguiente. El mantenerse en una situación así durante un tiempo prolongado (1 año o más) ocasiona que aparezcan lesiones irreversibles en el oído (Chávez, 2006).

De toda la población entrevistada, sólo dos colaboradores afirman que tienen problemas auditivos; uno de ellos manifestó que presenta una sordera leve la cual se detectó por medio de una audiometría realizada en chequeos generales que hizo por cuenta propia ya que notó el padecimiento. El otro colaborador afirma que escucha sólo un 40% en el oído izquierdo y este padecimiento lo tiene desde la niñez, por lo que ha recurrido en varias ocasiones al médico. Este tipo de padecimientos fueron informados a la empresa; sin embargo, no se lleva un registro de los mismos ahí sino que éstos se mantienen en la clínica médica del parque industrial.

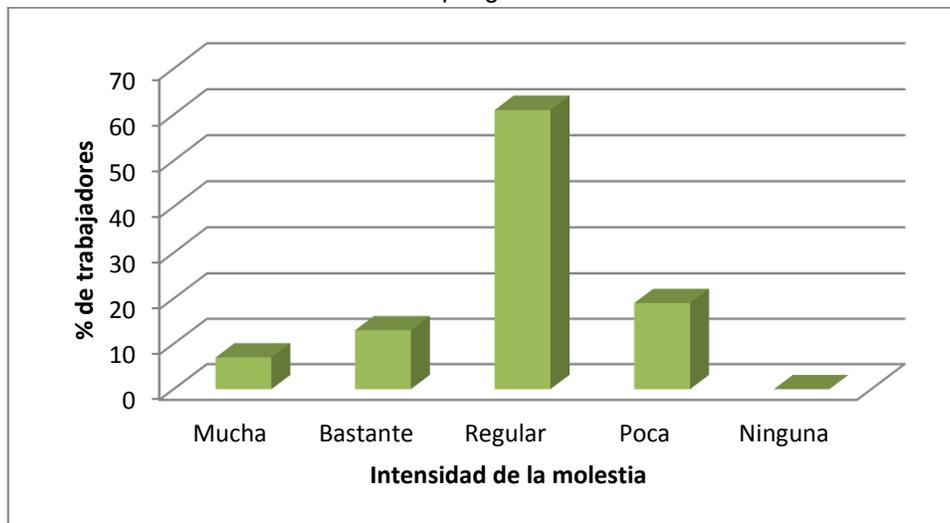
El trabajo que se lleva a cabo en el área requiere un alto nivel de atención y concentración por parte de los colaboradores, ya que deben estar pendientes de que el proceso se desarrolle adecuadamente porque de lo contrario ocurren retrasos. Para algunos, implica presión psicológica por la cantidad de piezas que se deben maquinar para un pedido en un tiempo establecido. Estas necesidades de concentración y atención

pueden verse afectadas por la exposición al ruido porque éste disminuye la capacidad de concentrarse en las personas. (Maqueda, 2010).

Las tareas desarrolladas también requieren de una discriminación auditiva por parte de los colaboradores, lo cual es necesario para que distingan si la máquina posee algún sonido que indique fallas en la misma y si el material se está mecanizando de manera adecuada, por lo que el ruido en el área no debe ser muy alto (80 dB o más) para que se puedan discriminar estos sonidos.

El 100% de los trabajadores considera que en el área en general hay presencia de ruido, sin embargo, la mayoría asegura que están acostumbrados al mismo, por lo que no les es tan molesto como cuando iniciaron a trabajar. Por medio del siguiente gráfico, se muestra el grado de molestia que genera el ruido presente en los trabajadores:

Gráfico 1. Intensidad de molestia que genera el ruido a los colaboradores.



Fuente; Vargas, M. (2014).

Como se puede observar en el gráfico la mayoría de la población evaluada considera que el ruido le genera una molestia regular lo cual significa que aunque sí perciben el ruido, éste no les provoca una molestia excesiva. Es importante destacar que los colaboradores no han externado a los supervisores o al departamento de seguridad ocupacional quejas por la exposición al ruido ni la empresa ha hecho estudios sobre este tema para conocer la percepción de los colaboradores sobre esto.

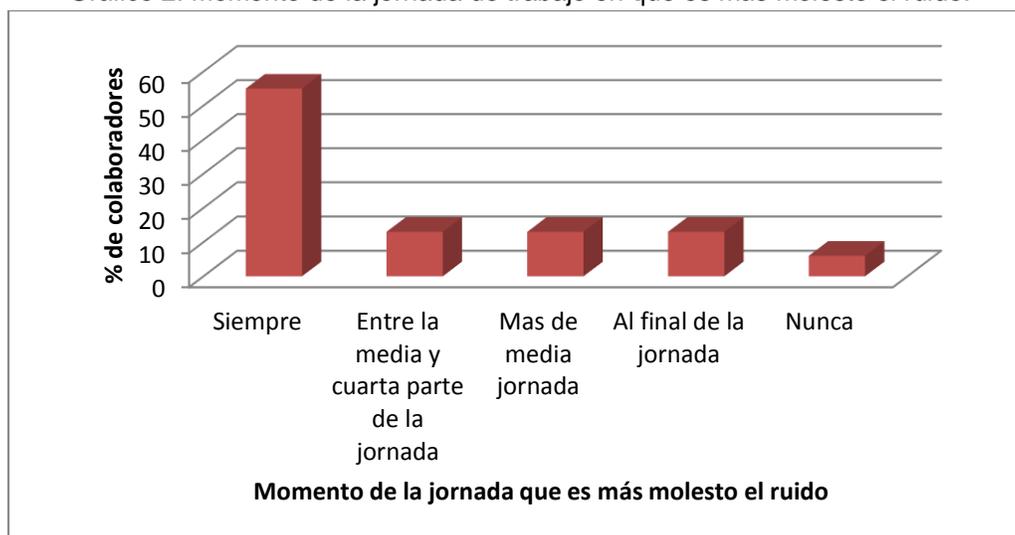
El segundo porcentaje más alto (13%) representa a los trabajadores que consideran que el ruido les genera poca molestia. En este porcentaje se incluye a los que afirman que se han acostumbrado al ruido en el lugar y por eso la molestia es poca. Tres de los cinco colaboradores de Fetting se encuentran dentro de este último porcentaje, ya que al usar equipo de protección personal consideran que el ruido presente no les es molesto.

Con base en lo comentado por los colaboradores sobre las fuentes de ruido más representativas en el área, la mayoría de la población (87%) considera que las máquinas son la mayor fuente de ruido presente, tanto las CNC, los colectores de vapor que tienen las CNC, la máquina vibradora y el extractor de polvos y la segunda mayor fuente de ruido es la limpieza de piezas y máquinas con aire comprimido.

Otro factor que contribuye al ruido generado por el aire comprimido es el uso de éste por parte del conserje para secar el piso de manera más rápida cuando lo limpia. Dicho factor es ocasional pero contribuye al ruido presente en el área.

Por medio del siguiente gráfico se representa, de acuerdo a la percepción de los trabajadores, el momento de la jornada en que es más molesto el ruido:

Gráfico 2. Momento de la jornada de trabajo en que es más molesto el ruido.



Fuente; Vargas, M. (2014).

De acuerdo al gráfico, el 62% de los colaboradores opinan que siempre el ruido presente es molesto, ya que las máquinas están en constante uso. El 13% de la población indica que la molestia generada por ruido es mayor al final de la jornada de trabajo, ya que durante todo el día escuchan ruido.

Por otra parte, al evaluar el conocimiento de los colaboradores sobre los riesgos para la salud de exponerse al ruido, la mayoría respondió que la sordera es un riesgo producto de la exposición a ruido, mientras que la otra parte de la población desconoce los riesgos a los que se exponen. Algunos indicaron otros síntomas como mareos, aturdimiento y dolor de cabeza.

Algo similar ocurrió con la pregunta de las enfermedades que puede ocasionar la exposición a ruido; la mayoría conocen que la sordera se ocasiona por exponerse a ruido y una considerable parte de la población indica que exponerse a ruido no genera ningún tipo de enfermedad. La empresa sólo brinda capacitación en este ámbito cuando el trabajador comienza a laborar en la empresa pero posterior a esto no se brinda capacitación.

También se consultó a los colaboradores sobre el uso del equipo de protección auditiva a lo cual en CNC la mayoría contestó que no lo utiliza, algunos lo usan en ocasiones y otros del todo no. Caso contrario ocurre en Fetting donde los colaboradores utilizan las orejeras diariamente.

Adicional a la entrevista, se aplicó un cuestionario de signos y síntomas a todos los colaboradores en el área de Machine Shop. Este cuestionario consta de diez preguntas con las que se deseaba conocer, según la percepción de los trabajadores, los síntomas que presenten que pueden estar relacionados con la exposición a ruido.

De acuerdo a lo comentado por los colaboradores, se encontró que el 100% de la población no presenta dolor en el oído al final de la jornada de trabajo. Para la pregunta de que si al finalizar la jornada la persona escucha un ruido agudo en el oído el 77% de la población respondió que no, mientras que el 23% afirma que sí lo escucha al final de la jornada; este último porcentaje corresponde a un colaborador de Fetting y varios del área de CNC.

Este padecimiento se puede dar, entre otras causas, por exponerse a ruidos fuertes sin uso de equipo de protección auditiva, lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos, ya que la mayoría de colaboradores en CNC que escuchan el ruido agudo no lo utilizan. En Fetting el colaborador escucha el ruido agudo aunque use las orejeras diariamente, lo cual puede deberse a que presente algún padecimiento auditivo o que el equipo no esté funcionando adecuadamente.

En la pregunta 4, se cuestionó cómo considera el trabajador su escucha y los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 6. Percepción del nivel de escucha del colaborador

Nivel de escucha del colaborador	Porcentaje de colaboradores
Se mantiene	94
Ha disminuido	3
No ha prestado atención a este factor	3

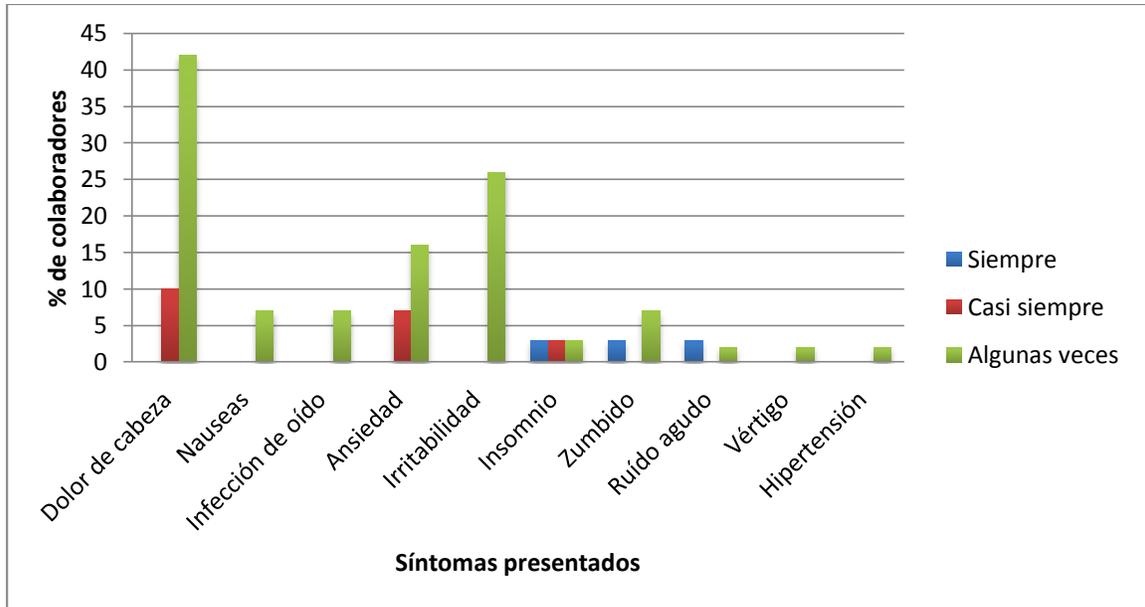
Fuente; Vargas, M. (2014).

Por medio de los resultados obtenidos, se puede decir que la mayoría de la población afirma que el nivel de audición se mantiene desde que empezó a trabajar en el área hasta la fecha y la minoría de la población considera que su nivel de escucha ha disminuido.

Sin embargo cuando se consultó a la población si considera que está completamente de acuerdo que escucha bien, sólo el 19% respondió afirmativamente y el resto (81%) indicó que está de acuerdo que escucha bien pero no completamente bien. La variación en los resultados indica que el trabajador no posee un patrón de comparación sobre su capacidad auditiva a través del tiempo, esto posiblemente debido a que la empresa no cuenta con un registro de evaluaciones audiométricas para los colaboradores.

Para la evaluación de la presencia de síntomas provocados por la exposición frecuente al ruido en los colaboradores, se consultó a la población su frecuencia de aparición, tomando como referencia la cantidad de veces que padecen el síntoma en una semana. Los resultados obtenidos se muestran gráficamente a continuación:

Gráfico 3. Frecuencia de síntomas presentados por exposición laboral a ruido.



Fuente; Vargas, M. (2014).

Por medio del anterior gráfico se puede observar que el síntoma que predomina entre los trabajadores es el dolor de cabeza, el cual según el criterio de los colaboradores se presenta algunas veces (de 1 a 2 veces por semana). Los otros dos síntomas predominantes son la irritabilidad (la padece un 26%) y la ansiedad (la padece un 16 %) los cuales se relacionan ya que los dos afectan la calidad y el rendimiento del trabajo de la persona, debido a que al provocar una disminución en la atención de la persona, exigen un mayor grado de concentración, rapidez y destreza lo que conlleva a una mayor fatiga. (Fernández, 2008).

Los síntomas que presentan siempre los trabajadores (5 veces a la semana o más) son insomnio, zumbido y ruido agudo en el oído, sin embargo son pocos los colaboradores que padecen de estos síntomas. Aunque sean pocos, es importante darles prioridad a ellos en las evaluaciones audiométricas ya que estos síntomas pueden ser indicios de sordera debido a la exposición a ruido (MAD, 2003).

Es importante mencionar que el 49% de la población que presentó dolor de cabeza y ruidos agudos en el oído afirmó también que la molestia que le genera el ruido presente

en lugar es regular por lo que esto podría ser un indicador para la empresa de los efectos que podría estar generando la exposición del ruido en los trabajadores pero que no son percibidos por los colaboradores debido a la costumbre de estar exponiéndose a ruido durante la jornada de trabajo.

C. Características del ruido en el área

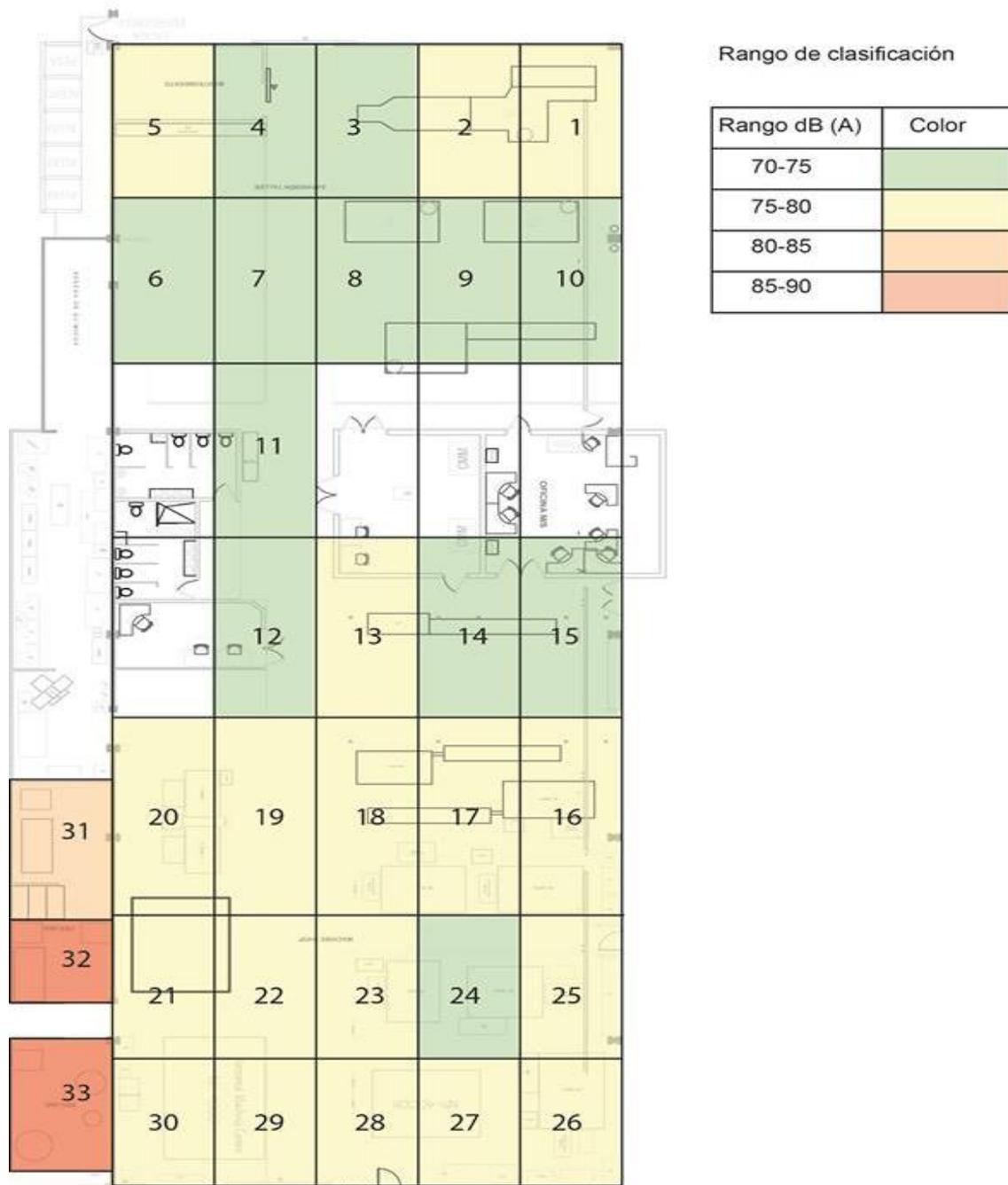
Para la identificación de los sectores donde se encuentran los mayores niveles de presión sonora en el área de Machine Shop, se llevó a cabo un mapa de ruido en el cual se abarcó tanto CNC como Fettling. Es importante mencionar que las dos sub áreas están divididas por una pared de concreto y una puerta corrediza de metal; sin embargo, aunque estuvieran divididas, se hizo un solo mapa para las dos sub áreas. Todo el lugar se dividió en cuadrantes, cada uno con $32m^2$, con lo cual se obtuvo un total de 33. Los primeros 30 cuadrantes corresponden a la de CNC mientras que los últimos 3 son de Fettling.

La evaluación tuvo una duración de 9 horas y media y en este tiempo se abarcó el turno de la mañana y parte del turno de la tarde; las mediciones se hicieron en estos turnos ya que se consideraron como los más críticos esto porque todas las máquinas se mantienen encendidas durante los dos y por cada máquina siempre hay un operario. En el turno de noche la cantidad de producción disminuye con respecto a la del día, por lo que la cantidad de máquinas funcionando y de colaboradores es menor y no representa una situación de criticidad.

El día de las mediciones no hubo presencia de lluvia, ni paros en las máquinas por fallo o por mantenimiento. De las 3:50pm a las 4:30pm todos los colaboradores de CNC estuvieron en reunión (la cual no se realiza frecuentemente), por lo que las mediciones que se tomaron en ese intervalo no tuvieron presencia de personas conversando ni utilizando las pistolas con aire comprimido, ya que la reunión se hizo fuera del área.

Para cada cuadrante se calculó un promedio logarítmico (ver fórmula en el apéndice 9) con las 17 mediciones obtenidas en cada uno. Los promedios del nivel de presión sonora (NPS) obtenidos por cuadrante se pueden observar en el apéndice 10. A continuación se muestra el croquis del área en el cual se identifican los cuadrantes por color de acuerdo al rango de clasificación establecido:

Figura 4. Mapa de ruido del área de Machine Shop

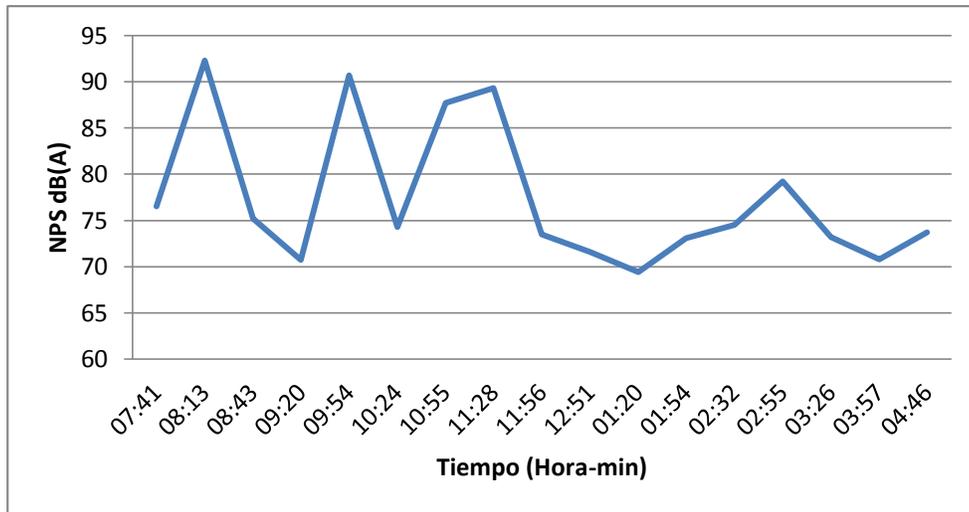


Fuente: Vargas, M. (2014)

De acuerdo a lo observado en el mapa, con color verde se muestran los cuadrantes que poseen promedios en el rango de 70dB(A) a 75dB(A); en ellos se ubican la mayoría de los tornos CNC. Estas máquinas operan haciendo girar la pieza a mecanizar mientras varias herramientas de corte son empujadas contra la superficie de la pieza para hacer los perfiles. Al realizar estos cortes y dependiendo del material de la pieza, se pueden generar niveles de presión sonora de 70dB(A) o más.

Por medio del siguiente gráfico, se muestra el comportamiento de los niveles de presión sonora en el cuadrante nueve, el cual se escogió ya que se encuentra en medio de tres tornos CNC el ZT 1500/1, el ZT 1500/2 y el LT2000 lo que lo hace un cuadrante representativo del ruido que generan este tipo de máquinas y no posee gran influencia del ruido provocado por las fresadoras:

Gráfico 4. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 9.



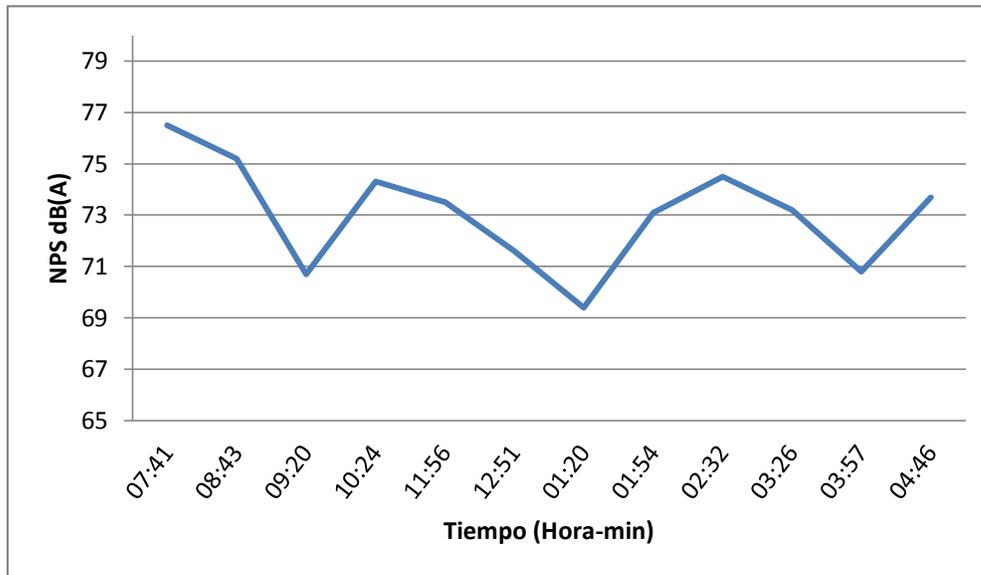
Fuente: Vargas, M. (2014).

En el gráfico anterior se puede observar que los niveles de presión sonora se mantienen en un rango de 70 a 76 decibeles; sin embargo, en cuatro momentos distintos se identifica una alta variación (10 dB o más) de los mismos. Esta variación se debe a que en el momento de esas mediciones los colaboradores accionaron las pistolas con aire comprimido y soplaron en los agujeros más pequeños de la pieza mecanizada por lo que se registran picos de hasta 92,3dB(A). Entre más pequeños los agujeros, más agudo es el ruido que se produce. El material que generalmente se trabaja en los tornos es el aluminio

el cual es más difícil de cortar porque su dureza es mayor a la de los otros. (Schmid, 2002).

A continuación se presenta el gráfico para el mismo cuadrante 9, sin los picos provocados por el uso del aire:

Gráfico 5. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 9 sin presencia de aire comprimido.



Fuente: Vargas, M. (2014).

Como se puede observar a diferencia del gráfico anterior, sin el uso del aire comprimido, los niveles de presión sonora se mantienen dentro de un rango de 70 a 76dB(A) por lo que es claro que el uso del aire comprimido es un factor que incrementa en gran medida el ruido presente en la sub área.

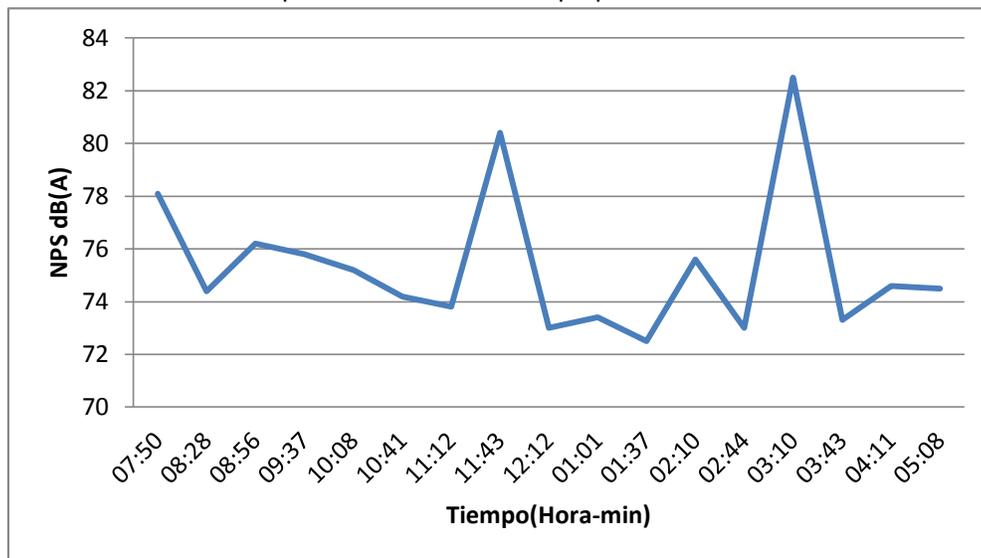
En el rango de color amarillo se incluyen los cuadrantes cuyos promedios se encuentran de 75dB(A) a 80dB(A) y en ellos se ubican la mayoría de las máquinas fresadoras CNC y dos tornos (el k16 y el L250). Las fresadoras maquinan piezas de mayor tamaño que los tornos por lo que la duración del proceso es mayor (hasta una hora) y durante todo ese proceso se generan distintos valores de los niveles de presión sonora de acuerdo a los cortes que se estén realizando.

Durante el maquinado se llevan a cabo operaciones como fresado de perfiles, fresado de cavidades, contornos de superficies y operaciones de tallado; el desarrollo de estas operaciones implica desplazamientos de la mesa de fresado, traslados de los carros

transversales y longitudinales y cambios de herramienta dependiendo del tipo de corte que se deba hacer, lo cual no se da en los tornos. Estos movimientos se realizaron durante la evaluación, por lo que el ruido que provocan se registró en las mediciones.

A continuación se muestra el gráfico de los niveles de presión sonora presentes en el cuadrante número 29, el cual se escogió porque se encontraba en medio de dos fresadoras CNC (la MB 4000H y la NH 4000) las cuales estaban lejos de tornos, son de las de mayor tamaño en el área y realizaron la mayoría de las operaciones antes descritas durante la evaluación:

Gráfico 6. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 29.



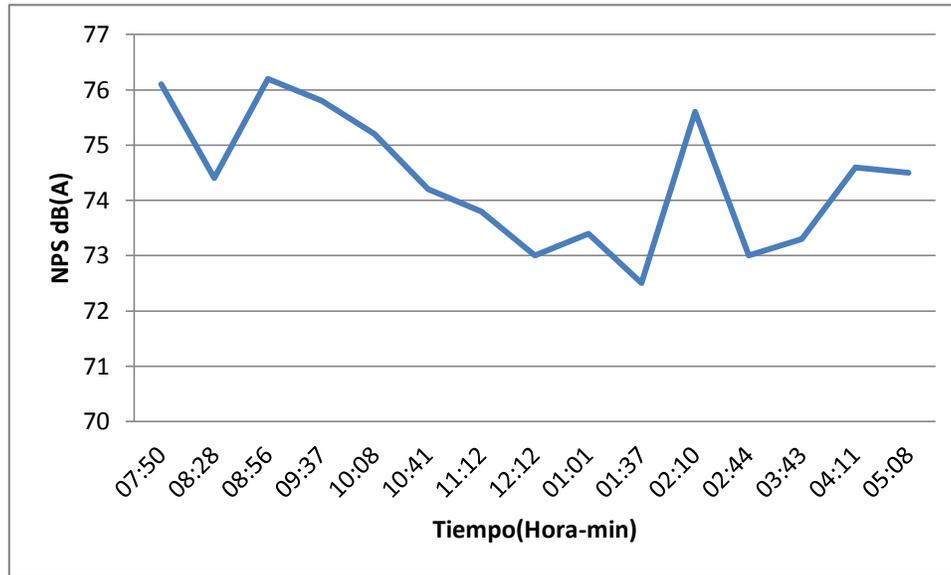
Fuente: Vargas, M. (2014).

De acuerdo al gráfico, la mayoría de los NPS rondan entre los 73 y los 78dB(A). Los valores de 73 dB(A) corresponden a momentos en que la máquina no estaba haciendo movimientos o desplazamientos sino que agregaba el refrigerante a la pieza para disminuir el calor generado por la fricción del metal. Los valores mayores a 74dB(A) corresponden a momentos en que había desplazamiento de la mesa de fresado o cambios de herramienta.

El proceso completo de maquinado para una pieza se compone de varias etapas (preparación de la máquina, sujeción de los perfiles, ejecución del mecanizado, entre otros) y cada vez que finaliza alguna, se debe sacar la pieza de la máquina para limpiar los orificios con el aire y luego de nuevo se coloca adentro para que continúe su proceso, por lo que los picos que se registran corresponden a esos momentos en que se usó el

aire. Por medio del siguiente gráfico, se ilustra el comportamiento de los NPS sin el uso de aire comprimido:

Gráfico 7. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 29 sin presencia de aire comprimido.



Fuente: Vargas, M. (2014).

El comportamiento de los NPS en este gráfico es menos variable que en el anterior, ya que los valores se mantienen en el rango de 73 a 77dB(A), por lo que se corrobora la influencia del aire comprimido para el aumento del ruido que hay en el lugar. Aunque el aire no se usa tantas veces como en los tornos, siempre que se usa genera también altos niveles de presión sonora, lo cual altera y podría aumentar la exposición de los colaboradores.

Un aspecto que también influye en el ruido presente es el tipo de material que se mecaniza. El día de la evaluación se estaba trabajando con piezas de aluminio en estas máquinas (MB 4000 Y NH 4000) el cual genera más ruido que el magnesio que es otro material que también se trabaja; según Schmid la presencia de aluminio y de silicio en los aceros siempre es nociva porque estos se combinan con el oxígeno y forman óxido de aluminio y silicatos, que son duros y abrasivos. Además, puede presentarse el problema del control dimensional al maquinar aluminio, esto por tener un alto coeficiente de dilatación y un módulo de elasticidad relativamente bajo. (2002).

Los cuadrantes de color naranja y rojo corresponden a Fettling. El promedio de niveles de presión sonora para el naranja es de 80 a 85dB(A) y el rojo de 85 dB(A) a 90 dB (A) por lo que estos cuadrantes son los de mayor criticidad en el mapa.

La cantidad de ruido presente se debe al tipo de maquinaria que se usa simultáneamente durante la jornada como es el caso de los mototool, los esmeriles de mesa y la máquina para sand blasting. En algunas ocasiones se utiliza la lijadora de banda vertical, sin embargo el día en que se hizo el mapa de ruido ésta no estaba funcionando.

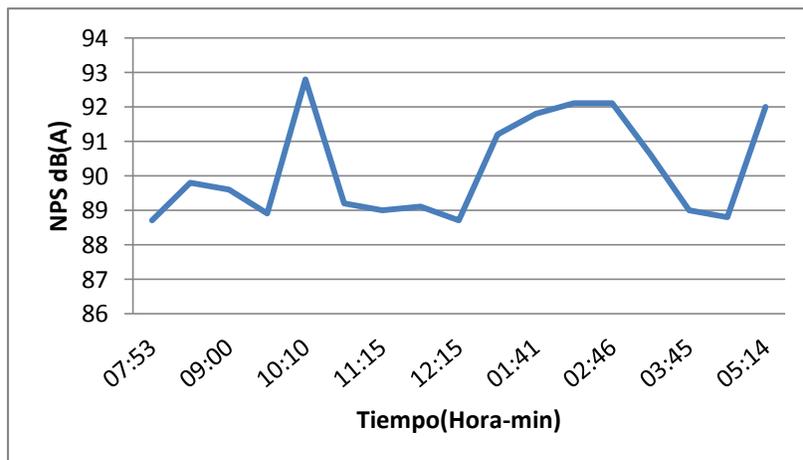
Otro factor que contribuye al ruido en esta sub área es la presencia de 5 ventiladores, uno en el cuadrante 31 y los otros tres en el cuadrante 32; estos permanecieron encendidos la mayoría de la jornada de trabajo y se utilizan para disminuir la temperatura que se genera en el lugar.

En el cuadrante 31 los niveles de presión sonora son menores que en el 32, ya que ahí sólo un colaborador utilizó el mototool y no se usó la lijadora vertical de banda.

En el cuadrante 32 los niveles de presión sonora son mayores debido a que durante casi toda la jornada permanecieron 3 de los colaboradores usando los mototool. Además, ahí se encuentra la máquina de sand blasting que se usó en una ocasión, lo cual incrementó el ruido.

Por medio del siguiente gráfico se muestra el comportamiento de los niveles de presión sonora en el cuadrante 33, el cual se escogió porque representa el de mayor criticidad debido a que posee el promedio más alto y en él están las máquinas más grandes del área (el extractor de polvos y las vibradoras):

Gráfico 8. Niveles de presión sonora vrs tiempo para el cuadrante número 33



Como se puede observar, todos los valores registrados están por encima de los 85 dB(A) y algunos llegan hasta los 90dB(A). Los picos que se registran son debido a que en esos momentos estaba encendidos la vibradora (solo una de las tres que hay) y el extractor mientras que los valores más bajos se midieron cuando solo el extractor estaba encendido. El uso de la vibradora varía de acuerdo a la cantidad de producción por lo que hay días en que no se enciende como hay días en que está encendida todo el día. En este cuadrante siempre permanece solo un colaborador de los 5 el cual manipula la máquina y está en constante exposición al ruido que produce.

D. Evaluación de Fuentes

Para la evaluación de las fuentes en la sub área de CNC se utilizó un criterio de escogencia el cual se basó en dos variables: la priorización de los cuadrantes que presentaran los mayores promedios de niveles de presión sonora mediante el mapa de ruido y el tipo de máquinas según el proceso que lleva a cabo para lo cual se procedió a identificar cuales corresponden a fresadoras y cuales a tornos.

Por medio de este criterio se escogieron 7 máquinas para llevar a cabo la evaluación; éstas se encontraban ubicadas en los cuadrantes que tienen promedios por encima de los 75dB(A). Se determinó que la mayoría de las máquinas en esos cuadrantes eran fresadoras por lo cual se dio prioridad a este tipo. Aparte de las fresadoras también se hizo la evaluación a dos tornos que estaban en esos cuadrantes esto con el fin de comparar el ruido generado entre ambas máquinas, sus características y frecuencias donde los niveles de presión sonora son mayores.

En cada máquina se trazaron varios puntos alrededor con una distancia de un metro entre cada uno y se midieron los niveles de presión sonora en cada punto. Una vez hecha la medición, se procedió a identificar el punto de mayor NPS para posteriormente realizar un barrido de frecuencias (mediciones en cada frecuencia en decibeles lineales) en él. Las mediciones no se pudieron llevar a cabo con las demás máquinas apagadas ya que esto generaba retrasos en el proceso de producción.

Esta evaluación se realizó en un día que no había presencia de lluvia, todas las máquinas estaban funcionando normalmente y no se les hicieron reparaciones o labores de mantenimiento ese día. A continuación se muestran los resultados obtenidos por máquina:

Cuadro 7. Evaluación de fuentes en la sub área de CNC

Modelo de máquina	Tipo	Nivel de presión sonora (en dB lineales) en el punto mayor	Frecuencias dominantes (Hz)
FMC	Fresadora	78.5	125, 250 y 500
NH 4000	Fresadora	78.8	31.5, 63, 125, 250
HX 400	Fresadora	75.9	31.5, 63, 125
Fadal 1 y 2	Fresadora	78.9	31.5, 63, 125
MB 4000	Fresadora	76.2	31.5, 63, 125
L250	Torno	76.5	63,125,250
K16	Torno	77.4	31.5, 63, 250

Fuente: Vargas, M. (2014).

El valor de los niveles de presión sonora determinados por frecuencia para cada una de las máquinas se encuentra en el apéndice 11.

De acuerdo a lo observado en el cuadro, para la FMC se tiene que el punto con mayor NPS es el 5 el cual se encontraba ubicado en la parte trasera de la máquina donde se hace el cambio de herramienta.

En la MB4000H el punto de mayor nivel de presión sonora se encontró dónde se desplaza la mesa de fresado; este movimiento provoca ruidos agudos que son molestos para el trabajador.

En el caso de la NH4000 el mayor punto se encontró dónde está la compuerta que se abre para colocar el material. Ahí mismo la máquina lleva a cabo cortes y perfiles por lo que se genera más ruido en ese punto.

La evaluación también se hizo para dos fresadoras verticales modelo Fadal (marca Mori Seiki). Estas fuentes se encuentran muy cerca y debido a que el espacio que hay entre ellas es poco, se tomaron las dos como una sola fuente y se trazaron los puntos alrededor de las mismas. El punto con mayor NPS es el 1 el cual estaba ubicado en medio de las dos y cerca de los brazos articulados los cuales se mueven de arriba hacia abajo para hacer las operaciones de corte en la pieza. Estos movimientos generan ruidos agudos los cuales fueron registrados durante las mediciones. También, estos brazos

hacen cambios de herramienta de acuerdo a las necesidades de corte lo cual implica un ruido pero de menor intensidad (75 a 80 dB(A)).

Como se puede observar en la tabla, en todas las fresadoras las frecuencias dominantes son las bajas lo cual no implica daños tan severos en la audición como las frecuencias altas ya que el oído humano es más susceptible a estas últimas (Álvarez, 2010) sin embargo, la exposición al ruido si puede llevar a pérdidas en la audición a mediano o largo plazo.

Por otra parte, la evaluación de fuente se hizo también para dos tornos esto con el fin de identificar el comportamiento de los NPS en el otro tipo de máquina que se utiliza en la sub área. Los dos tornos evaluados fueron el L250 y la K16 esto debido a que el promedio de los cuadrantes donde se encuentran está en el rango de 75 a 80dB(A).

Este tipo de máquinas son tornos suizos, los cuales trabajan con barras de acero inoxidable o bronce y poseen un cabezal cuyo desplazamiento permite la realización de bordes o cortes. También posee una pinza de acero que sujeta fuertemente el material al mecanizar.

Para el caso de la L250 el punto con mayor NPS fue donde la máquina realiza los procesos de corte y perfilado; en ella se trabaja con dos tipos de material: aluminio y acero inoxidable de los cuales el acero inoxidable genera ruidos más agudos que el aluminio.

En la K16 el mayor punto se encontró en el área donde el cabezal gira el material para ser cortado. En ella se mecanizan piezas de acero inoxidable y bronce, de los cuales el bronce genera más ruido al ser perfilado esto porque las barras no tienen una alineación adecuada por lo que cuando ingresan al orificio de la cabeza se producen ruidos por la fricción con esta.

En general el ruido en estas dos máquinas se debe a la fricción que genera el material contra las cuchillas y el movimiento de la cabeza mientras se hacen los cortes.

Por otra parte, en Fettling se realizó la evaluación de fuente a la lijadora vertical de banda, al extractor de polvos y la máquina vibradora que se usa regularmente. También, en el lugar hay dos mesas de trabajo donde se usan los esmeriles y los mototool por lo

que se evaluó cada una de las mesas por aparte. Los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 8. Evaluación de fuentes en la sub área de Fetting

Fuente	Nivel de presión sonora (en dB lineales) en el mayor punto	Frecuencias dominantes
Mesa de trabajo #1	91.8	500,1000,2000
Mesa de trabajo #2	93.9	1000, 2000, 4000
Lijadora vertical de banda	86.5	250, 500, 1000
Extractor de polvos	90.0	125, 250, 500
Vibradora	91.3	4000, 8000

Fuente: Vargas, M. (2014).

Durante la evaluación, en la mesa de trabajo número 1 se encontraba sólo un colaborador trabajando con mototool y la lijadora vertical de banda estaba apagada; el mayor punto se ubicó enfrente de donde se estaba usando el mototool.

En la mesa de trabajo número dos los colaboradores estaban lijando piezas con los mototool mientras que el otro estaba lijando con el esmeril de mesa y el mayor punto se encontró en medio de los tres colaboradores.

En el caso de la lijadora vertical de banda sólo se pudo medir en dos puntos y en los otros no ya que se encuentra muy cerca de la pared en un costado. El punto con mayor NPS estaba cerca de donde tiene el motor. Cabe destacar que el uso de esta máquina no es constante, solo cuando el proceso lo requiere.

Las últimas dos máquinas evaluadas fueron el extractor de polvos y la vibradora. El extractor se mantiene encendido durante toda la jornada de trabajo ya que así lo requiere el proceso; el mayor punto fue el 3 el cual se encontró cerca de una turbina interna que está en la parte superior de la máquina.

En la vibradora el mayor punto se ubicó en el frente de ésta, lugar donde se posiciona en ocasiones el colaborador que la manipula para vigilar el proceso. Es importante mencionar que esta máquina posee amortiguadores en la parte inferior y toda su estructura es de metal lo cual ocasiona que las piedras que tiene en el interior choquen con la superficie de metal durante el movimiento vibratorio y el ruido sea mayor. Los

niveles de presión sonora determinados por frecuencia en la evaluación de fuente para el extractor de polvos y la máquina vibradora se encuentran en el apéndice 11.

De todas las fuentes evaluadas, sólo en el extractor de polvos las frecuencias predominantes son las bajas, mientras que en las demás fuentes predominan las frecuencias medias y altas. El oído humano es más susceptible a las frecuencias entre 3000 a 6000 Hz siendo la lesión en la zona de los 4000 Hz el primer signo de la mayoría de los casos. Por el fenómeno de la impedancia, el oído humano está mucho mejor protegido contra los ruidos intensos de frecuencias bajas que contra los de frecuencias altas. (Marín, 2004).

E. Evaluación de la exposición personal a ruido.

Para evaluar la exposición personal de los colaboradores a ruido, se procedió a realizar la cantidad de dosimetrías basado en el número de muestra calculado anteriormente y se escogieron los trabajadores a evaluar con base en los cuadrantes que presentaron los mayores niveles de presión sonora en el mapa de ruido por lo que en CNC se hicieron 11 y Fetting 5 para un total de 16 evaluaciones. Las mismas se llevaron a cabo en distintos días de la semana con el fin de abarcar varias situaciones que se dan comúnmente durante la semana de trabajo.

En CNC se evaluaron los operarios que trabajan tanto en las fresadoras como en los tornos esto con el fin de determinar el tipo de exposición según el tipo de máquina que operan. Las evaluaciones abarcaron el 75% de la jornada de trabajo como mínimo.

Para CNC la jornada de trabajo evaluada fue 6 am a 2 pm (el turno de la mañana) esto porque en él está presente la mayoría de la población y la exposición es similar a la que se tiene en el turno de la tarde. Para Fetting se evaluó el turno de 7am a 5pm ya que esa es la jornada que mantienen regularmente y abarca parte de la exposición de la mañana y parte de la tarde.

En general, las dosimetrías abarcaron tanto las horas de trabajo como los tiempos de descanso de los colaboradores; durante la evaluación los trabajadores se mantuvieron siempre en el área realizando sus labores y no se ausentaron por reuniones u otro tipo de actividades fuera del rol de trabajo.

EL nivel sonoro continuo equivalente (NSCE) obtenido para cada trabajador se calculó haciendo uso del criterio de la ACGIH 85 base 3 (ver anexo 2). A continuación se detalla el NSCE determinado para los colaboradores que operaron las máquinas fresadoras CNC:

Cuadro 9. NSCE para los colaboradores que operan máquinas fresadoras CNC:

Máquina	% de Dosis	NSCE dB(A)
HX 400	65,13	83,1
FMC	246,7	88,9
NH 4000	59,12	82,7
MB 4000H	163,7	87,1
NV 5000	289,4	89,6
FADAL 1	96,05	84,8

Fuente: Vargas, M. (2014)

De acuerdo con lo observado en la tabla, tres de los cinco trabajadores superan el nivel de 85 dB(A) establecido por el Reglamento para el Control de Ruido y Vibraciones mientras que tres de los colaboradores superan el nivel de peligro (82 dB(A)) establecido en la INTE 31-09-16-00 valor para el cual se deben establecer medidas de prevención según esta norma.

Es importante mencionar que en las máquinas de los trabajadores que fueron evaluados el material que se estaba utilizando era el aluminio solo en la Fadal 1 se usó bronce; a pesar de que es el mismo material para casi todas las máquinas las dimensiones de las piezas son distintas por lo que los bordes y perfiles que deben hacer en ellas varían y con esto el ruido generado en este proceso.

Como ya se ha mencionado anteriormente el aire comprimido utilizado por los colaboradores es un aspecto que influye en la cantidad de ruido al que se exponen. En la mayoría de las fresadoras el tiempo de maquinado de las piezas es amplio ya que los intervalos van desde 30 minutos hasta 1 hora de duración. Los colaboradores casi no utilizan el aire mientras se desarrolla el proceso de maquinado lo cual es un factor que disminuye un poco la exposición sin embargo, se exponen al ruido propio que genera la máquina en el proceso.

Por medio de la siguiente tabla se muestra el nivel sonoro continuo equivalente para los trabajadores evaluados que operaron tornos CNC:

Cuadro 10. NSCE para los colaboradores que operan máquinas CNC torno

Máquina	% de Dosis	NSCE dB(A)
K 16	206,0	88,2
L250	115,7	85,6
LT 2000	456,2	91,5
ZT 1500/2	305,4	89,8
NL 2500	127,7	86,1
NL 2002	109,8	85,4

Fuente: Vargas, M. (2014)

A diferencia de las máquinas fresadoras, todas las dosimetrías de los operarios de los tornos superan el nivel de peligro (85dB(A)). Durante la jornada evaluada los colaboradores usaron el aire comprimido para limpiar las piezas una vez terminadas; esto se hizo frecuentemente porque el tiempo de maquinado es corto y es grande la cantidad que se hace en una jornada (de 200 piezas en adelante) por lo que lo usan más que en los colaboradores de las fresadoras.

Además de la limpieza de piezas, el aire se utiliza para limpiar las muelas donde se deben colocar las piezas o para eliminar residuos de refrigerante en el interior de la máquina por lo que soplan dentro de ella y el ruido es mayor.

Con respecto a los materiales que se estaban usando el día de las evaluaciones, en todas las máquinas se estaba trabajando aluminio sólo en la k16 y L250 que se usaron barras de acero inoxidable y bronce. De acuerdo a la percepción de los colaboradores que operan estas máquinas, las barras de bronce generan un mayor ruido que las de acero por lo que en ocasiones la máquina emite una especie de chillido cuando corta este material.

Para los dos grupos evaluados es importante mencionar que en la mayoría de las veces cuando usan las pistolas con aire lo hacen cerca del oído ya que necesitan acercarse a la pieza para observar bien los agujeros a limpiar por lo que la intensidad del ruido en el oído es mayor.

En la sub área de Fetting, la dosimetría de todos los colaboradores estuvo muy por encima del nivel de peligro (85dB(A)), los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 11. NSCE para los colaboradores del área de Fettling

Número de colaborador	% de Dosis	NSCE dB(A)
1	871.4	94.37
2	795.3	93.9
3	653.6	93.1
4	1382	96.4
5	294.8	89.6

Fuente: Vargas, M. (2014)

Los colaboradores evaluados utilizaron las orejeras toda la jornada de trabajo. Durante la mayoría del tiempo de trabajo, tres de los colaboradores (los número 1, 2 y 3) estuvieron utilizando los mototool para lijar las piezas. El colaborador número 4 posee el mayor porcentaje de dosis, esto debido a que utilizó el mototool durante gran cantidad de la jornada y estuvo manipulando máquinas como la de sand blasting y la vibradora. Esta última la usó durante un periodo de 2 horas y durante ese tiempo también se expuso al ruido generado por el extractor de polvos. El colaborador 5 estaba trabajando con el esmeril de mesa y en ocasiones empacando el material listo por lo que su exposición fue menor.

Además de las evaluaciones anteriormente mencionadas, se realizaron otras dos dosimetrías en un día donde la cantidad de material por lijar fue baja. Para este día los colaboradores no se expusieron al ruido generado por los mototool solo por los esmeriles y solo uno de ellos estuvo operando la vibradora.

El porcentaje de dosis obtenido para el colaborador expuesto al ruido del esmeril es de 119,4% lo cual representa un NSCE de 85,8 dB(A) y para el de la vibradora el porcentaje de dosis fue de 610,6% para un NSCE de 92,8dB(A). Es importante destacar que el operario de la vibradora también se expuso al ruido generado por el extractor de polvos. Este último NSCE supera por mucho el nivel de peligro con solo estar operando la vibradora por lo que la situación podría ser más crítica cuando realice otras funciones aparte de manipular esta máquina.

Un aspecto a resaltar de la evaluación en Fettling es que los días de las evaluaciones se mantuvieron encendidos los ventiladores lo cual también contribuye al ruido presente ahí.

F. Evaluación del equipo de protección personal

La evaluación del equipo de protección auditiva utilizado en CNC y Fettling se realizó por medio de la aplicación del método OSHA el cual determina la reducción del ruido que logra el mismo así como el nivel de ruido recibido por el colaborador usando el equipo. Los valores obtenidos en dicha evaluación se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 12. Evaluación del equipo de protección auditiva utilizado en el área de Machine Shop.

Área	Equipo de protección auditiva	Reducción brindada por el equipo (dB(A))	Nivel de ruido recibido por el colaborador con el equipo de protección auditiva.
CNC	Tapones	33.4	53.67 dB(A)
Fettling (cuadrante 31 y 32)	Orejeras	35.6	59.01dB(A)
Fettling (cuadrante 33)	Orejeras	33.7	63.04dB(A)

Fuente: Vargas, M. (2014).

Como se observa en el cuadro anterior los tapones atenúan 33.4 dB(A) (A (ver apéndice 12) lo que permite que el nivel de ruido recibido se encuentre por debajo de los 80dB(A).

En Fettling los colaboradores utilizan orejeras Howard Leight Thunder modelo T3. El equipo se analizó tanto para la exposición de los colaboradores que están en el cuadrante 31 y 32 los cuales se exponen al ruido de los mototool, la máquina de sand blasting, los esmeriles y como para la exposición del colaborador que opera la vibradora.

Para los colaboradores que estaban en los cuadrantes 31 y 32 el equipo atenúa 35.6 dB(A) (ver apéndice 13) y el equipo usado en el cuadrante 33 donde está la vibradora atenúa 33.7 (ver apéndice 14) valores que permiten que el nivel de ruido recibido se encuentre por debajo de los 80dB(A).

Conclusiones

- El ruido presente en el área de Machine Shop es continuo ya que durante toda la jornada se genera ruido sin embargo no es estable por las labores que se llevan a cabo.
- Las labores como el uso de aire comprimido y el uso de distinta maquinaria generan cambios significativos (niveles de presión sonora de 80dB(A) o más) en el ruido presente en el área de Machine Shop.
- De las dos sub áreas Fettling es la que presenta la mayor criticidad con respecto a la cantidad de ruido presente en el ambiente (promedios de 80dB(A) o más), esto debido a los proceso de lijado y pulido de piezas y las máquinas (vibradora y extractor de polvos).
- De los dos tipos de máquinas CNC que hay (fresadora y torno) las fresadoras son las que producen mayor ruido (de 75dB(A) en adelante) esto debido a los cambios de herramienta que realizan para llevar a cabo los distintos cortes, al desplazamiento de la mesa de fresado y movimiento de los carros transversales, operaciones que no se llevan a cabo en los tornos.
- En CNC las frecuencias dominantes son las bajas (31.5, 63, 250 Hz) mientras que en Fettling las frecuencias dominantes son las altas (1000, 2000, 4000 Hz) esto de acuerdo a los datos brindados por la evaluación de fuente.
- La cantidad de horas de exposición al ruido es variable esto debido a que dependiendo de la producción que haya a la semana, los colaboradores deben trabajar 8 o 12 horas.
- De los tres turnos de trabajo que hay en CNC, el de la mañana y la tarde se consideran como los críticos ya que todas las máquinas se mantienen en funcionamiento durante las jornadas y siempre hay un colaborador por cada máquina a diferencia del turno de la noche donde no se encienden todas las máquinas.
- La empresa no cuenta con una documentación de obligatoriedad para el uso de equipo de protección auditiva en CNC sólo en Fettling.
- El porcentaje de dosis de exposición al ruido en los operadores de los tornos es mayor (85dB(A) o más) al de los operadores de las fresadoras, esto debido a que los tiempos de mecanizado de las piezas en tornos es menor por lo que

constantemente el colaborador está usando el aire para limpiarlas y esto incrementa la exposición.

- En Fettling, la exposición de todos los colaboradores supera el límite establecido por el Reglamento para el control de ruido y vibraciones (85dB(A)) mientras que en CNC no todas las exposiciones personales superan el límite.
- La mayoría de la población evaluada (69%) considera que la molestia que le genera el ruido presente en el lugar es regular lo cual indica si hay un cierto grado de discomfort en los colaboradores ya que del todo no es indiferente.
- La mayoría de los trabajadores (90%) desconoce los riesgos y daños a la salud que conlleva la exposición laboral al ruido.
- Los síntomas que se presentan con mayor frecuencia en los colaboradores son el insomnio, el ruido agudo en el oído y el zumbido. El dolor de cabeza se presenta en la mayor cantidad de la población pero en ocasiones.
- Las alternativas de solución propuestas favorecen la disminución de ruido en las áreas estudiadas ya que la propuesta abarca integralmente controles de ingeniería, controles administrativos, capacitación, seguimiento y evaluación.

Recomendaciones

- Realizar evaluaciones periódicas (cada cuatro meses) del ruido en el área de Machine Shop, esto para identificar posibles variaciones las cuales se pueden dar como consecuencia de máquinas nuevas que ingresen al área o desarrollo de procesos distintos a los evaluados.
- Desarrollar un programa de vigilancia de la salud que cuente con una serie de lineamientos médicos que permitan evaluar la función auditiva de los colaboradores a través del tiempo así como llevar un control de los padecimientos que presenten con el fin de verificar si estos son consecuencia de la exposición ocupacional al ruido.
- Realizar evaluaciones audiométricas a los trabajadores tanto pre empleo como durante el tiempo que trabajen en la empresa esto para mantener un registro de posibles lesiones auditivas que presenten y brindar ayuda médica en caso de ser necesario.
- Establecer medidas de control ingenieril en las máquinas que emiten la mayor cantidad de ruido, esto para disminuir el mismo en el área y a la vez la exposición de los colaboradores.
- Implementar un programa de capacitación para los colaboradores del área de Machine Shop basado en los riesgos que conlleva la exposición ocupacional al ruido así como la importancia del uso del equipo de protección auditivo esto con el fin de crear una conciencia de seguridad y prevención en los trabajadores.
- Implementar procedimientos de trabajo para las labores desarrolladas como el uso del aire comprimido con el fin de evitar acciones incorrectas y disminuir factores que agraven la exposición al ruido.
- Implementar un programa de conservación auditiva para el área de Machine Shop el cual contenga una serie de acciones orientadas a la reducción de ruido presente en el área con el fin de disminuir la exposición de los colaboradores al mismo.



Programa de Conservación
Auditiva para los
colaboradores del área de
Machine Shop de la empresa
Vitec Videocom

Elaborado por: María de los Ángeles
Vargas Gómez

Índice

Aspectos Generales del programa.....	80
A. Introducción	80
C. Alcance	81
D. Limitaciones	81
E. Metas	81
Compromiso Empresarial.....	82
A. Política corporativa de salud, seguridad y medio ambiente.	82
B. Recursos.....	82
Cuadro 1. Asignación de responsables para el programa de conservación auditiva....	0
C. Fases de Implementación.....	2
I. Monitoreo de la Exposición	3
A. Identificación de factores que conllevan a la exposición a ruido en el área de Machine Shop	4
B. Metodologías para la caracterización de los niveles de presión sonora en el área de Machine Shop.....	5
Procedimiento PD-EHS- 12	6
Procedimiento para mapa de Ruido	6
Procedimiento PD-EHS- 13	9
Procedimiento evaluación de fuentes de ruido.	9
Procedimiento PD-EHS- 14	12
Procedimiento para evaluación personal de la exposición a ruido	12
Cuadro 3. Periodicidad del monitoreo de la exposición	15
II. Controles Ingenieriles y Administrativos.....	16
A. Matriz de evaluación de impacto de mejoras (Adaptación del Método Pugh).	17
Cuadro 4. Matriz de evaluación de impacto de mejoras (adaptación del Método Pugh).	18
Controles Ingenieriles y administrativos.....	21
A.1 Aplicación de la alternativa de control de ruido para el extractor de polvos marca Provent.....	21
A.1.1 Características del diseño.....	21
Figura 1. Exposición del colaborador a ruido en el área de Fettling.....	21
A.1.2 Especificaciones del material.....	23

Cuadro 5. Especificaciones del panel de lana de roca machimbrado ACH de 10cm .	23
A.1.3 Cálculos del encerramiento.....	24
Cuadro 6. Cálculo de valores para el aislamiento requerido por el encerramiento para el extractor de polvos.	24
A.1.4 Diseño de la propuesta:	25
Figura 2. Vista superior del encerramiento propuesto.	25
Figura 3. Vistas de las paredes del encerramiento propuesto para el extractor de polvos.	26
Figura. 4 Vista frontal del encerramiento para el extractor de polvos.	28
A.1.5 Cotización de la propuesta:.....	28
Propuesta de redistribución del área de vibros ubicada en Fettingling.....	29
A.2 Aplicación de la alternativa de control de ruido para la máquina Vibradora.	30
A.2.1 Características del diseño.....	30
Figura 5. Máquina vibradora.	30
A.2.2 Especificaciones del material.....	31
Cuadro 8. Especificaciones de la lámina de acrílico de ½ pulgada.....	31
A.2.3 Cálculos del encerramiento.....	31
Cuadro 9. Cálculo de valores para para el aislamiento requerido por el encerramiento para la máquina vibradora.	32
A.2.4 Diseño de la propuesta:	32
Figura 6. Corte transversal vertical del encerramiento propuesto para la máquina vibradora.....	33
Figura 7. Estructura superior de la máquina vibradora	34
Figura 8. Estructura superior del encerramiento	34
A.2.5 Cotización de la propuesta:.....	35
Cuadro 10. Costos del encerramiento propuesto para la máquina vibradora.	35
A.3 Aplicación de la alternativa de control para la reducción del ruido generado por el uso del aire comprimido.....	36
A.3.1 Características del diseño.....	36
Figura 9. Uso de pistolas con aire comprimido para limpieza de piezas.....	36
A.3.1.1 Implementación de reductores de presión en la línea de aire comprimido de las pistolas sopladoras.	37
Cuadro 11. Características Técnicas del regulador de presión AR20-N02BG-Z-A	37
A.3.1.2 Implementación de pistolas especiales para uso de aire comprimido.....	38
Cuadro 12. Características técnicas de la pistola con boquilla reductora de ruido.	38

A.3.2 Cotización de la propuesta:.....	39
Cuadro 13. Costo de dispositivos para control de ruido en aire comprimido.	39
B.1 Propuesta de señalización para el área de Machine Shop.	40
Cuadro 14. Ubicación de la señalización en el área de Machine Shop.....	40
Procedimiento PD-EHS- 14	42
Procedimiento para uso del aire comprimido en las pistolas de soplado.	42
Procedimiento PD-EHS- 15	46
Procedimiento para acceso al encerramiento del extractor de polvos	46
Procedimiento PD-EHS- 16	49
Procedimiento para uso del equipo de protección auditiva.....	49
Procedimiento PD-EHS- 17	54
Procedimiento para manipulación de la máquina vibradora con el encerramiento.	54
Procedimiento PD-EHS- 18	57
Procedimiento para labores de mantenimiento en la máquina vibradora con el encerramiento.	57
Procedimiento PD-EHS- 19	60
Procedimiento para la evaluación de controles establecidos.	60
Cuadro 15. Matriz de selección de mejoras	62
III. Equipo de protección auditiva	64
B.7 Propuesta de Procedimiento para selección y compra el equipo de protección auditiva.....	65
Cuadro 16. Evaluación propuesta por OSHA para la atenuación de equipo de protección auditiva.	67
Cuadro 17. Cuadro comparativo de equipo de protección auditiva para la sub área de CNC.....	69
Cuadro 18. Cuadro comparativos de equipo de protección auditiva para la sub área de Fettling.....	70
IV. Capacitación y Motivación.....	71
Cuadro 19. División de la población para charlas de capacitación	72
Cuadro 20. Sesión 1: Aspectos generales del programa de conservación auditiva ...	74
Cuadro 21. Sesión 2: Aspectos relacionados ruido ocupacional.....	75
Cuadro 22. Sesión 3: Fundamentos fisiológicos de la audición y su relación con la exposición al ruido.	76
Cuadro 23. Sesión 4: Criterios para protección de la audición en el entorno de trabajo.	77

Cuadro 24. Sesión 5: Conceptos generales para capacitación sobre el programa de protección auditiva.	78
V. Evaluación y Seguimiento.....	80
Cuadro 25. Plan de seguimiento para el programa de conservación auditiva en el área de Machine Shop.	81
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	85
Apéndices del programa de conservación auditiva.	88
Apéndice 1	89
Encuesta Higiénica.....	89
Apéndice 2.....	92
Entrevista a trabajadores evaluados.....	92
Apéndice 3.....	96
Cuestionario de Signos y Síntomas	96
Apéndice 4.....	98
Apéndice 5.....	99
Apéndice 6.....	100
Apéndice 7	101
Apéndice 8.....	102
Apéndice 9.....	103
Apéndice 10.....	104
Apéndice 11.....	105
Apéndice 12.....	106
Apéndice 13.....	107
Apéndice 14.....	108
Apéndice 15.....	109
Apéndice 16.....	111
Apéndice 17.....	112
Registro para comunicación interna y externa con el personal.	112
Apéndice 18.....	114
Apéndice 19.....	116
Lista de verificación para metodologías de evaluación de la exposición a ruido.	116
Apéndice 20.....	118
Lista de verificación para evaluación de controles técnicos y administrativos	118

Apéndice 21.....	119
Apéndice 22.....	120

Aspectos Generales del programa

A. Introducción

En el área de Machine Shop se lleva a cabo el proceso de mecanizado de piezas, el cual involucra el uso de maquinaria CNC y convencional y procesos de lijado y pulido manual. Debido a estos factores y las labores desarrolladas, se da presencia de ruido en el área lo cual representa un riesgo para la salud auditiva de los colaboradores.

La presencia de este agente se constata por medio de los resultados obtenidos en la evaluación realizada la cual determinó que los niveles de presión sonora tanto ambientales como los recibidos a nivel de oído por los trabajadores superan los 85dB(A).

Por lo tanto, la aplicación de un programa de conservación auditiva en esta área permitiría aminorar la exposición de los colaboradores al ruido y disminuir la posibilidad de enfermedades ocupacionales producto de la exposición a este agente.

El programa de conservación auditiva que se propone a continuación contiene una serie de aspectos técnicos para reducir los niveles de presión sonora presentes en el ambiente del área recibidos por los colaboradores con el fin de llevarlos a niveles aceptables que se encuentren por debajo de los límites establecidos.

B. Objetivos

Objetivo General

- Generar alternativas de solución para disminuir los niveles de presión sonora presentes en el área de Machine Shop de la empresa Vitec Videcom.

Objetivos específicos

- Brindar metodologías para la evaluación de ruido presente en el área de Machine Shop.
- Definir medidas de control ingenieril y administrativas para la disminución del ruido generado por máquinas o procesos.
- Establecer los elementos del programa de capacitación.
- Determinar los elementos que conforman el programa de seguimiento y evaluación

C. Alcance

El programa de conservación auditiva tiene como fin disminuir la exposición de los colaboradores del área de Machine Shop al ruido presente y con esto mitigar las consecuencias en la salud que podría traer esta exposición.

Dicho programa será aplicable sólo para los colaboradores que desarrollan labores en el área de Machine Shop, maquinaria presente en la misma, contratistas y visitantes que ingresen a ésta. Por medio de su implementación se logrará contar con metodologías para la evaluación del ruido y medidas de índole técnica y administrativa para su disminución.

De igual manera, se contará con un programa de capacitación que permita crear una cultura de seguridad y prevención en los colaboradores; el plan de evaluación y seguimiento de las propuestas tiene como fin dar continuidad y mantener vigente cada uno de los apartados del programa de conservación auditiva.

D. Limitaciones

- Las medidas de prevención propuestas en el programa de conservación auditiva deben ser actualizadas en caso de que las condiciones presentes tengan algún tipo de variación con respecto a las que se dieron en el momento de las evaluaciones.
- El programa está diseñado para el tipo de producción que se dio en el momento que se realizaron las evaluaciones lo cual no abarca las condiciones que se dan en momentos que hay picos de producción importantes.
- La empresa no cuenta con el equipo necesario para llevar a cabo las posteriores evaluaciones de ruido.

E. Metas

- Implementar el primer programa de conservación auditiva para el área de Machine Shop en el plazo de un año.
- Disminuir la exposición personal al ruido de los colaboradores a niveles por debajo de los 85dB(A) en un plazo no mayor a un año.
- Disminuir los niveles de presión sonora presentes en la sub área de Fettling a niveles entre 70 y 80 dB en un plazo no mayor a 6 meses.
- Capacitar la totalidad de la población en el área de Machine Shop sobre los efectos de la exposición laboral al ruido con el fin de crear una conciencia de

seguridad en los colaboradores así como una cultura de prevención en un plazo no mayor a un año.

Compromiso Empresarial

A. Política corporativa de salud, seguridad y medio ambiente.

VITEC Videocom se compromete en la prevención del impacto de sus operaciones sobre el medio ambiente, de las lesiones y de las enfermedades de los colaboradores, contratistas y visitantes mediante el cumplimiento de las disposiciones legales aplicables, los estándares internacionales, las mejores prácticas de la industria y la mejora continua.

La Política de Salud y Seguridad, los acuerdos y los objetivos se controlarán regularmente y serán revisados anualmente para facilitar la mejora continua y asegurar que siguen siendo relevantes para las actividades VITEC Videocom.

El Equipo de Administración Divisional de VITEC Videocom garantizará:

- La prevención de los accidentes, las enfermedades relacionadas con el trabajo y proporcionará los controles y los registros adecuados.
- La identificación de peligros y controles eficaces para eliminar o reducir los riesgos de la medida en que sea razonable y factible.
- Personal competente para cumplir con sus funciones de manera segura.
- Coordinación y cooperación con todas las partes relevantes, incluyendo clientes, proveedores, contratistas y autoridades de aplicación.
- La provisión de un lugar de trabajo seguro, las disposiciones de emergencia, planta y equipo seguro.
- Participación, consulta y comunicación con los empleados sobre temas de salud y seguridad.

Los empleados y contratistas tienen la obligación de cooperar con VITEC Videocom en el logro de esta política y para tener un cuidado razonable de la salud y la seguridad de ellos mismos y de otros que puedan verse afectadas por sus actos y omisiones.

B. Recursos

1. Operativos

Comprende al personal involucrado en la implementación y el desarrollo del programa de conservación auditiva, de los cuales se puede mencionar:

- ✓ Gerencia General
- ✓ Gerencia de producción
- ✓ Gerencia de recursos humanos
- ✓ Gerencia de calidad
- ✓ Ingeniero del sistema integrado de gestión.
- ✓ Departamento de Mantenimiento
- ✓ Jefe de Taller
- ✓ Supervisores del Taller
- ✓ Mecánicos del Taller

Las funciones que adopten cada uno de los involucrados en el programa facilitarán la implementación y el cumplimiento de los objetivos propuestos para el desarrollo del programa de conservación auditiva. La descripción de estas funciones se detalla posteriormente en el cuadro número 1.

2. Económicos

Se refiere a los costos económicos asociados a la implementación del programa, las actividades y controles de ruido. Estos costos serán determinados por cada una de las alternativas propuestas, los cuales se detallarán más adelante en el apartado de presupuesto.

3. Responsabilidades

Por medio del siguiente cuadro se muestran las responsabilidades correspondientes para el desarrollo de cada actividad del programa de conservación auditiva:

Cuadro 1. Asignación de responsables para el programa de conservación auditiva.

Actividad	Responsables							
	Gerencia general	Gerencia de Producción	Gerencia de recursos humanos	Gerencia de Calidad	Ingeniero de sistema de gestión	Departamento de Mantenimiento	Jefe y Supervisores del área	Colaboradores del área
Aprobar el presupuesto para la implementación del programa de conservación auditiva.	X							
Ejecución de las acciones descritas en el programa y evaluar los resultados			X		X	X		X
Organización de las capacitaciones determinadas en el programa.					X			
Brindar el tiempo para ejecutar las capacitaciones.		X					X	
Incentivar a los colaboradores a la participación activa en el programa.					X		X	
Colaboración en el desarrollo del programa para que se cumpla lo estipulado.		X		X	X	X	X	X
Acatar las disposiciones estipuladas en el programa.				X	X	X	X	X
Evaluación de la correcta realización de las acciones que contiene el programa.					X			
Reportar las situaciones que se pueden presentar con respecto al				X	X	X	X	X

tema de conservación auditiva.								
Revisión de los resultados obtenidos una vez implementado el programa.					X			
Ejecución de los cambios que se deban hacer en el área.				X	X	X	X	X
Brindar seguimiento al programa de conservación auditiva.					X			

Fuente: Vargas, M. (2014).

C. Fases de Implementación

Por medio del siguiente cuadro se presentan las fases de implementación del programa de conservación auditiva:

Cuadro 2. Fases de implementación del programa de conservación auditiva

Revisión de la propuesta del programa de conservación auditiva	<p>Entrega de la propuesta a la gerencia general.</p> <p>Presentación de la propuesta a la gerencia</p> <p>Aprobación de la propuesta por parte de la gerencia.</p> <p>Designación del presupuesto para la ejecución del programa de conservación auditiva.</p> <p>Asignación de las responsabilidades en la organización.</p>
Desarrollo del programa	<p>Comunicación a los colaboradores del desarrollo del programa y las nuevas medidas que se llevarán a cabo.</p> <p>Implementación de las medidas establecidas en el programa.</p> <p>Llevar a cabo el programa de capacitación para los colaboradores.</p>
Seguimiento y evaluación del programa de conservación auditiva	<p>Evaluar el programa de conservación por medio de la aplicación de las metodologías y herramientas propuestas.</p> <p>Aplicar auditorías internas para evaluar los aspectos contemplados en el programa.</p> <p>Evaluar los resultados obtenidos una vez aplicadas las medidas correctivas.</p>
Actualización del programa	<p>Revisar los contenidos del programa y actualizar aspectos de acuerdo a las condiciones presentes.</p> <p>Realizar los cambios necesarios en el programa.</p> <p>Evaluar el funcionamiento de los cambios hechos.</p>

I. Monitoreo de la Exposición

A. Identificación de factores que conllevan a la exposición a ruido en el área de Machine Shop

Para el desarrollo del programa de conservación auditiva es necesaria la identificación general de los factores presentes en el medio ambiente así como los propios de las labores que se desarrollan con el fin de conocer las principales causas de la presencia de ruido en el área.

A continuación se adjuntan la serie de herramientas destinadas para la identificación de los factores anteriormente mencionados:

Encuesta Higiénica

Por medio de la encuesta higiénica (ver apéndice 1) se pretende identificar de manera general los aspectos presentes en el área, así como los factores propios de las tareas desarrolladas que conllevan a la exposición a ruido en el área.

La herramienta incluye apartados como naturaleza del trabajo, especificaciones del área de trabajo, características del ruido presente y equipo de protección utilizado. Estos apartados caracterizan de manera general la problemática a abordar.

Entrevista estructurada a los colaboradores.

La aplicación de la entrevista estructurada a los colaboradores (ver apéndice 2) permite evaluar, desde la perspectiva de los colaboradores, la relación de la presencia de ruido en el área con el uso de la maquinaria y las características de las tareas desarrolladas.

Igualmente, se puede identificar el grado de conocimiento de los colaboradores sobre los riesgos y las enfermedades laborales que conlleva la exposición ocupacional al ruido para detectar necesidades de capacitación.

Cuestionario de signos y síntomas.

Esta herramienta (ver apéndice 3) permite identificar distintos padecimientos físicos que presenten los colaboradores, los cuales pueden estar relacionados con la exposición a ruido en el área de trabajo. La misma consta de 10 preguntas en las que se evalúan, de acuerdo a la percepción de los colaboradores, molestias o síntomas presentados al final

de la jornada, relacionado con la exposición a ruido, antecedentes familiares de padecimientos auditivos, entre otros aspectos.

El reconocimiento de estos factores genera un indicador de posibles afecciones a la salud que se presenten como consecuencia de la exposición recibida y que contribuyen al deterioro en la audición de los colaboradores. La información obtenida se puede representar gráficamente para su mejor análisis.

B. Metodologías para la caracterización de los niveles de presión sonora en el área de Machine Shop.

Seguidamente, se muestran los procedimientos para llevar a cabo las mediciones del ruido presente en el área de Machine Shop y su respectivo monitoreo.

La nomenclatura dada a estos procedimientos y los que se muestran a lo largo del programa se establece de acuerdo al código de documentación utilizado por el Departamento de Sistemas de Gestión. El uso de las siglas en inglés EHS (Seguridad, Salud y Ambiente) indica que el procedimiento pertenece a dicha área y la numeración se utiliza para llevar un control numérico de los procedimientos.

Procedimiento PD-EHS- 12
Procedimiento para mapa de Ruido



Procedimiento

Metodología de Mapa de Ruido

CÓDIGO:

PD-EHS-12

FECHA DE EMISIÓN:

11/09/2014

VERSIÓN:

1

DUEÑO DEL PROCEDIMIENTO :

Gerente de Calidad

PÁGINA:

1 de 2

OBJETIVO

Determinar el comportamiento del ruido en las distintas áreas del local de trabajo.

ALCANCE

La evaluación aplica para las sub áreas de CNC y Fetting ubicadas en el área de Machine Shop.

Equipo

Sonómetro
Pistófono
Croquis del área
Cinta métrica
Bitácora

ENTRADAS

Elevados niveles de presión sonora en el área (80dB(A) o más).

SALIDAS

- Promedio de los Niveles de Presión sonora por cuadrante
- Identificación de las áreas que poseen mayor criticidad.

STAKEHOLDERS

Departamento de Seguridad Ocupacional: Llevar a cabo el mapa de ruido en el área.
Jefe del área: aprobar la realización de la evaluación y verificar el cumplimiento de la misma.

MÉTRICAS

NPS por cuadrante.

ELABORADO POR:

Estudiante de Ing, en Seguridad Laboral

REVISADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

APROBADO POR:

Ing. Sistema de Gestión



Procedimiento

Metodología de Mapa de Ruido

CÓDIGO

PD-EHS-12

FECHA DE EMISIÓN

11/09/2014

VERSIÓN

1

DUEÑO DE PROCEDIMIENTO:

Gerente de Calidad

PÁGINA

2 de 2

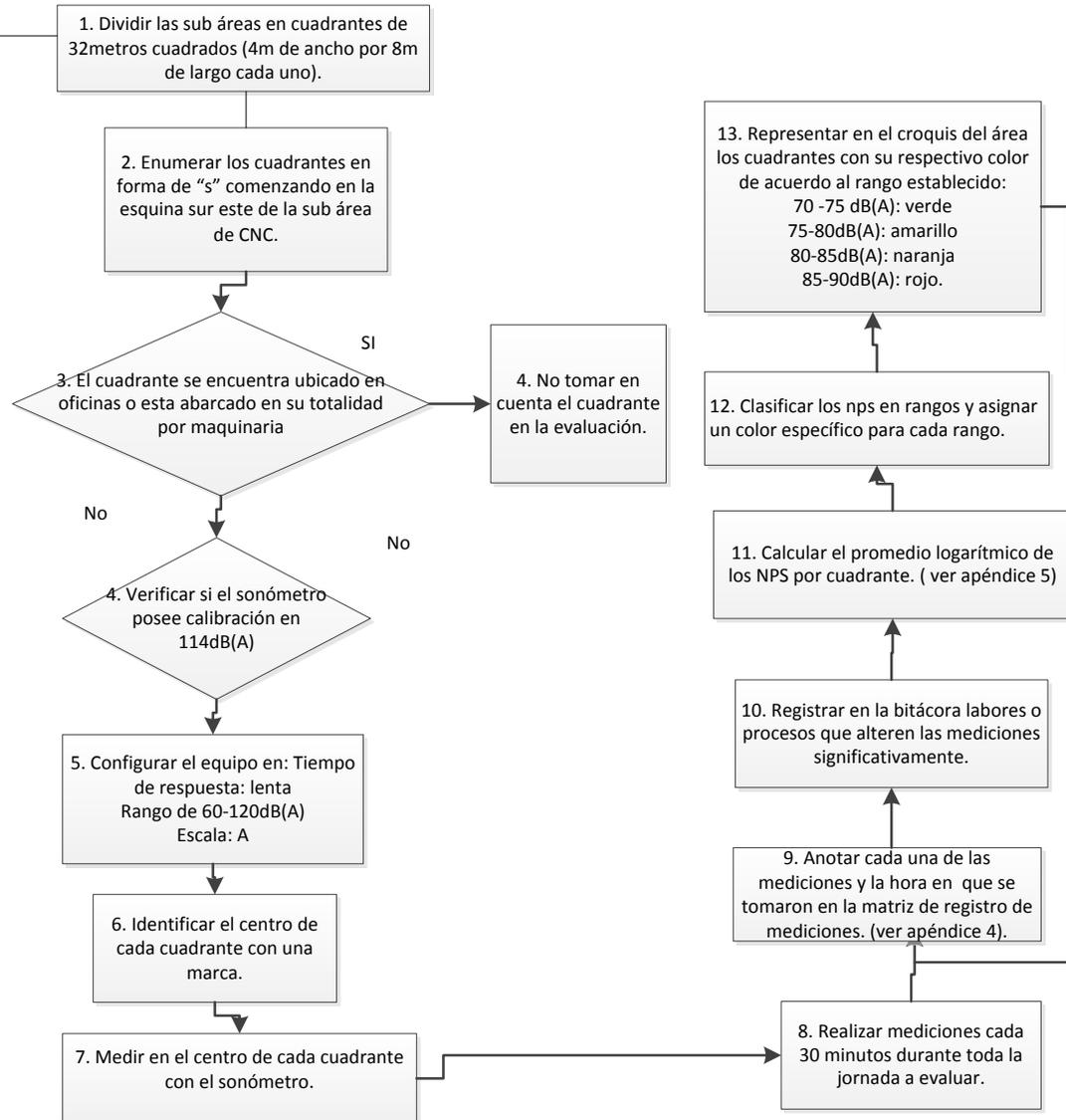
Entradas

Proceso

Salidas

Elevados niveles de presión sonora en el área (80dB(A) o más.

Niveles de presión sonora generados por maquina y procesos.



Notas
1. Para realizar las mediciones en cada cuadrante, el sonómetro debe colocarse siempre a la misma altura.
2. La jornada de trabajo a evaluar debe ser la más crítica.

Identificación de las áreas con mayor criticidad

Gráfico por cuadrante de los NPS vrs Hora

Procedimiento PD-EHS- 13

Procedimiento evaluación de fuentes de ruido.

	Procedimiento		Metodología Evaluación de Fuente			
	CÓDIGO:	PD-EHS-13	FECHA DE EMISIÓN:	12/09/2014	VERSIÓN:	1
	DUEÑO DE PROCEDIMIENTO:	Gerente de Calidad			PÁGINA:	1 de 2

OBJETIVO

Determinar los niveles de presión sonora emitidos por las fuentes presentes en CNC y Fettling.

ALCANCE

La evaluación aplica para las máquinas presentes en la sub área de CNC y la de Fettling que está contempladas en la evaluación de mapa de ruido.

Equipo	ENTRADAS	SALIDAS
Sonómetro con filtro de bandas de octava Pistófono Bitácora	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadrantes con mayor promedio de nivel de presión sonora. • Porcentaje de inconformidades de los trabajadores sobre las máquinas que generan más ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de presión sonora emitidos por las fuentes. • Frecuencias predominantes por fuente.

STAKEHOLDERS	MÉTRICAS
Departamento de Seguridad Ocupacional: llevar a cabo las evaluaciones en las fuentes. Jefe del área: corroborar la realización de la evaluación.	<ul style="list-style-type: none"> • NPS emitidos por la fuente. • Frecuencias dominantes

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Estudiante de Ing, en Seguridad Laboral	Ing. Sistema de Gestión	Ing. Sistema de Gestión



Procedimiento

Metodología de evaluación de fuente.

CÓDIGO

PD-EHS-13

FECHA DE EMISIÓN

11/09/2014

VERSIÓN

1

DUEÑO DE PROCEDIMIENTO:

Gerente de Calidad

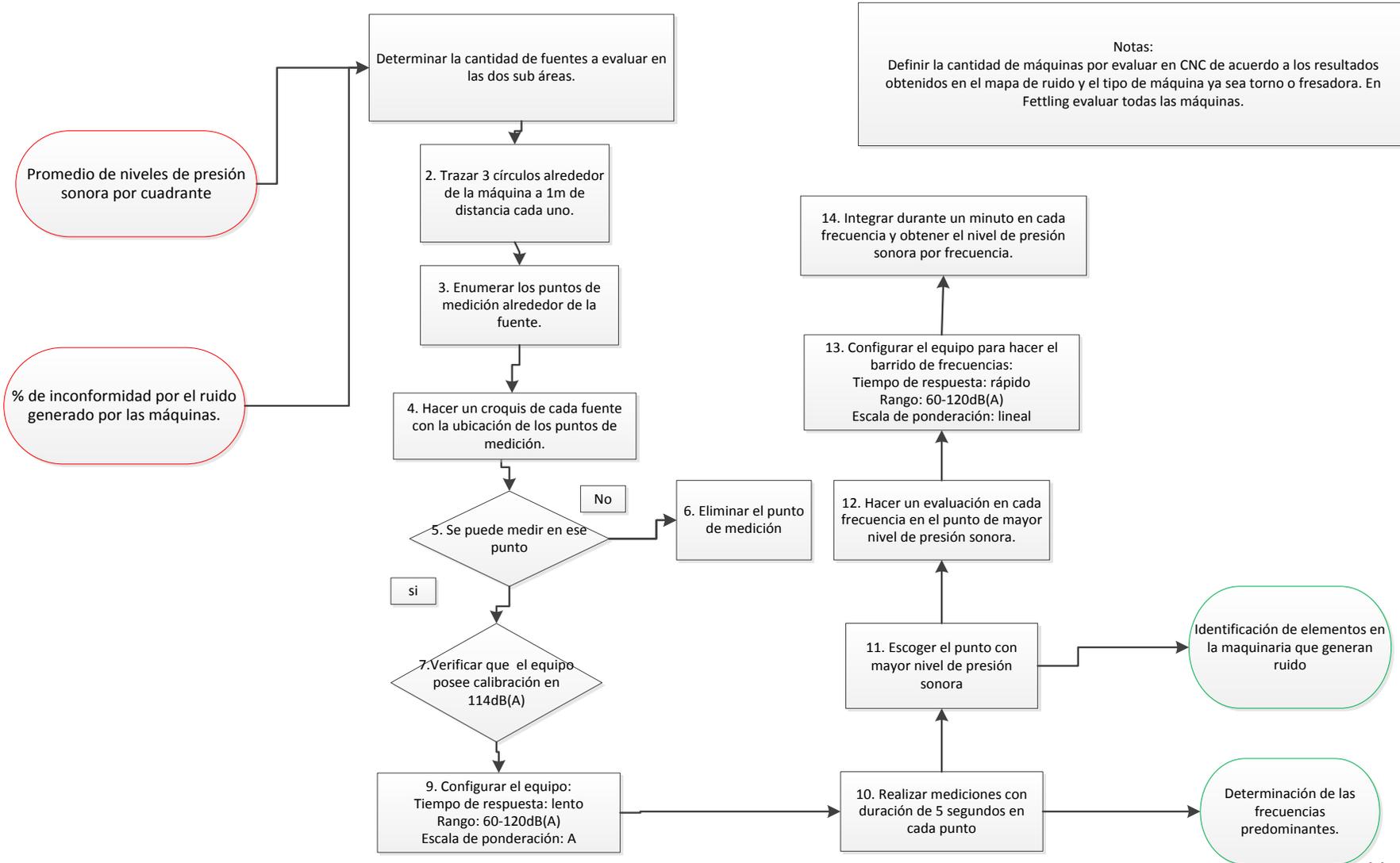
PÁGINA

2 de 2

Entradas

Proceso

Salidas



Procedimiento PD-EHS- 14

**Procedimiento para evaluación personal de la exposición
a ruido**

**Procedimiento**

Metodología para la evaluación personal al ruido

CÓDIGO:

PD-EHS-14

FECHA DE EMISIÓN:

12/09/2014

VERSIÓN:

1

DUEÑO DE PROCEDIMIENTO:

Gerente de Calidad

PÁGINA:

1 de 2

OBJETIVO

Determinar el nivel de exposición de los colaboradores al ruido presente en el área de Machine Shop.

DOCUMENTOS RELACIONADOS**ALCANCE**

PD-EHS- 17: Procedimiento para uso del equipo de protección auditiva

La evaluación aplica para los operarios que laboran en el área de Machine Shop operando las máquinas CNC tornos y fresadoras y en las del área de Fettling.

Equipo**ENTRADAS****SALIDAS**Dosímetro
Pistófono
Bitácora

- Resultados obtenidos en las herramientas aplicadas a los colaboradores (entrevista estructurada y cuestionario de signos y síntomas).
- Porcentaje de inconformidades de los trabajadores sobre las máquinas que generan más ruido.

- % de Dosis de exposición de los colaboradores.
- Nivel sonoro continuo equivalente.

STAKEHOLDERS**MÉTRICAS**

Departamento de Seguridad Ocupacional: llevar a cabo las dosimetrías y evaluar los resultados obtenidos.
Colaboradores del área: colaborar con los requerimientos necesarios durante la medición.

- Porcentaje de dosis
- Nivel de presión sonora

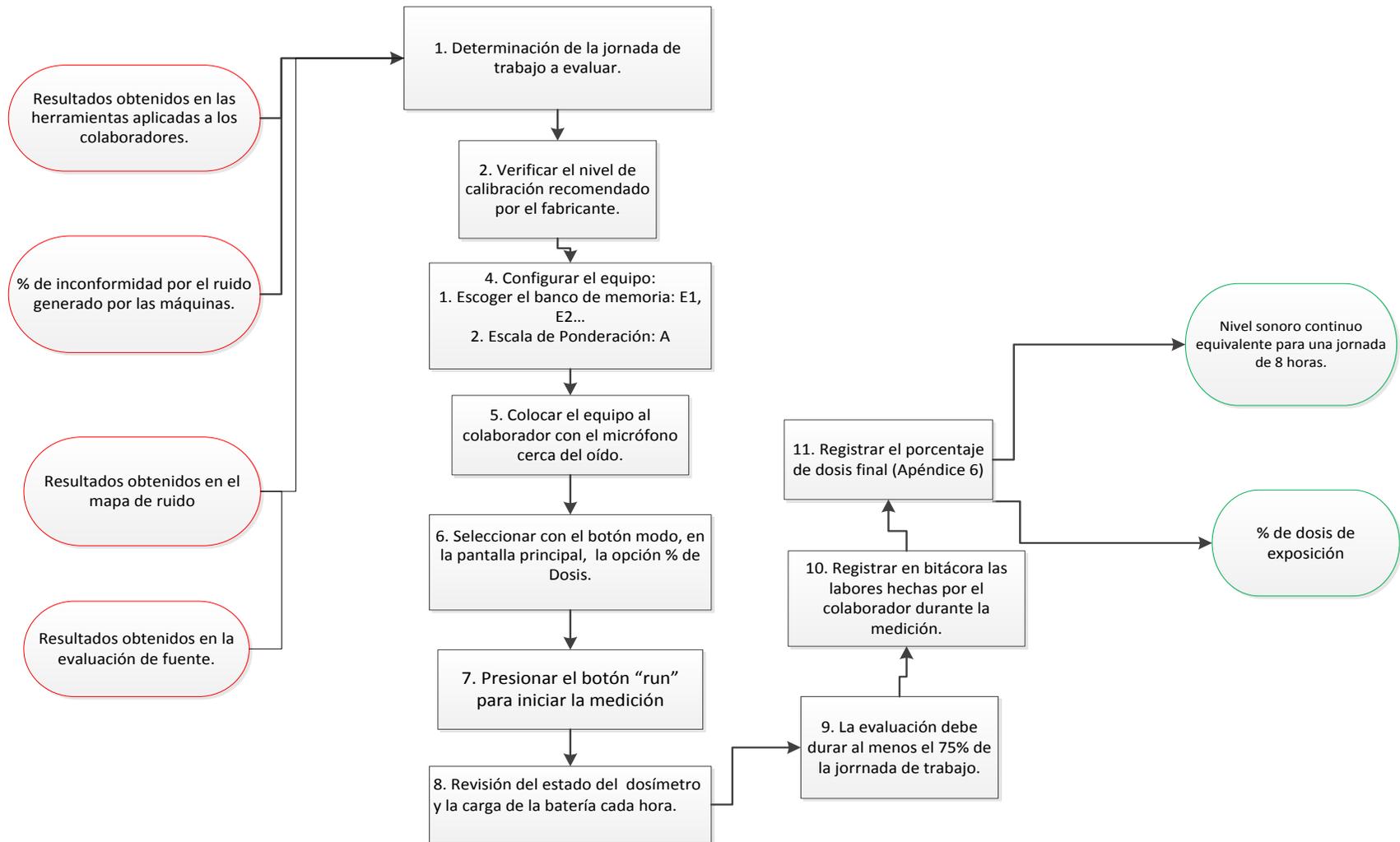
ELABORADO POR:**REVISADO POR:****APROBADO POR:**

Estudiante de Ing, en Seguridad Laboral

Ing. Sistema de Gestión

Ing. Sistema de Gestión

	Procedimiento		Metodología para dosimetría			
	CÓDIGO	PD-EHS-14	FECHA DE EMISIÓN	12/09/2014	VERSIÓN	1
	DUEÑO DE PROCEDIMIENTO:	Gerente de Calidad			PÁGINA	1 de 2
Entradas	Proceso				Salidas	



Por medio del siguiente cuadro se muestra la periodicidad de las evaluaciones propuestas anteriormente así como los responsables de realizarlas:

Cuadro 3. Periodicidad del monitoreo de la exposición

Metodología	Periodicidad	Responsable
Mapa de Ruido	Cada año	Departamento de Seguridad Ocupacional
Evaluación de fuente	Cada año	Departamento de Seguridad Ocupacional
Dosimetría	Cada 6 meses	Departamento de Seguridad Ocupacional

Fuente: Vargas, M. 2014.

II. Controles Ingenieriles y Administrativos

A. Matriz de evaluación de impacto de mejoras (Adaptación del Método Pugh).

La matriz de evaluación de impacto de mejoras fue diseñada con base en el método Pugh. Dicho método consiste en la selección de mejoras por medio de la evaluación de varias opciones en relación a una opción básica.

En el caso de la matriz aplicada al programa, se evalúa la efectividad y el impacto de las mejoras propuestas en relación a las deficiencias encontradas en el área de Machine Shop en materia de exposición laboral a ruido.

Esta herramienta también brinda la opción de poder adaptarse a otro tipo de evaluaciones que se requiera hacer en materia de seguridad, sólo es necesario conceptualizarla. Además, permite una evaluación objetiva de propuestas ya establecidas ya que valora desde distintas perspectivas mejoras propuestas

Por medio de la evaluación de mejor que (“+”), igual a (“0”) y peor que (“-“), se obtiene un resultado cuantificable que permite evaluar la efectividad de las mejoras propuestas para mitigar las deficiencias encontradas y con esto poder priorizar las medidas que se van a implementar.

La manera de utilizar la matriz se describe en el procedimiento número 19 ubicado en el apartado de controles administrativos. A continuación se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la matriz para las mejoras ingenieriles y administrativas propuestas en el programa de conservación auditiva del área de Machine Shop:

Cuadro 4. Matriz de evaluación de impacto de mejoras (adaptación del Método Pugh).

Matriz de evaluación de impacto de mejoras (Adaptación del Método Pugh).							
Mejora propuesta	Impacto sobre las deficiencias						
	Elevados niveles de presión sonora en el área.	Predominancia de frecuencias altas	Niveles de presión sonora mayores a 85dB(A) a nivel de oído.	Deficiencias en orden y limpieza	Ausencia de señalización	Ausencia de protocolos de trabajo.	Valor total asignado a la mejora propuesta
Uso y evaluación de acondicionamiento para el área de Fettling.	+	+	-	-	-	-	-2
Uso y evaluación de encerramiento para el extractor de polvos.	+	+	+	-	0	+	2
Propuesta de redistribución del área de trabajo en Fettling.	+	-	0	+	+	-	1
Uso y evaluación de pared aislante	+	-	+	0	-	-	-1
Uso y evaluación de encerramiento para la máquina vibradora	+	+	+	-	-	0	1
Uso de pistolas con boquillas reductoras de ruido y reguladores de	+	+	+	-	-	+	2

presión en el aire comprimido.							
Uso de equipo de protección auditiva en Fettling y CNC	+	+	+	-	+	+	4
Procedimiento para uso adecuado de aire comprimido.	+	0	+	-	-	+	1
Propuesta de señalización del área de trabajo.	+	0	+	-	+	0	2

Fuente: Vargas, M. (2014).

Por medio de la matriz anterior, se logra identificar que es viable utilizar el encerramiento para disminuir el ruido generado por tanto para el extractor de polvos como para la vibradora (máquinas ubicadas en Fettling) ya que esta medida de control permite disminuir la transmisión del ruido por medio del material aislante del que se propone hacer las paredes de los dos encerramientos.

La propuesta de uso de reguladores de presión y pistolas con boquillas reductoras de ruido para el soplado con aire comprimido es una mejora que permite disminuir en gran medida los niveles de presión sonora emitidos ya que al regular la cantidad de aire en las líneas se disminuye la presión utilizada en las pistolas y por ende el ruido que genera esa cantidad de aire.

De igual manera, con respecto al establecimiento de controles administrativos, se identifica que es necesario en las dos sub áreas el uso del equipo de protección auditiva que atenúe la mayor cantidad de ruido posible ya que que por medio de esto se logra disminuir el ruido recibido por los colaboradores a valores por debajo del límite establecido (85dB(A) o menos) lo cual beneficia la salud auditiva del colaborador.

El establecimiento de protocolos para uso adecuado del equipo de protección auditiva y del aire comprimido, permite la implementación de una cultura de seguridad en los colaboradores y lograr los resultados deseados en el programa (disminución de la sobre exposición de los colaboradores al ruido).

Controles Ingenieriles y administrativos

Los controles ingenieriles y administrativos corresponden a un conjunto de medidas que permiten la disminución del ruido presente en los lugares de trabajo a niveles aceptables según la legislación vigente. A continuación se muestran los propuestos para el programa de conservación auditiva en el área de Machine Shop:

A.1 Aplicación de la alternativa de control de ruido para el extractor de polvos marca Provent.

A.1.1 Características del diseño.

El extractor de polvos es una máquina que emite niveles de presión sonora superiores a los 85dB(A). Esta máquina se ubica a la par de las vibradoras las cuales son operadas por colaboradores del área, por lo que al realizar estas labores también se están exponiendo al ruido que genera el extractor, lo cual se muestra en la siguiente imagen:

Figura 1. Exposición del colaborador a ruido en el área de Fettling.



Fuente: Vargas, M. (2014).

Los colaboradores no requieren tener acceso al extractor, ya que esta máquina no pertenece al proceso de lijado y pulido de piezas; sin embargo, se mantiene en ese lugar porque es parte del sistema de extracción de polvos implementado para esas labores.

Debido a que no es necesaria la manipulación del extractor, se propone hacer el encerramiento para él, con el fin de aislar el ruido que emite.

El encerramiento cuenta con dimensiones de 3.71m*2.41m, espacio que permite el acceso del personal de mantenimiento para labores preventivas y correctivas de la maquinaria, con lo cual no se interfiere en estas labores. Su ubicación en el espacio permite el paso peatonal al área y no obstaculiza el ingreso a la misma.

Para la elaboración de las paredes y la puerta de acceso, se plantea el uso de los paneles aislantes de lana de roca machimbrado con grosor de 10 cm. Estos paneles cuentan con un alto porcentaje de resistencia acústica, lo cual permite un mejor aislamiento del ruido y la obtención de mejores resultados. Además, los paneles son de fácil limpieza y poseen lanas minerales, las cuales no permiten la creación de microorganismos que dañen el material.

Para no impedir el funcionamiento de la máquina, la botonera queda fuera del encerramiento para que los colaboradores puedan encender y apagar el equipo sin necesidad de ingresar a éste y exponerse al ruido.

Adicionalmente, se sugiere colocar una lámpara en la parte superior del encierro con el fin de brindar iluminación en caso de ser necesario realizar labores de mantenimiento dentro del mismo. En conjunto con el encerramiento, se propone el uso del procedimiento PD-EHS-15 para el ingreso al mismo.

A continuación se describen las características acústicas del material propuesto:

A.1.2 Especificaciones del material

Cuadro 5. Especificaciones del panel de lana de roca machimbrado ACH de 10cm

Material	Características
<p data-bbox="126 388 760 464">Panel de lana de roca machimbrado ACH de 10cm</p> 	<ul data-bbox="841 388 1495 1795" style="list-style-type: none">• Gran resistencia mecánica• Elevado nivel de resistencia térmica• Elevado nivel de resistencia acústica: la elasticidad de su estructura abierta, le confiere una alta capacidad de absorber la energía acústica que produce el ruido, y evitar el efecto de acoplamiento de ondas estacionaria.• Posee un aislante térmico de lana de roca con densidad media de 110kg/m3.• Alta resistencia al fuego (estabilidad al fuego, baja reacción al fuego y no emisión de gases).• Composición del panel: el panel está compuesto por dos caras de acero estructural calibre 26 con recubrimiento de galvanizado en ambas caras, esmaltado al horno con pintura tipo poliéster.• Ecológicos: cada unidad energética consumida en su fabricación equivale a 25 unidades de ahorro en uso.• Las superficies de los paneles son estancas al agua y al aire. La lana mineral ACH es estanca al agua gracias a sus propiedades hidrófugas.• Higiene: las lanas minerales son elementos inertes y no permiten el crecimiento de microorganismos.

Fuente: Thermo Tec. (2014).

A.1.3 Cálculos del encerramiento

Los cálculos requeridos para determinar las constantes por frecuencia del lugar donde se encuentra el extractor y del encerramiento se muestran en los apéndices 7 y 8 respectivamente.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las variables que determinan el aislamiento del encerramiento propuesto:

Cuadro 6. Cálculo de valores para el aislamiento requerido por el encerramiento para el extractor de polvos.

Valores	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Lp dB(L) medidos a 1 metro de la fuente	89	90	89.6	85.3	85.4	82
Potencia de la máquina (Lw)	90.1	91.1	90.7	86.5	86.5	83.1
Lp dB(L) dentro del encerramiento	93.2	90.07	87.8	82.5	82.5	78.9
Lp2: NC- 70 Fábricas de ingeniería ligera.	80	79	73	72	70	68
NR	18.2	16.07	19.8	15.5	17.5	15.9
TL req sin ranuras	20.4	18.3	22	17.7	19.7	18.1
Aislamiento que posee el material	21	27	30	34	39	42

Fuente: Vargas, M. (2014).

Los valores del aislamiento requerido por el encerramiento para que funcione adecuadamente (TL req) son menores al aislamiento que tiene el material propuesto lo que demuestra que el encerramiento funciona adecuadamente ya que el material aísla más de lo que se necesita.

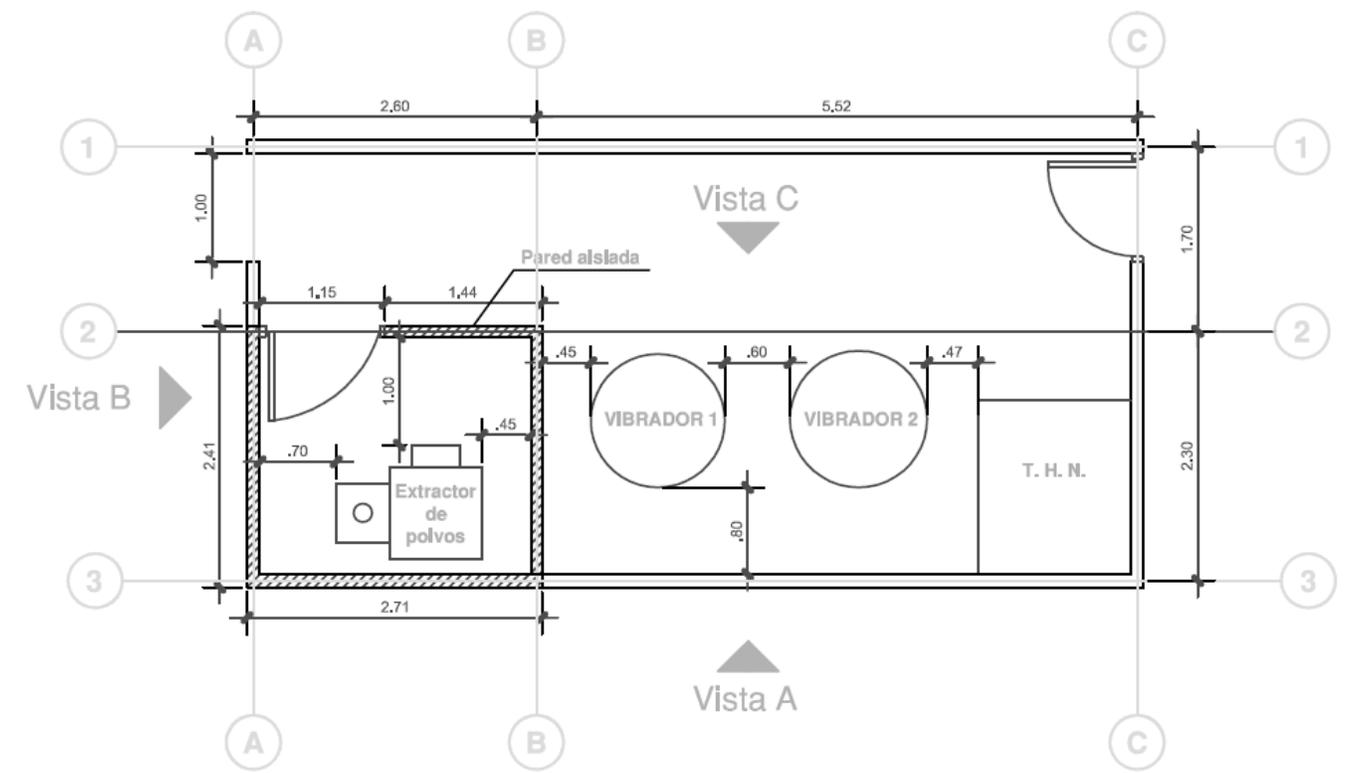
Cabe destacar que no se realiza el cálculo del aislamiento requerido por el encerramiento con ranuras ya que de acuerdo a la información facilitada por el departamento de mantenimiento, el funcionamiento de la máquina no genera fuentes importantes de calor y el ventilador que se encuentra en la parte superior de ella permite una circulación constante del aire que genera enfriamiento en la misma.

Debido al espacio reducido que posee el área donde se colocará el encerramiento, se propone una redistribución del área de vibradoras, lo cual permite la ubicación adecuada de éste y a su vez mejor orden y limpieza en el área (ver la propuesta para redistribución del área de Vibros que se muestra posteriormente).

A.1.4 Diseño de la propuesta:

Seguidamente se muestran las figuras con las vistas del encerramiento propuesto:

Figura 2. Vista superior del encerramiento propuesto.



Fuente: Vargas, M. (2014).

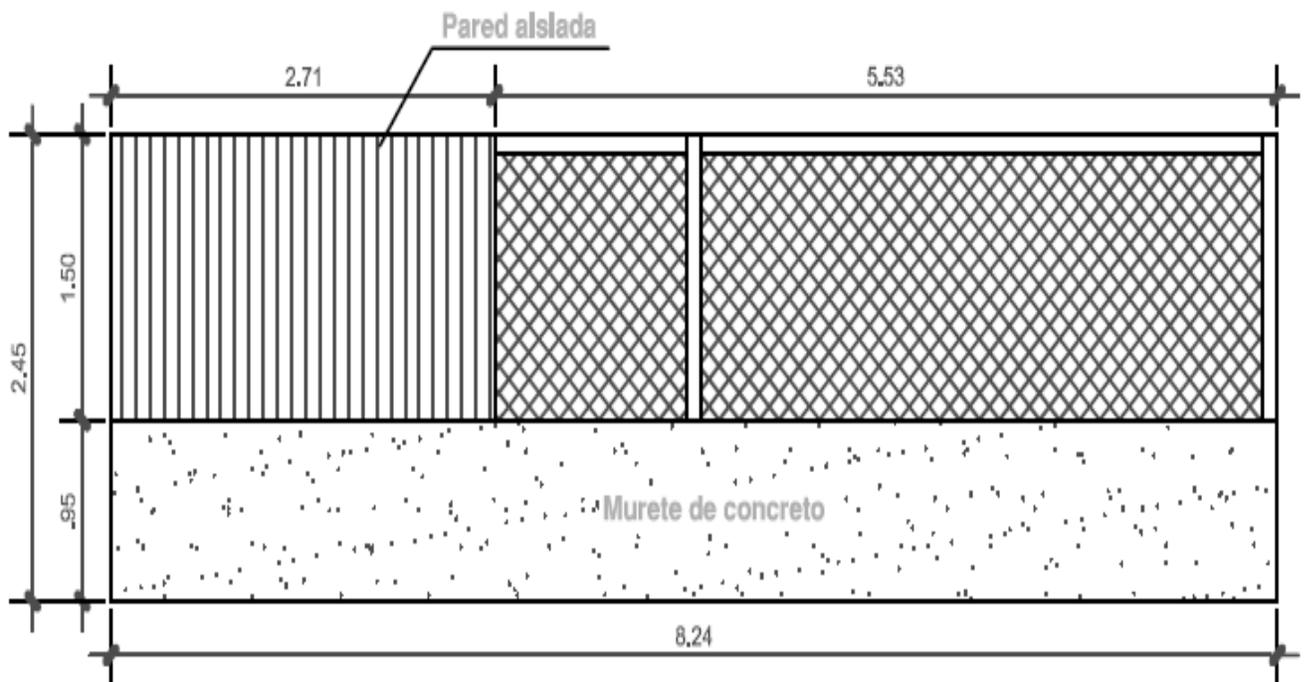
En la figura anterior se puede observar el lugar donde se debe colocar el encerramiento propuesto así como las dimensiones con las que contará el mismo. Además, se muestran las distancias que se deben dejar entre las máquinas así como su posición en el espacio para poder colocar el encerramiento. Es necesario hacer la redistribución del área ya que las máquinas por la falta de espacio se encuentran muy cerca una de la otra y no cumplen

con el espacio mínimo de seguridad (80cm entre cada una), lo que puede provocar incidentes o accidentes en el trabajo por falta de espacio para realizar las labores.

En las siguientes dos figuras, se muestra la ubicación del material aislante propuesto en las paredes del encerramiento:

Figura 3. Vistas de las paredes del encerramiento propuesto para el extractor de polvos.

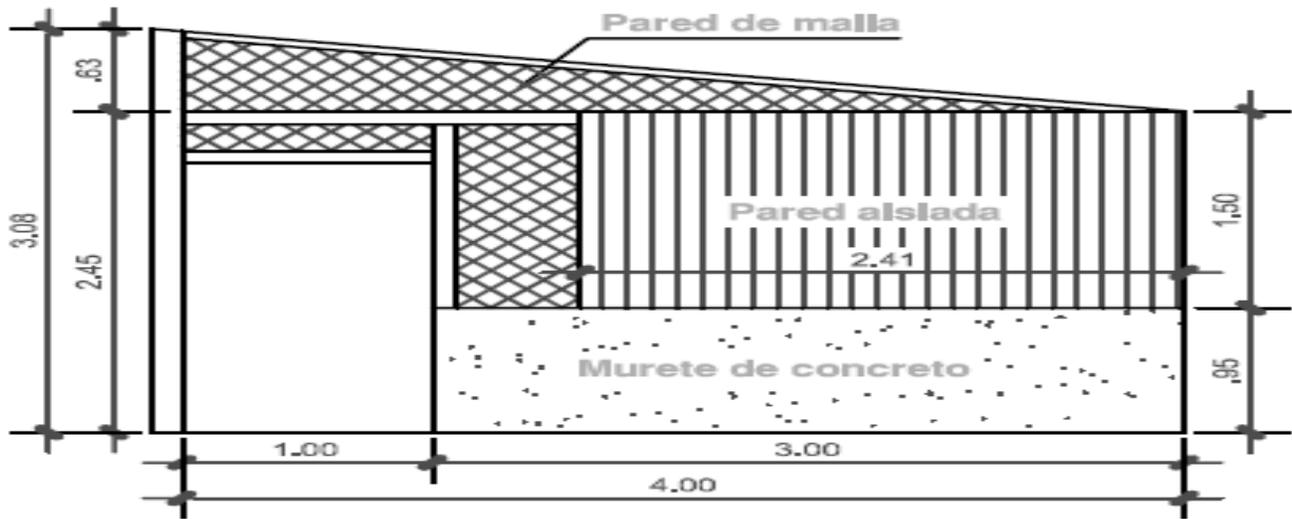
Vista trasera del encerramiento



VISTA A

Fuente: Vargas, M. (2014)

Vista lateral izquierda del encerramiento

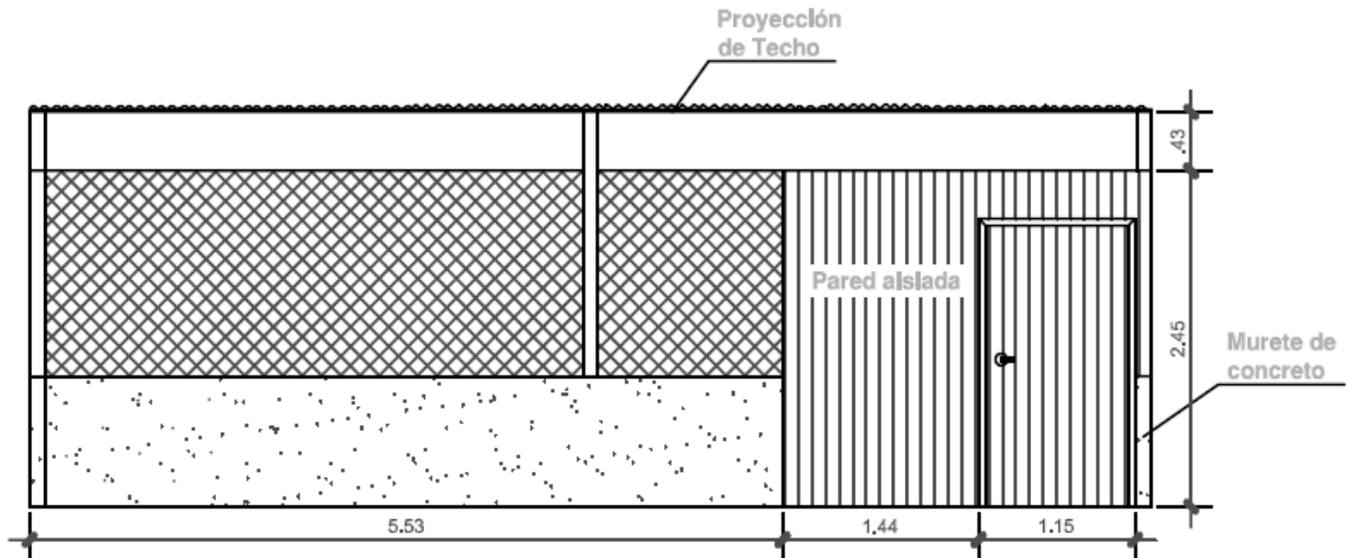


VISTA B

Fuente: Vargas, M. (2014).

En la siguiente figura, se muestra la pared frontal y la ubicación de la puerta que da acceso al encerramiento, así como sus dimensiones respectivas:

Figura. 4 Vista frontal del encerramiento para el extractor de polvos.



VISTA C

Fuente: Vargas, M. (2014).

A.1.5 Cotización de la propuesta:

Cuadro 7. Costos del encerramiento propuesto para el extractor de polvos.

Material	Proveedor	Cantidad	Costo
Panel de lana de roca machimbrado de 10cm	Thermo Tec	22	1678600
Accesorios (lámpara, llavín)	Ferretería EPA	2	19445
Mano de obra	Thermo Tec		297550
Costo total (colones)			1.995.595

Fuente: Vargas, M. (2014).

Propuesta de redistribución del área de vibros ubicada en Fettling

Para la implementación de los encerramientos propuestos, tanto para el extractor de polvos como para la máquina vibradora, es necesario hacer una redistribución del espacio y acomodo de maquinaria, materia prima y otros elementos presentes esto debido a la poca cantidad de espacio que hay en el lugar (ver apéndice 9).

A continuación se muestran una serie de especificaciones recomendadas para la redistribución y acomodo del área:

- Demarcar por medio de una franja de color amarillo (cuyo ancho será entre los 10 a 12cm) el pasillo principal de paso peatonal. Éste debe contar con al menos un ancho de 1.20m
- Trasladar la máquina batidora industrial de mezcla del área de vibros y colocarla en la bodega que se localiza contigua al área; esto debido a que esta máquina no se utiliza durante el proceso de pulido de piezas, sino que pertenece al proceso desarrollado en planta, por lo que no se requiere que se encuentre en el lugar.
- Colocar la vibradora marca Vibra Hone en el lugar donde estaba anteriormente la batidora esto para brindar un mayor espacio de acceso en el pasillo principal.
- Colocar dos rack en el área de trabajo, en los cuales se almacenará el material por pulir y el terminado.
- Demarcar las áreas con una franja amarilla de 10cm de ancho, donde deben colocarse los racks y donde se ubican las mesas de trabajo.
- No se permite la colocación de producto en lugares que no son los destinados para este fin (racks).
- Retirar la carretilla con los cilindros de oxígeno del área de trabajo, con el fin de permitir el acceso libre al tanque de hidrogenización para el mantenimiento de rutina.
- Colocar el dispensador del agua lejos del extractor de polvos, esto con el fin de evitar que el suplidor se contamine del polvo generado por la vibradora y el extractor.
- Realizar una evaluación semanal del lugar de trabajo al inicio y final de la jornada que implique la verificación de lugares de paso sin objetos, material debidamente almacenado, condiciones del local (techos, paredes, condición del cableado),

paredes, funcionamiento adecuado de luminarias, entre otros (ver procedimiento PO-EHS-09).

- Es obligatorio colocarse el equipo de protección personal (orejeras) antes de ingresar al área.

A.2 Aplicación de la alternativa de control de ruido para la máquina Vibradora.

A.2.1 Características del diseño

Para el control del ruido generado por la máquina vibradora ubicada en el área de Fetting, se propone un encerramiento de la máquina. Para su diseño se requiere ajustar las dimensiones del encierro a las características estructurales de la máquina (las cuales se muestran en la siguiente figura) esto con el fin de facilitar el acceso del colaborador a la misma:

Figura 5. Máquina vibradora.



Fuente: Vargas, M. (2014).

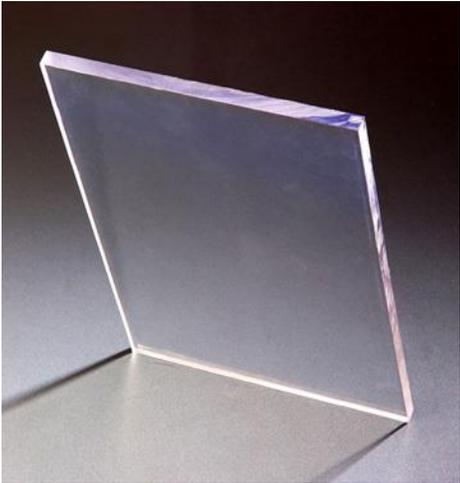
El acceso a la máquina es necesario ya que el proceso de pulido implica que el trabajador agregue las piezas a pulir, espere a que se pulan por medio del choque de estas con la piedra que se encuentra en la tolva y las saque una vez que finaliza (ver apéndice 10). En

algunos casos, cuando las piezas son de gran tamaño, el trabajador necesita estarlas moviendo para que no se golpeen unas con otras y se dañe su forma.

El material propuesto para hacer el encerramiento es el acrílico, ya que posee un aislamiento adecuado para los niveles de presión sonora que genera la máquina (89dB(A) o más). De igual forma este material es fácil de limpiar y permite a los colaboradores poder visualizar el proceso de pulido que se da en la máquina, lo cual es necesario para verificar que se esté haciendo correctamente y que las piezas se encuentran en buen estado.

A.2.2 Especificaciones del material

Cuadro 8. Especificaciones de la lámina de acrílico de ½ pulgada

Material	Características
<p>Lámina de acrílico de ½ pulgada.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Acabado de alto brillo con texturas • Posee alta resistencia mecánica • Transparencia y transmitancia de 92% • Fácil pulido y maquinado • Es aislante de calor y ruido (30dB) • Termo moldeable • Resistente a la rotura. • Altísima transparencia, incluso más transparente que el cristal. • Liviano. • Alta resistencia a los agentes atmosféricos e intemperie. • Resistente a agentes químicos. • Óptima calidad óptica, no distorsiona la imagen. • Gran variedad de colores y acabados. • Reciclable al 100% • Termo moldeable

Fuente: Señaliza, S.A.

A.2.3 Cálculos del encerramiento

Los cálculos necesarios para determinar la constante del local (R), tanto del área donde se encuentra la máquina vibradora como del encerramiento, se encuentran en los apéndices 7 y 11 respectivamente.

A continuación se muestran los valores requeridos para la determinación del aislamiento brindado por el encerramiento:

Cuadro 9. Cálculo de valores para para el aislamiento requerido por el encerramiento para la máquina vibradora.

Valores	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Lp dB(L) medidos a 1 metro de la fuente	81.3	82.6	79.8	80.6	83.9	86.9
Potencia de la máquina (Lw)	84.6	85	83.2	84.2	87.2	90.3
Lp dB(L) dentro del encerramiento	101.4	96.4	92.5	92.2	98.4	98.7
Lp2: NC- 70 Fábricas de ingeniería ligera.	80	79	73	72	70	68
NR	21.4	22.4	24.5	25.2	33.4	35.7
TL req sin ranuras	18.8	23.4	22.5	21	28.8	31
Aislamiento que posee el material	20	24	27	30	29	35

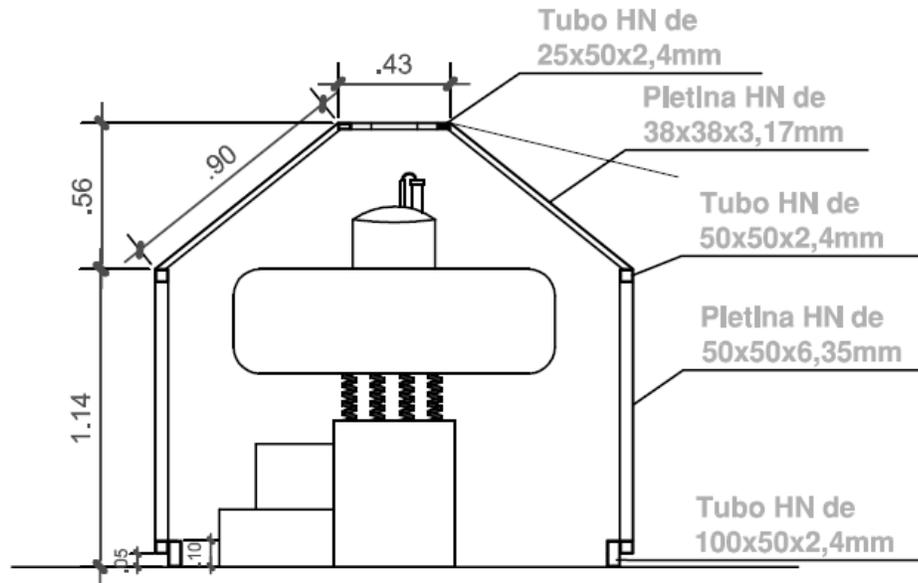
Fuente: Vargas, M. (2014).

El aislamiento que requieren los niveles de presión sonora generados por la máquina (TI req) es menor que el que posee el material propuesto lo cual permite que se dé una menor transmisión del ruido y que sea efectiva la medida propuesta. Para este encerramiento no se realizó el cálculo del aislamiento con ranuras, ya que de acuerdo a los datos brindados por el departamento de mantenimiento la máquina no genera gran cantidad de calor durante su funcionamiento que amerite colocar ranuras para su ventilación.

A.2.4 Diseño de la propuesta:

La estructura del encerramiento propuesto posee forma de octágono en su parte inferior y en la parte superior cuenta con forma de cúpula la cual se puede retirar de la base del encerramiento para cuando se requiera realizar labores de mantenimiento en la parte superior de la máquina o en la tolva donde se deposita el material a pulir. A continuación se muestra la figura donde se muestra la forma propuesta:

Figura 6. Corte transversal vertical del encerramiento propuesto para la máquina vibradora.



Corte transversal vertical

Fuente: Vargas, M. (2014)

El armazón del encerramiento está compuesto por tubos de hierro negro y platinas del mismo material y las paredes están hechas de acrílico de $\frac{1}{2}$ pulgada para facilitar a los colaboradores la visualización durante el pulido de las piezas. La unión de las aristas de cada lado del encerramiento se hace por medio de una platina de hierro negro, esto para conseguir un mejor sellamiento de las paredes y evitar que se propague el ruido.

La máquina cuenta en su parte superior con una tolva donde se agrega la piedra que realiza el pulido de las piezas y también con un tambor donde se encuentran los pistones de la misma. Por medio de la siguiente figura se muestran estas características:

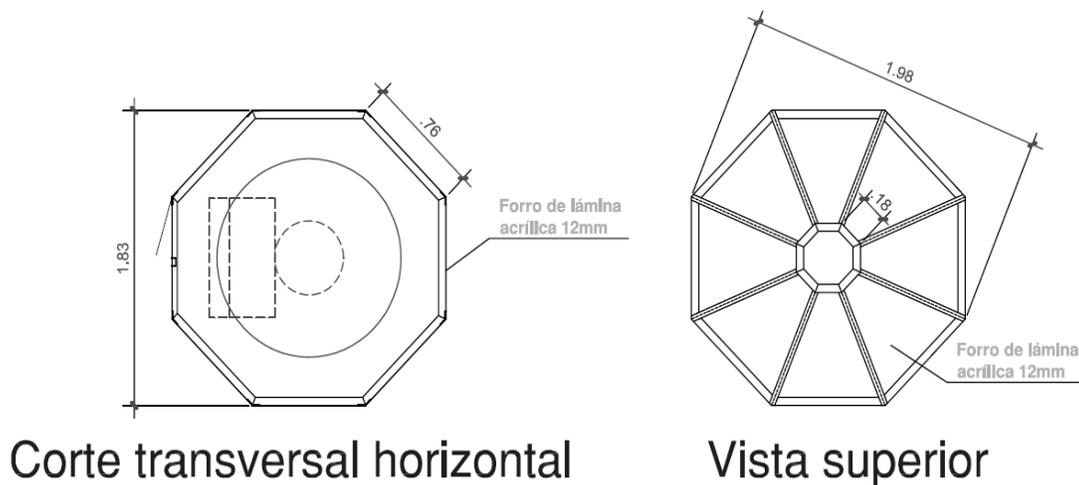
Figura 7. Estructura superior de la máquina vibradora



Fuente: Vargas, M. (2014).

Debido a la forma que posee en la parte superior, en el diseño del encerramiento se propone que la parte superior cuente con una estructura cónica facetada (estilo cúpula) la cual permite un mejor ajuste al contorno superior de la máquina. El diseño de esta parte se muestra a continuación:

Figura 8. Estructura superior del encerramiento



Fuente: Vargas, M. (2014).

La cúpula está unida a la base del encerramiento por medio de unas prensas y se diseñó de esta manera para que se pueda retirar del encerramiento cuando se requieran realizar labores de mantenimiento en la parte superior de la máquina (donde se ubican los pistones). Una vez que se finalizan las labores se debe volver a colocar sobre la base y sellarla con las prensas para evitar que el ruido se propague.

En la sección de la máquina por donde el colaborador coloca las piezas se habilitará una de las láminas (escotilla) para que se pueda levantar hacia arriba y así se pueda introducir el material a la máquina. Esta lámina se podrá mantener levantada por medio de una cadena que esté unida a la escotilla y al centro de la cúpula para evitar que se caiga mientras está abierta.

Para el acceso del agua que requiere el proceso, se habilita un orificio en forma de círculo en uno de los lados de la cúpula que permite su paso hacia el interior de la tolva.

A.2.5 Cotización de la propuesta:

Cuadro 10. Costos del encerramiento propuesto para la máquina vibradora.

Material	Proveedor	Materiales	Costo
Cobertor en acrílico de 12mm con perfiles metálicos y de aluminio	Señaliza. S. A.	Láminas de acrílico. Tubos de hierro negro Platinas de hierro negro	375000
Mano de obra			145623
Costo total (colones)			520623

Fuente: Vargas, M. (2014).

Fuera de los dos encerramientos, de acuerdo a los cálculos realizados, se espera un valor de NPS de 78.3 dB(A) para el extractor de polvos y un valor de NPS de 71.7dB(A) para la máquina vibradora, los cuales se alcanzarían utilizando los valores del criterio de la curva NC-70 y realizando las ponderaciones correspondientes. Estos valores se encuentran por

debajo del límite de alarma (80dB(A) y por debajo de los niveles de presión sonora que se presentan actualmente (90dB(A), lo que verifica su efectividad.

A.3 Aplicación de la alternativa de control para la reducción del ruido generado por el uso del aire comprimido.

A.3.1 Características del diseño.

El uso de aire comprimido para la limpieza de piezas es frecuente en las labores realizadas en el área de Machine Shop, lo cual se ejemplifica en la siguiente imagen:

Figura 9. Uso de pistolas con aire comprimido para limpieza de piezas.



Fuente: Vargas, M. (2014).

De acuerdo con lo estipulado por la OSHA en la Regulación 1910.42: Herramientas manuales, eléctricas y equipo en general, para las labores de limpieza de piezas se permite un nivel de presión de 30 psi, siempre y cuando el trabajador utilice el equipo de protección personal durante su uso. La presión utilizada en el área se encuentra entre 100 a 120 psi, por lo que se requiere la implementación de dispositivos que regulen la cantidad de aire comprimido.

A continuación se muestran las dos alternativas propuestas para la disminución del ruido provocado por el uso de aire comprimido en el soplado de piezas:

A.3.1.1 Implementación de reductores de presión en la línea de aire comprimido de las pistolas sopladoras.

En el área de Machine Shop, se encuentra un anillo principal del cual se derivan las ramificaciones para llevar el aire comprimido a cada una de las máquinas CNC. En cada máquina existe una misma línea que alimenta tanto el aire usado por la máquina como el necesario para utilizar las pistolas de soplado. De las dos líneas de aire, solo la de la máquina cuenta con regulador de presión mientras por lo que la cantidad de aire usado por la máquina es la misma para las pistolas.

La cantidad que usan las pistolas (100 psi) no es necesaria para las labores de limpieza de piezas por lo que se genera un mayor gasto de aire comprimido y con esto más consumo energético y a su vez una mayor cantidad de ruido.

Se recomienda la implementación de reguladores de presión que se ajusten a la línea del aire comprimido para las pistolas con el fin de disminuir la cantidad de aire a un nivel que cumpla con el límite establecido. A continuación se muestran las especificaciones del regulador propuesto:

Cuadro 11. Características Técnicas del regulador de presión AR20-N02BG-Z-A

Regulador	Especificaciones
	<ul style="list-style-type: none">• Tamaño de rosca: ¼ pulgada• Componentes: Bracket y manómetro.<ul style="list-style-type: none">• Fluido: aire• Peso: 0.17 kg• Rango de Presión: 0.05-0.7 Mpa• Temperatura ambiente: -5-60°C

Fuente: Dansar Industries. (2014)

A.3.1.2 Implementación de pistolas especiales para uso de aire comprimido.

Se propone el cambio de las pistolas que se usan actualmente por la pistola de aire con seguridad de precisión marca Exair. Estas poseen un peso ligero y una emisión de aire enfocada que permite la limpieza correcta de las piezas.

La pistola cuenta con una boquilla especializada que posee orificios en su cubierta los cuales permiten el paso distribuido del aire a través de ella y a la vez reducen la cantidad de ruido emitido de manera significativa. Seguidamente se muestra las especificaciones de la pistola propuesta:

Cuadro 12. Características técnicas de la pistola con boquilla reductora de ruido.

Medida propuesta	Especificaciones Técnicas
<p data-bbox="354 806 667 835">Pistola de soplado SMC</p> 	<ul data-bbox="867 890 1373 1094" style="list-style-type: none">• Modelo: VMG• Sistema neumático para ahorro de energía• Presión de impacto: 0.011 Mpa• Presión en el interior de la boquilla: 0.385 MPa.
<p data-bbox="305 1251 716 1281">Boquilla de bajo consumo Exair</p> 	<ul data-bbox="867 1314 1365 1486" style="list-style-type: none">• Consumo de aire: 14 SCFM• Fuerza: 13 Ozs,• Nivel de presión sonora: 74 dB(A).• Material: Aluminio• Rosca: ¼ pulg

Dansar Industries. (2014).

A.3.2 Cotización de la propuesta:

Cuadro 13. Costo de dispositivos para control de ruido en aire comprimido.

Dispositivo	Proveedor	Cantidad	Costo por unidad
Reguladores de presión.	Dansar Industries	17	\$ 51.47
Pistolas de seguridad		17	\$ 50.10
Acople rápido de espiga ¼ NPT Hembra		17	\$4.65
Boquilla de bajo consumo		17	\$40.51
Costo Total			\$2494.41

Fuente: Vargas, M. (2014).

Se deben colocar los reguladores de presión en todas las máquinas del CNC y en la línea de aire comprimido ubicada en el área de vibradoras. De igual forma, cada operador de la máquina CNC debe utilizar la pistola de soplado propuesta así como el colaborador que trabaja en el área de vibradoras.

Para un mejor resultado de la alternativa propuesta, se recomienda la implementación tanto de los reguladores de presión como de las pistolas con las boquillas reguladoras de presión ya que por medio del regulador, se disminuye el flujo desde la línea principal y con el uso de las pistolas con boquillas se reduce el ruido que produce la emisión del aire comprimido.

Controles Administrativos

B.1 Propuesta de señalización para el área de Machine Shop.

La señalización en el área de trabajo permite informar a los colaboradores sobre el equipo de protección que se debe utilizar en el área, con el fin de proteger la salud auditiva de los trabajadores y es un complemento necesario para las medidas propuestas.

Las señales requeridas en el área deben ser de tipo obligatorias, las cuales describen el equipo de protección auditiva necesario. Estas deben contar con un pictograma de color blanco, fondo de color azul y contraste color blanco y el encabezado de la señal debe tener la siguiente leyenda: Uso obligatorio del equipo de protección auditiva.

Cada señal debe estar colocada al lado derecho del acceso, a una altura de 1.55 cm. A continuación se muestra el cuadro donde se indica la ubicación de las señales tanto en CNC como en Fettingling:

Cuadro 14. Ubicación de la señalización en el área de Machine Shop.

Tipo de señal	Ubicación	Cantidad se señales
	Puertas de acceso a su área de CNC.	3 (una en cada puerta)
	Portón de la bodega de químicos.	1
	Portón ubicado frente a la bodega de TFS	1
	Portón que comunica a CNC con Fettingling	1
	Portón del área de Vibradoras ubicado por el parqueo.	1

Fuente: Vargas, M. (2014).

Las dimensiones de las señales propuestas deben ser tales que cumpla con la siguiente relación:

$$S \geq \frac{L^2}{2000}$$

Donde:

S: es la superficie de la señal en m^2

L: distancia de observación en m

Según la norma INTE 31-07-02-00 en la señalización de seguridad e higiene de las áreas de trabajo, la dimensión de la señal debe ser como mínimo de $400m^2$. En la señalización de los equipos la dimensión de ésta debe ser como mínimo de $10 m^2$.

La colocación de la señalización estará a cargo del departamento de Mantenimiento Industrial, el cual también deberá realizar una revisión mensual de su estado en la cual se verifican aspectos de color, forma, limpieza, ubicación adecuada y legibilidad de la información descrita. (Ver apéndice 12).

Es importante destacar que el acatamiento de las indicaciones descritas en la señal debe realizarse de manera obligatoria por el personal, contratistas y visitantes que ingresen a los recintos.

Por otra parte, seguidamente se presentan una serie de procedimientos como parte de los controles administrativos referentes al Programa de Conservación Auditiva.

Procedimiento PD-EHS- 14

**Procedimiento para uso del aire comprimido en las
pistolas de soplado.**

	Procedimiento:	B.2 Procedimiento de uso del aire comprimido en las pistolas de soplado.				
	CÓDIGO:	PD-EHS-14	FECHA DE EMISIÓN:	5/10/2014	VERSIÓN:	1
	DUEÑO DE PROCESO:	Departamento de Seguridad Ocupacional			PÁGINA:	1 de 1

OBJETIVO

Proponer medidas administrativas que disminuyan el ruido generado por el uso de las pistolas de aire comprimido por parte de los colaboradores del área de Machine Shop.

ALCANCE

La propuesta abarca a toda la población del área de Machine Shop que utilice las pistolas con aire comprimido durante sus labores de trabajo.

STAKEHOLDERS

- Jefe y supervisores del área: Comprobar el cumplimiento de la propuesta.
- Departamento de Seguridad Ocupacional: verificar la implementación adecuada del procedimiento y realizar la evaluación de seguimiento del mismo.
- Departamento de mantenimiento industrial: desarrollar las medidas propuestas en el procedimiento y cumplirlas.
- Colaboradores del área de Machine Shop: cumplir las medidas estipuladas en el procedimiento.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Estudiante de Ing. en Seguridad Laboral	Ing. Sistema de Gestión	Ing. Sistema de Gestión

B.2.1 Especificaciones

B.2.1.1 Aspectos generales

- Mantener la presión en la línea de aire comprimido para las pistolas de soplado a 30 psi la cual es la recomendada para labores de limpieza de piezas (OSHA, 2014).
- Utilizar tapones de oído durante todas las labores de limpieza (orificios en piezas metálicas, acabos finales de piezas, limpieza en el interior de la maquinaria) que impliquen el uso de las pistolas de soplado.
- Utilizar los lentes de seguridad siempre que se haga uso de las pistolas de soplado.
- Revisión diaria (al inicio y final de la jornada de trabajo) por parte de los colaboradores del estado de la manguera que contiene el aire comprimido para detectar eventuales daños como fisuras, fugas en la manguera y fisuras en los acoples. (ver apéndice 13).
- Verificar el estado de las boquillas reductoras de presión con el objetivo de identificar factores que impidan su adecuado funcionamiento (ruptura, acople inadecuado con la pistola y desgaste).
- Evitar estrangular el paso del aire doblando la manguera ya que esto no permite un flujo regular del aire.
- No utilizar las pistolas con aire comprimido para efectos que no sean los destinados en las labores de trabajo (por ejemplo limpieza del lugar de trabajo, labores de higiene personal, limpieza del uniforme de trabajo) ya que esto incrementa la exposición al ruido.
- No apuntar con la pistola de soplado a ninguna persona, ni para bromear ni para limpiar suciedad de la ropa o partes del cuerpo ya que esto puede conllevar a provocar incidentes o accidentes.
- El departamento de limpieza no puede hacer uso de las pistolas con aire comprimido para labores de limpieza (secado de pisos, eliminación de viruta) esto porque incrementa la presencia de ruido en el área innecesariamente.

B.2.2 Departamento de Mantenimiento

- Corroborar al inicio de la jornada de trabajo que la presión existente en las líneas destinadas para el aire comprimido de las pistolas de soplado se encuentre en 30 psi.
- Verificar el estado y funcionamiento adecuado de los reguladores de presión ubicados en la línea de aire comprimido de cada máquina. (estado del manómetro, acoples).
- Comprobar que la presión de los reguladores no esté por debajo o por encima de los 30 psi con lo cual se verifica que no fue manipulada por los colaboradores.
- Revisar periódicamente las tuberías (mensualmente) con el fin de detectar posibles fugas o deterioros en las mismas que alteren la cantidad de presión.
- Corroborar el funcionamiento de las unidades de mantenimiento y su estado. (ver apéndice 13).
- Verificar estado y funcionamiento adecuado del compresor, tanque de almacenamiento del aire comprimido y sus respectivos dispositivos, con el fin de mantener una adecuada presión en todo el sistema.

Procedimiento PD-EHS- 15

Procedimiento para acceso al encerramiento del extractor de polvos



Procedimiento:

B.3 Procedimiento para acceso al encerramiento del extractor de polvos.

CÓDIGO:

PD-EHS-15

FECHA DE EMISIÓN:

7/10/2014

VERSIÓN:

1

DUEÑO DE PROCESO:

Departamento de Seguridad Ocupacional

PÁGINA:

1 de 1

OBJETIVO

Establecer un procedimiento de ingreso seguro al encerramiento para las labores de mantenimiento realizadas al extractor de polvos.

ALCANCE

El procedimiento abarca al personal de mantenimiento encargado de la realización de las medias preventivas y correctivas así como el personal que requiera ingresar al encerramiento.

STAKEHOLDERS

- Departamento de Seguridad Ocupacional: implementar el procedimiento de trabajo y verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en él.
- Departamento de mantenimiento industrial: acatar las instrucciones descritas en el procedimiento de trabajo durante el ingreso al encerramiento.
- Colaboradores del área de Fettling: cumplir con las recomendaciones establecidas en el procedimiento al ingreso y estadía en el encerramiento.

ELABORADO POR:

Estudiante de Ing, en Seguridad Laboral

REVISADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

APROBADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

B.3.1 Especificaciones

B.3.1.1 Antes de ingresar al encerramiento se debe colocar el equipo de protección personal destinado para esta área (orejeras).

B.3.1.2 Ingresar al área y realizar una inspección general de las condiciones del lugar que incluya revisión de condiciones en techo, paredes, estado de la máquina, conexiones eléctricas.

B.3.1.3 Colocar sólo las herramientas necesarias en el lugar donde se va a hacer el mantenimiento.

B.3.1.4 Previo a las labores de mantenimiento, realizar el proceso de bloqueo y etiquetado de energías peligrosas, con el fin de desconectar las fuentes de energía de la máquina y evitar accidentes.

B.3.1.5 Realizar las labores de mantenimiento correspondientes, usando siempre el equipo de protección auditiva.

B.3.1.6 En la medida de lo posible, cuando se lleven a cabo las labores de mantenimiento, se debe mantener la puerta del encerramiento cerrada para evitar la propagación hacia el exterior del ruido que emite.

B.3.1.7 Una vez finalizadas las labores de mantenimiento, se debe retirar el bloqueo y etiquetado de energías peligrosas y restaurar el funcionamiento de la máquina.



Procedimiento PD-EHS- 16

Procedimiento para uso del equipo de protección auditiva

	Procedimiento:	B.4 Procedimiento para uso de equipo de protección auditiva.				
	CÓDIGO:	PD-EHS-16	FECHA DE EMISIÓN:	7/10/2014	VERSIÓN:	1
	DUEÑO DE PROCESO:	Departamento de Seguridad Ocupacional			PÁGINA:	1 de 1

OBJETIVO

Indicar al colaborador el uso y mantenimiento adecuado del equipo de protección auditiva.

ALCANCE

El procedimiento abarca a todo el personal de trabajo, contratistas y visitantes que requieran el uso del equipo de protección auditiva en el área de Machine Shop.

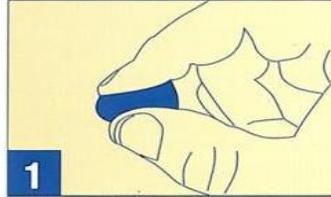
STAKEHOLDERS

- Jefe y supervisores del área: verificar el cumplimiento de las especificaciones brindadas en el procedimiento.
- Departamento de Seguridad Ocupacional: brindar el equipo de protección auditiva a los colaboradores y verificar su correcto uso.
- Colaboradores del área de Machine Shop: acatar los lineamientos establecidos en el programa.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Estudiante de Ing, en Seguridad Laboral	Ing. Sistema de Gestión	Ing. Sistema de Gestión

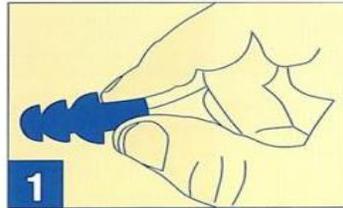
B.4.1. Procedimiento para uso de tapones.

1. Verificar el estado del equipo (limpieza, deterioro) al inicio de la jornada de trabajo.



Fuente: 3M

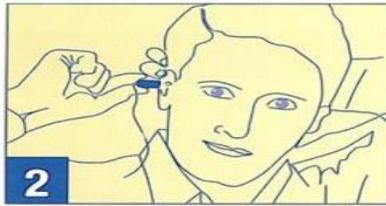
2. Limpiar el equipo con una toalla húmeda y posteriormente secarlo.
3. Lavarse las manos antes de colocarse el equipo.



Fuente: Catálogo de productos 3M, 2014

4. Tomar la oreja izquierda con la mano derecha pasándola por detrás de la cabeza.
5. Tirar la oreja suavemente hacia arriba y atrás con el propósito de enderezar el conducto auditivo.
6. Insertar el tapón con la mano izquierda.
7. Tomar la oreja derecha con la mano izquierda pasándola por detrás de la cabeza
8. Tirar la oreja suavemente hacia arriba y atrás con el propósito de enderezar el conducto auditivo

9. Insertar el tapón con la mano derecha.



Fuente: Catálogo de productos 3M, 2014

10. Para remover los tapones se deben sacar lentamente sin que causen alguna dolencia.

11. Limpiar el equipo una vez finalizada la jornada de trabajo.

12. Revisar nuevamente el estado del equipo

13. Guardar el equipo en la caja personal destinada para este fin.

14. Si los tapones presentan deterioro o suciedad que no se elimina al lavarlos se deben cambiar por nuevos y proceder a desechar los anteriores.

B.4.2. Procedimiento para uso de orejeras.

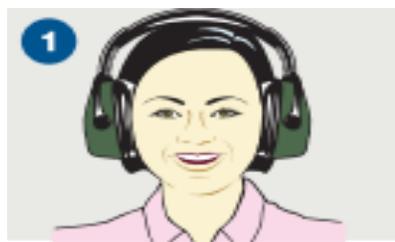
1. Revisar el estado del equipo (limpieza, deterioro) al inicio de la jornada de trabajo.

2. Limpiar el equipo con una toalla húmedo para quitar polvo y suciedad y luego secarlo. .

3. Lavarse las manos antes de colocarse el equipo.

4. Verificar las indicaciones de colocación que poseen las orejeras (copa derecha e izquierda) y dirección de colocación de la copa.

5. Extender el arnés a su máxima longitud y colocarlo sobre la cabeza.

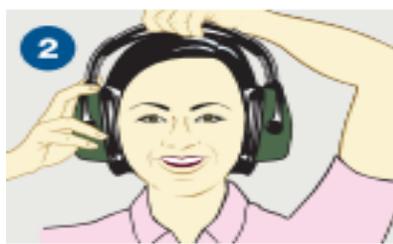


Fuente: Catálogo orejeras Thunder Leight, 2014

6. Colocar cada una de las copas en cada oreja y presionarlas hacia adentro y arriba para ajustarlas adecuadamente.

7. Ajustar la altura del arnés.

8. Verificar que las copas hayan sellado adecuadamente para evitar fugas de aire.



Fuente: Catálogo orejeras Thunder Leight, 2014

9. Limpiar el equipo una vez finalizada la jornada de trabajo.

10. Guardar el equipo en la caja personal destinada para este fin.

B.4.3 Los tapones auditivos son estrictamente de uso personal ya que por normas de higiene se prohíbe su reutilización por otra persona que no sea su dueño. Las orejeras pueden ser utilizadas por otra persona que no sea el dueño solo con previa desinfección y limpieza.

B.4.4 El equipo de protección auditiva debe ser reemplazado de inmediato cuando haya alcanzado su vida útil o presente deterioro.

B. 4. 5. Para la elección del equipo de protección auditiva se recomienda la aplicación de la lista adjunta en el apéndice 15, la cual evalúa varios aspectos de las tareas desarrolladas y su compatibilidad con el equipo a escoger.

Procedimiento PD-EHS- 17

**Procedimiento para manipulación de la máquina
vibradora con el encerramiento.**



Procedimiento:

B.5 Propuesta de procedimiento para manipulación de la máquina vibradora con el encerramiento.

CÓDIGO:

PD-EHS-17

FECHA DE EMISIÓN:

7/10/2014

VERSIÓN:

1

DUEÑO DE PROCESO:

Departamento de Seguridad Ocupacional

PÁGINA:

1 de 1

OBJETIVO

Establecer el procedimiento adecuado para el desarrollo de las labores en la máquina vibradora una vez implementado el encerramiento.

ALCANCE

El procedimiento abarca a todos los colaboradores que realicen labores de lijado y pulido de piezas con la máquina vibradora.

STAKEHOLDERS

- Supervisor del área: implementar el procedimiento de trabajo en el área de Fettling y evaluar su posterior funcionamiento.
- Departamento de Seguridad Ocupacional: verificar que se lleve a cabo el cumplimiento del procedimiento durante las labores.
 - Colaboradores del área de Fettling: llevar a cabo y respetar el procedimiento de trabajo propuesto.

ELABORADO POR:

Estudiante de Ing. en Seguridad Laboral

REVISADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

APROBADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

B.5.1 Especificaciones

B.5.1.1. Para la colocación de las piezas en el interior de la máquina, el colaborador debe colocarse en la parte de la máquina donde se introducen las piezas, levantar la escotilla y colocarle el soporte para mantenerla fija.

B.5.1.2. Antes de ingresar las piezas a la máquina el colaborador debe cerciorarse que la escotilla quede fija y estable con el fin de evitar que se caiga durante el proceso de colocar las piezas en la máquina.

B.5.1.3. Cuando se deban pulir piezas, mientras no se requiera la manipulación por parte de colaborador, se debe mantener cerrada la escotilla, con el fin de evitar que el ruido se propague.

B.5.1.4 Durante la limpieza del lugar, se debe evitar golpear las paredes del encerramiento con escobas u otros artefactos de limpieza para no dañar la infraestructura del mismo.

B.5.1.5. Evitar la colocación de herramientas o artefactos pesados en la superficie del encerramiento, para evitar daños o quebraduras del material.

B.5.1.6. Si se requiere realizar algún mantenimiento en el interior de la tolva o en los pistones, se debe remover la cúpula con ayuda mecánica (tecle) y una vez finalizadas las labores se debe colocar de nuevo y sellarla con las prensas.

B.5.1.7 El colaborador que esté manipulando la máquina vibradora debe siempre portar las orejeras, tanto para las labores en las que el encerramiento está completamente cerrado así como cuando se mantiene la escotilla abierta.

Procedimiento PD-EHS- 18

**Procedimiento para labores de mantenimiento en la
máquina vibradora con el encerramiento.**



Procedimiento:

Procedimiento para labores de mantenimiento en la máquina vibradora con el encerramiento.

CÓDIGO:

PD-EHS-18

FECHA DE EMISIÓN:

9/10/2014

VERSIÓN:

1

DUEÑO DE PROCESO:

Departamento de Seguridad Ocupacional

PÁGINA:

1 de 1

OBJETIVO

Brindar al personal de mantenimiento industrial un procedimiento de trabajo seguro para realizar las labores preventivas y correctivas en la máquina vibradora.

ALCANCE

El procedimiento abarca todo el personal de mantenimiento así como contratistas que requieran realizar labores de mantenimiento en la máquina vibradora.

STAKEHOLDERS

- Supervisor del área: verificar el cumplimiento del procedimiento en el área.
- Departamento de Seguridad Ocupacional: implementar el procedimiento de trabajo en el área de Fetting y corroborar su adecuado cumplimiento.
- Colaboradores del departamento de mantenimiento industrial: acatar los lineamientos establecidos en el procedimiento.

ELABORADO POR:

Estudiante de Ing, en Seguridad Laboral

REVISADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

APROBADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

B.6.1 Especificaciones:

B.6.1.1. Revisar las condiciones generales del área donde se va a trabajar con el fin de reconocer condiciones inseguras que puedan ser causantes de un accidente (objetos que obstaculizan el área de trabajo, elementos que puedan provocar golpes o cortaduras).

B.6.1.2 Colocar en el área donde se van a realizar las acciones de mantenimiento sólo las herramientas u objetos que van a ser utilizados durante el proceso.

B.6.1.3 Previo a comenzar las labores de mantenimiento, se debe realizar el proceso de bloqueo y etiquetado de maquinaria, con el fin de eliminar las energías peligrosas de la misma y llevar a cabo el mantenimiento de manera segura.

B.6.1.3 Para realizar el mantenimiento en la parte inferior de la máquina donde se encuentra el motor y las poleas, se debe abrir la puerta que da acceso a esta parte.

B.6.1.4 Cuando se finalicen las labores se debe cerrar con llave la puerta y guardar la llave en el taller de mantenimiento donde sólo el personal tenga acceso a la misma.

B.6.1.5 Para las operaciones de mantenimiento en la parte superior de la máquina (pistones) se debe retirar la cúpula con ayuda mecánica y colocarla en una mesa firme donde quede segura.

B.6.1.6 Una vez hechas las labores de mantenimiento se debe colocar la cúpula de manera que se ajuste correctamente a la circunferencia de la base y luego se procede a cerrar los sellos que se encuentran en la circunferencia del encerramiento.

B.6.1.7 El colaborador de mantenimiento procede a retirar el bloqueo y etiquetado de la máquina para restaurar la energía de la máquina.

B.6.1.8 Se procede a realizar una limpieza del área de trabajo y a la revisión final de las condiciones del lugar, con el fin de mantener el orden y la limpieza. (Apéndice 14)

Procedimiento PD-EHS- 19
Procedimiento para la evaluación de controles
establecidos.



Procedimiento

Metodología para evaluación de controles establecidos

CÓDIGO:

PD-EHS-15

FECHA DE EMISIÓN:

11/09/2014

VERSIÓN:

1

DUEÑO DE PROCEDIMIENTO:

Gerente de Calidad

PÁGINA:

1 de 2

OBJETIVO

Establecer los lineamientos para la evaluación de los controles propuestos en el programa de conservación auditiva en el área de Machine Shop.

ALCANCE

La evaluación aplica para los controles propuestos en el programa de conservación auditiva y futuros controles ingenieriles y administrativos que se deseen establecer en materia de seguridad e higiene ambiental.

Herramienta

Matriz de evaluación

ENTRADAS

Resultados obtenidos en la evaluación ambiental y personal de la exposición a ruido.

SALIDAS

Priorización de los controles ingenieriles y administrativos a implementar.

STAKEHOLDERS

Departamento de Seguridad Ocupacional

MÉTRICAS

Cantidad de medidas a implementar.

ELABORADO POR:

Estudiante de Ing, en Seguridad Laboral

REVISADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

APROBADO POR:

Ing. Sistema de Gestión

En caso de que se requiera establecer adicionalmente otras medidas para control de ruido en el área que complementen las planteadas, se puede hacer uso de la siguiente matriz la cual evalúa la funcionalidad de las alternativas a proponer:

Cuadro 15. Matriz de selección de mejoras

Matriz de evaluación de impacto de mejoras (Adaptación del Método Pugh).							
Mejora propuesta	Impacto sobre las deficiencias						Valor total asignado a la mejora propuesta

Fuente: Vargas, M. (2014)

Criterio de calificación

Valor asignado a la mejora.	Descripción
+	Las condiciones obtienen mejoría con la implementación de la alternativa.
0	Las condiciones se mantienen igual con la implementación de la alternativa
-	Las condiciones no obtienen mejoría con la implementación de las alternativas

1. En la columna de mejora propuesta, se describen las medidas propuestas para la disminución del ruido presente.
2. En la columna de deficiencias se describen los factores encontrados en la evaluación que contribuyen a la presencia de ruido en el área.
3. Una vez establecidos los criterios y mejoras propuestas se procede a calificar cada alternativa con el criterio de clasificación establecido.
4. Posteriormente, se obtiene la cantidad total de "+", la de "-" y la de 0 de cada mejora.
5. Por último, se obtiene la cantidad total para cada mejora haciendo la resta entre la cantidad de "+" obtenidos menos la cantidad de "-" obtenidos y se hace la priorización de las medidas.

III. Equipo de protección auditiva

B.7 Propuesta de Procedimiento para selección y compra el equipo de protección auditiva.

B.7.1 Objetivo

Establecer los requerimientos de la selección y uso del equipo de protección auditiva para disminuir el nivel de presión sonora que reciben los colaboradores del área de Machine Shop.

B.7.2 Alcance

El procedimiento abarca el personal que requiera realizar la selección y compra de equipo de protección auditiva.

B.7.3 Responsables.

- Departamento de Seguridad Ocupacional: evaluar los puestos de trabajo y seleccionar el equipo de protección auditiva idóneo para cada uno.
- Departamento de Recursos Humanos: aprobar el presupuesto para la compra de los equipos de protección auditiva.
- Bodeguero MRO's: mantener bajo control el equipo de protección auditiva y entregarlo en función de los registros establecidos contra el artículo dañado. Asimismo, recolectar el equipo de protección auditiva utilizado o dañado para transferir los residuos generados.

B.7.4 Especificaciones

B.7.4.1 Se debe verificar que el equipo de protección auditivo que se está considerando debe contar con la homologación y certificaciones de entidades como la OSHA y ANSI (American National Standards Institute) de lo contrario no es recomendable su adquisición.

B.7.4.2 La escogencia del equipo debe basarse en el estudio y evaluación de los riesgos presentes en el lugar de trabajo (ver procedimientos PD-EHS-12, PD-EHS-13 y PD-EHS-14 para la evaluación de la exposición). Esta evaluación debe comprender la duración de la exposición al ruido, su frecuencia y gravedad, las condiciones existentes en el trabajo y entorno y daños posibles para el colaborador con el fin de adquirir el equipo que mejor se adapte q las necesidades presentes.

B.7.4.3 Dentro de los datos de evaluación se debe contar con los niveles de presión sonora recibidos por el colaborador a nivel de oído en las distintas frecuencias ya que estos pueden variar dependiendo de la frecuencia y se requiere que el equipo atenúe adecuadamente en todas.

B.7.4.4 El protector auditivo debe elegirse de modo que reduzca la exposición al ruido a un límite admisible, en el caso de la legislación costarricense este valor debe ser por debajo de los 85dB(A).

B.7.4.5 Se recomienda la implementación de tapones cuando el uso de estos en las labores sea continuo y cuando deban utilizarse junto con lentes de seguridad u otro tipo de protectores.

B.7.4.6 Se recomienda el uso de orejeras en procesos muy ruidosos o cuando no se requiera amplia comunicación entre colaboradores.

B.7.4.7 Mantener disponible para los colaboradores, en el lugar de trabajo, el folleto informativo que posee el equipo de protección auditiva ya que contiene datos útiles referentes a: almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, desinfección, clases de protección, fechas o plazo de caducidad, entre otros datos.

B.7.4.8 El departamento de seguridad laboral debe realizar una revisión mensual del estado del equipo de protección auditiva de todos los colaboradores que lo usen.

B.7.4.9 Para la elección del equipo de protección auditiva se recomienda la aplicación de la lista adjunta en el apéndice 15, la cual evalúa varios aspectos de las tareas desarrolladas y su compatibilidad con el equipo a escoger.

B.7.4.10 En la selección previa del equipo de protección auditiva se debe tomar en cuenta también el confort necesario para los trabajadores cuando utilizan el equipo por lo que es necesario para el uso de tapones verificar la facilidad de colocación, el ajuste al canal auditivo y las labores de limpieza y mantenimiento. En el caso de las orejeras se debe tener en cuenta el ajuste y precisión de la diadema así como el peso de las orejeras.

B.7.4.11 Para la evaluación de la eficacia del equipo de protección auditiva a seleccionar se debe tomar en cuenta los niveles de presión sonora recibidos a nivel de oído del trabajador por frecuencia y otras evaluaciones realizadas, por ejemplo dosimetrías.

B.7.4.12 La evaluación de la atenuación del equipo se puede hacer por medio del método propuesto por la OSHA en el cual se requiere ingresar los niveles de presión sonora que recibe el trabajador por frecuencia y los de atenuación por frecuencia del equipo en el siguiente cuadro:

Cuadro 16. Evaluación propuesta por OSHA para la atenuación de equipo de protección auditiva.

Frecuencia en bandas de octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
I- Nivel 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)	X	X	X	X	X	X	X	Suma III- Suma VIII

Fuente: OSHA

Para el cálculo de la suma logarítmica se requiere el uso de la siguiente fórmula:

$$Lp_{total}=10\log \left[\sum_{i=1}^n 10^{Li/10} \right]$$

Donde:

Li: nivel de presión sonora

Si se cuenta con el índice de reducción de ruido (NRR) del equipo, se puede hacer el cálculo de la atenuación utilizando el factor de atenuación (FA) cuya fórmula se muestra a continuación:

$$FA = \frac{NRR-7}{2}$$

B.7.4.13 El NRR es un factor de atenuación brindado por el fabricante que corresponde a la reducción de ruido calculada para un 50% de seguridad. El factor se divide entre 2 para brindar un FA más preciso.

Para la evaluación de la atenuación del equipo de protección dual (orejeras y tapones) el valor de FA se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$FA = \frac{NRR - 7}{2} + 5$$

Equipo de protección auditiva propuesto para el área de Machine Shop.

Para las labores realizadas en el área de Machine Shop se propone el uso de dos tipos de equipo de protección auditiva. En CNC se propone el uso de los tapones marca Elvez, modelo Unifit los cuales están fabricados con una espuma de poliuretano moldeable de rápida expansión. A continuación se muestra un cuadro comparativo sobre el equipo con que se cuenta actualmente en CNC y el propuesto en este apartado:

Cuadro 17. Cuadro comparativo de equipo de protección auditiva para la sub área de CNC

Especificaciones	Tapones actuales	Tapones Propuestos
Modelo	EAR, modelo Ultra fit	Elvex, modelo Unifit
Características	*Polimero avanzado con modelo trifasico ajustable al canal auditivo. *Lavable con agua y jabon. *Talla universal para cualquier canal auditivo.	*Fabricados con espuma de poliuretano moldeable de rápida expansión. *Tapón de material suave y atenuante, bastante cómodo en uso prolongado. *Talla universal para cualquier canal auditivo.
Normas que cumple	ANSI S3.19-1974 y Normas Europeas CE	ANSI S3.19-1974 y Normas Europeas CE
NRR	25	32
FA	9	12,5
Reducción según OSHA	53.7dB(A)	46.9dB(A)
Costo	¢205 c/u	¢110 c/u

Fuente: Compilado por Vargas, M. (2014).

La mayoría de la jornada, los colaboradores están en contacto frecuente con aceites y otras sustancias presentes en la maquinaria y las piezas que manipulan lo cual provoca que mantengan sus manos sucias y que al manipular los tapones se ensucien más frecuentemente, por lo que se propone el uso de tapones desechables que permitan su cambio constante para evitar usar tapones sucios que provoquen infecciones en los oídos.

Además, estos poseen una atenuación mayor a la que tienen los que se usan actualmente, lo que implica que el nivel de presión sonora que recibiría el colaborador a nivel de oído sería de 79 dB(A) aproximadamente, valor que está por debajo del límite establecido (85dB(A)), lo cual demuestra su efectividad.

En el caso de los colaboradores que trabajan en el área de Fettling, se recomienda el uso obligatorio de las orejeras, específicamente para los colaboradores que realizan labores de pulido y lijado de piezas con el mototool. A continuación se muestra una comparación entre el equipo que se usa actualmente y el propuesto:

Cuadro 18. Cuadro comparativos de equipo de protección auditiva para la sub área de Fetting.

Especificaciones	Orejeras actuales	Orejeras Propuestas
Modelo	Marca Howard Leight, modelo Thunder T3	Marca LD, modelo EP104-51H
Características	<ul style="list-style-type: none"> *Almohadillas suaves que mejora el sellado y por lo tanto la atenuación. *Arco indeformable que permite ajustar cada copa en forma individual. *Dieléctrica, no contiene piezas metálicas. 	<ul style="list-style-type: none"> *Orejera ultraligera y de alta visibilidad. *Con cojines de espuma que se ajustan suavemente a las orejas. *Permite la utilización de otros implementos de seguridad como anteojos y respiradores.
Normas que cumple	ANSI S3.19-1974	ANSI S3.19-1974
NRR	30	36
FA	11.5	14.5
Reducción según OSHA	59.1dB(A)	64.4dB(A)
Costo	¢9650 c/u	¢2460 c/u

Fuente: Compilado por Vargas, M. (2014).

Como se puede observar, las orejeras propuestas brindan 3 decibeles más de atenuación que el equipo actual, lo que equivale a que el nivel de presión sonora recibido por el colaborador sea de 81.9 dB(A), valor que se encuentra por debajo del límite establecido (85dB(A)) por lo que el uso de este equipo es beneficioso para la empresa ya que se hace una menor inversión económica y a su vez se logra la disminución del ruido que recibe el trabajador.

IV. Capacitación y Motivación

El programa de capacitación permite brindar información a los colaboradores del área de Machine Shop sobre aspectos relacionados con la exposición ocupacional a ruido esto con el fin de crear una conciencia y cultura de seguridad en el lugar de trabajo. Los objetivos principales del programa de capacitación propuesto son los siguientes:

- Orientar las actividades de capacitación al señalar los objetivos, actividades y recursos que se aplicarán durante el proceso de instrucción-aprendizaje.
- Colaborar con la prevención de la pérdida de capacidad auditiva creando una cultura de seguridad por medio de la información de los riesgos a los que se exponen los colaboradores.
- Instruir a los colaboradores en conceptos básicos relacionados con la exposición a ruido, prácticas que disminuyen la exposición, entre otros aspectos.

Todas las charlas, capacitaciones y actividades relacionadas con la conservación de la capacidad auditiva deberán ser lideradas e impartidas por el departamento de seguridad ocupacional o especialistas en el área (personal de salud).

Para recibir las capacitaciones se recomienda que el total de la población sea dividida en grupos, con el fin de no paralizar el proceso de producción. El personal por capacitar se desglosa a continuación:

Cuadro 19. División de la población para charlas de capacitación

Área	Puesto	Grupo	Cantidad de personas.
Administrativa	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Jefe del área. ✓ Supervisores del área ✓ Gerencia de recursos humanos. ✓ Comisión de salud ocupacional 	A	9
Mantenimiento Industrial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Jefe del departamento y técnicos 	B	6

Sub área de CNC	✓ Operarios de máquinas CNC	C	8
		D	7
		E	8
		F	7
		G	9
Sub área de Fetting	✓ Mecánicos de precisión	H	5

Fuente: Vargas, M. (2014).

Cada una de las sesiones establecidas en el plan de capacitación será impartida cada dos meses al total de la población por lo que la duración total del plan será de 1 año. Una vez finalizado el plan de capacitación propuesto, se recomienda seguir posteriormente, al menos una vez al año, las capacitaciones con otros temas de interés sobre la exposición ocupacional a ruido.

El desglose de los temas por sesión para la capacitación se detalla a continuación:

Cuadro 20. Sesión 1: Aspectos generales del programa de conservación auditiva

Temas a tratar	Grupo a capacitar	Requerimientos	Duración aproximada
Generalidades y definición del programa de conservación auditiva.	A	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de reuniones • Presentación con dispositivos • Equipo audiovisual • Registro de asistencia • Refrigerio 	1 hora
Evaluación de la exposición laboral al ruido.			
Controles ingenieriles y administrativos			
Fases de implementación del programa de conservación auditiva.			
Fase de seguimiento y evaluación del programa de conservación auditiva.			
<i>Actividades</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación magistral 		

Fuente: Vargas, M. (2014).

Cuadro 21. Sesión 2: Aspectos relacionados ruido ocupacional

Temas a tratar	Grupo a capacitar	Requerimientos	Duración aproximada
Propósito y objetivos del plan de capacitación	Grupos del B al H	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de reuniones • Presentación con dispositivas • Equipo audiovisual • Registro de asistencia • Video informativo 	1 hora
Conceptos básicos relacionados con el ruido.			
Descripción del ruido, comportamiento y tipos.			
Problemas industriales relacionados a la exposición ocupacional a ruido.			
Legislación y normativa de referencia asociada a la evaluación de la exposición ocupacional a ruido en los lugares de trabajo.			
Fuentes de ruido existentes en el área.			
Nivel de ruido existente en el área y comparación de este con lo estipulado por la legislación.			
Importancia de la prevención auditiva			
<i>Actividades</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación magistral • Espacio de discusión general de los temas vistos en sub grupos. • Espacio para consultas en general. 		

Fuente: Vargas, M. (2014).

Cuadro 22. Sesión 3: Fundamentos fisiológicos de la audición y su relación con la exposición al ruido.

Temas a tratar	Grupo a capacitar	Requerimientos	Duración aproximada
Anatomía y fisiología del oído humano.	Grupos del B al H	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de reuniones • Presentación con dispositivos • Equipo audiovisual • Registro de asistencia • Estudio de caso en subgrupos de pérdida auditiva en fábricas. 	1 hora
Respuesta del oído humano ante el ruido.			
Patologías auditivas			
Efectos en la audición producto de la exposición a ruido, síntomas y consecuencias.			
Factores que pueden incrementar los efectos del ruido (sustancias ototóxicas, vibraciones, edad, embarazo, entre otros.)			
Aspectos para el reconocimiento por parte de los colaboradores de posibles grados pérdida auditiva: * dificultad para escuchar conversaciones de otras personas o llamados telefónicos *pérdidas temporales de la audición *haber recibido comentarios respecto de los elevados niveles de voz con que conversa *existencia de pitidos en uno u otro oído.			
Consecuencias de la pérdida auditiva en la vida cotidiana y la vida laboral.			

Fuente: Vargas, M. (2014).

Cuadro 23. Sesión 4: Criterios para protección de la audición en el entorno de trabajo.

Temas a tratar	Grupo(s) a capacitar	Requerimientos	Duración aproximada
Criterios de trabajo seguros relacionados con límites de exposición a ruido.	Grupos del B al H	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de reuniones • Presentación con dispositivas • Equipo audiovisual • Registro de asistencia • Métodos audiovisuales (modos de utilización de máquinas y equipos). 	1 hora
Instrumentos y estrategias para medición de ruido.			
Medidas de prevención y de control de ruido implementadas en los puestos de trabajo, explicitando las del tipo técnico y administrativas.			
Modos de utilización de las maquinarias y equipos para reducir al mínimo la emisión de ruido, considerando además, criterios de revisión y mantenimiento de éstas.			
Formas de valorar la capacidad auditiva (audiometrías).			
Equipo de protección auditiva: uso y mantenimiento del mismo.			
<i>Actividades</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación magistral • Dinámica: colocación adecuada del equipo de protección auditiva • Espacio para consultas. 		

Fuente: Vargas, M. (2014).

Cuadro 24. Sesión 5: Conceptos generales para capacitación sobre el programa de protección auditiva.

Temas a tratar	Grupo(s) a capacitar	Requerimientos	Duración aproximada
Definición del programa de conservación auditiva y elementos que lo conforman.	Grupos del B al H	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de reuniones • Presentación con dispositivas • Equipo audiovisual • Registro de asistencia 	1 hora
Objetivos y alcance del programa de conservación auditiva.			
Metas y responsabilidades de los colaboradores en el programa.			
Conceptualización de los elementos que conforman el programa.			
Actividades que se realizan en el programa de conservación auditiva con énfasis en las que involucran participación activa de los colaboradores.			
Evaluaciones y seguimiento del programa de conservación auditiva.			
<i>Actividades</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación magistral • Espacio para consultas por parte de los colaboradores. 		

Fuente: Vargas, M. (2014).

Al finalizar cada capacitación se debe llenar el registro de asistencia (ver apéndice 16) con el fin de llevar un control por parte del departamento de recursos humanos y el de seguridad ocupacional de los trabajadores que recibieron la capacitación.

En la capacitación de inducción brindada a los colaboradores de nuevo ingreso se debe incluir un apartado que contenga generalidades de ruido, efectos en la audición producto de la exposición ocupacional a ruido, sus consecuencias y síntomas uso de equipo de protección auditiva y aspectos relacionados con la exposición ocupacional a ruido con el fin de crear una conciencia de seguridad en los colaboradores en este tema.

También se recomienda incluir dentro de las actividades planeadas para la semana del sistema de gestión integrado (salud, seguridad, calidad y medio ambiente) una campaña específica para salud auditiva donde se incluyan actividades como charlas sobre generalidades del ruido, realización de exámenes médicos auditivos, charlas sobre padecimientos auditivos, entre otros.

Cada vez que se realicen evaluaciones personales o ambientales del ruido presente en el área así como cambios en los procedimientos se deberá informar a los colaboradores los resultados y posteriormente llenar el registro de comunicación interna y externa (ver apéndice 17) establecido con el cual se hace constar que se informa al personal sobre estas actividades.

- Evaluación del rendimiento de las capacitaciones.

Para cada una de las capacitaciones impartidas, el encargado del departamento de seguridad ocupacional realizará una evaluación al final de esta con el fin de verificar la funcionalidad de las mismas y los conocimientos generados en el colaborador (ver apéndice 18). Los contenidos de las capacitaciones serán revisados anualmente para identificar modificaciones en los temas o aspectos que deban adecuarse de mejor manera a las necesidades de capacitación que presenten los colaboradores. Para ello se ha incluido en el registro de evaluación de cada capacitación un apartado de recomendaciones sobre temas de interés propuestos por los colaboradores.

V. Evaluación y Seguimiento

El programa de evaluación y seguimiento permite plantear los lineamientos para dar continuidad a los procesos y mejoras propuestas en el programa de conservación auditiva con el fin de identificar brechas que limiten su efectividad y buscar la mejora continua en el mismo.

Por medio del siguiente cuadro, se muestra la estructura planteada para el plan de seguimiento propuesto, las herramientas a utilizar en cada una de las evaluaciones, el tiempo de duración para cada una y los responsables:

Cuadro 25. Plan de seguimiento para el programa de conservación auditiva en el área de Machine Shop.

Aspecto	Actividad	Duración	Responsable
Metodologías para la evaluación de la exposición al ruido	*Aplicar lista de verificación (ver apéndice 19). *Observaciones no participativas durante la evaluación	1 día	Encargados de Seguridad Ocupacional
Controles técnicos y administrativos	*Aplicar lista de verificación (ver apéndice 20) *Aplicar procedimiento PD-EHS-15: evaluación de controles propuestos. Observaciones no participativas durante la evaluación.	2 días	Encargados de Seguridad Ocupacional
Equipo de protección auditiva	*Aplicar lista de verificación (ver apéndice 21).	40 minutos	Encargados de Seguridad Ocupacional
Capacitación y motivación	*Aplicar lista de verificación (ver apéndice 22). *Resultados obtenidos en las evaluaciones de las capacitaciones.	40 minutos	*Encargados de Seguridad Ocupacional *Recursos Humanos

Fuente: Vargas, M. (2014).

Una vez aplicadas las listas de verificación para la evaluación de cada apartado, se procede a calcular el porcentaje de rubros que si se cumplen y los que no se cumplen por medio de las siguientes fórmulas con el fin de cuantificar la cantidad de rubros cumplidos y no cumplidos:

$$\% \text{ de cumplimiento (Si)} = \left(\frac{\text{cantidad de rubros con respuesta si}}{\text{cantidad total de rubros evaluados}} \right) * 100$$

$$\% \text{ de incumplimiento (No)} = \left(\frac{\text{cantidad de rubros con respuesta no}}{\text{cantidad total de rubros evaluados}} \right) * 100$$

La evaluación integral del programa se puede realizar por medio de auditorías internas (ver procedimiento PD-EHS-10) las cuales evaluarán los apartados anteriormente mencionados. Estas auditorías deben hacerlas los encargados de seguridad ocupacional y departamentos afines a las actividades evaluadas como por ejemplo recursos humanos, departamento de mantenimiento industrial, jefe del área de Machine Shop y supervisores de la misma.

Conclusiones

- Las metodologías de evaluación propuestas permiten mantener un control del ruido presente en el área y de las variaciones que se puedan dar en los niveles de presión sonora producto de cambios en el área, cantidad de maquinaria o procesos.
- El equipo de protección personal que se usa actualmente para el área más crítica, Fetting, posee un nivel de reducción de ruido de 30dB el cual es adecuado ya que disminuye el ruido recibido por el colaborador a 60dB(A) valor que se encuentra por debajo del límite establecido (85dB(A)) sin embargo, se puede implementar el uso de un equipo con mayor atenuación para obtener mejores resultados.
- El uso de los reguladores de presión permite disminuir la cantidad de aire comprimido utilizado en labores de limpieza de piezas a 30psi lo cual podría implicar una reducción de costos económicos por el uso racional del este.
- Las pistolas de soplado con boquillas reguladoras permiten el uso regulado del aire comprimido ya que emiten menor cantidad de aire aplicación y con esto a su vez reducen el nivel de presión sonora emitido durante las labores de limpieza de 90 dB(A) a 74dB(A).
- El desarrollo en conjunto de las medidas de control técnicas y administrativas podría permitir alcanzar mejores resultados para la disminución del ruido presente en el área de Machine Shop a diferencia de su implementación por separado.
- El encerramiento propuesto para el extractor de polvos reduce el nivel de ruido en el área de 90 dB (A) a 78,5 dB (A) y el de la máquina vibradora reduce el nivel de ruido de 91,3 dB (A) a 71,7 dB(A) valores que están por debajo del nivel de acción (80dB(A)) por lo que se demuestra que las alternativas de control propuestas podrían ser efectivas si se implementa el programa.
- El programa de capacitación para la exposición ocupacional al ruido es un medio para reforzar las debilidades identificadas en el conocimiento del tema de ruido y propicia crear una cultura de seguridad y prevención en los colaboradores.
- La evaluación y seguimiento del programa de conservación auditiva son necesarios para la verificación de la efectividad de los aspectos que se plantean en la propuesta.

Recomendaciones

- Efectuar una evaluación de exposición a vibraciones para los colaboradores que manipulan la máquina vibradora con el fin de determinar factores de riesgo que podrían afectar su salud.
- Adquirir equipo especializado para la medición de ruido, específicamente un sonómetro con filtro de bandas de octava con el fin de poder contar con el equipo cuando se requiera llevar a cabo alguna evaluación.
- En caso de no contar con el equipo para medición de ruido, solicitar a instituciones especializadas en la evaluación de agentes físicos, realizar las evaluaciones para el monitoreo de la exposición a ruido con el fin de evitar retrasos en este tipo de evaluaciones.
- Realizar una evaluación sobre la emisión de ruido al ambiente el cual es provocado por las labores y maquinaria que se encuentran en la sub área de Fetting con el fin de identificar si sobre pasa los límites establecidos para el ruido ambiental.
- Llevar a cabo una revisión periódica (cada 3 meses) de las condiciones que presentan los encerramientos con el fin de verificar y asegurar su buen funcionamiento.
- Actualizar los procedimientos de trabajo propuestos de acuerdo a las variaciones que se den en los procesos con el fin de que se ajusten adecuadamente a las necesidades requeridas por el mismo.
- Realizar la evaluación de fuente con las demás máquinas apagadas esto con el fin de poder comparar estas con las mediciones de NPS tomadas durante el funcionamiento de todos los equipos y así identificar el aporte que da la maquinaria al ruido presente en el área.
- Incluir dentro del proceso de ingreso para laborar en la empresa, una serie de exámenes pre empleo como otoscopia, acuametrías y audiometrías que evalúen la capacidad auditiva del colaborador con el propósito de llevar un control sobre la salud auditiva del mismo e identificar posibles lesiones.
- Realizar evaluaciones del ruido provocado por el uso de pistolas con aire comprimido en otras áreas de la planta esto con el fin de verificar las condiciones de exposición de otros colaboradores a ruido.

- Efectuar un procedimiento para bloqueo y etiquetado de energías peligrosas en maquinaria y equipos que permite realizar labores de mantenimiento de manera segura.
- Evaluar los riesgos ergonómicos presentados en las labores de colocación de piezas en la máquina vibradora (peso de la pieza, altura del puesto de trabajo) con el fin identificar factores de riesgo que conlleven a lesiones músculo esqueléticas en los miembros superiores de los colaboradores.

Apéndices del programa de conservación auditiva.

	Lugar de aplicación:	Fecha de aplicación:
	Encuesta Higiénica	Hora de inicio:
		Hora de finalización:

Apéndice 1

Encuesta Higiénica

Datos Generales

Nombre del área: _____

Cantidad de trabajadores: _____

Tipo de proceso desarrollado:

Materia prima utilizada: _____

Cantidad de maquinaria: _____

Naturaleza del Trabajo

Turnos de trabajo: _____

Número de trabajadores por turno: _____

Cantidad de mediciones de ruido previas: _____

Sectores con mayor presencia de ruido:

Sector crítico del área: _____

Procesos que generan mayor cantidad de ruido:

Máquinas que generan ruido:

Rotación del personal: a. Mucha b. poca c. ninguna

Cantidad de incapacidades por ruido al mes: _____

Cantidad de ausencias por molestias auditivas al mes: _____

Cantidad de accidentes reportados en el área: _____

Tipo de accidentes reportados en el área:

Enfermedades más comunes que presentan los trabajadores:

Especificaciones del área de trabajo

Materiales de construcción:

- Paredes: _____
- Techo: _____
- Piso: _____

Materiales de aislamiento acústico

presentes: _____

Presencia de medidas para control de ruido: _____

Cantidad de ventanas o aberturas en el lugar: _____

Tipo de aberturas en el lugar: _____

Croquis del área

Características del ruido en el área

Característica	Si	No	Observaciones
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 puede sobresaltar al trabajador			
Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente			
Existe algún tono o frecuencia del ruido predominante			

Equipo de Protección personal

Tipo de equipo de protección personal utilizado:

Revisión y mantenimiento del equipo: _____

Frecuencia de uso del equipo por parte del personal: _____

Se brinda capacitación al personal sobre el epp y qué tipo: _____

Apéndice 2

Entrevista a trabajadores evaluados

Datos Generales

Nombre del colaborador: _____

Edad: _____

Cantidad de años laborados en la empresa: _____

Puesto que desempeña: _____

Tipo de trabajos anteriores:

¿Padece de alguna enfermedad? ¿Qué tipo?

Características de las tareas realizadas

Descripción de las tareas que realiza:

Implicaciones que conlleva el trabajo (alto nivel de atención, complejidad):

La tarea desarrollada exige una discriminación auditiva (reconocimiento de sonidos, conversaciones directas):

Qué tan a menudo realiza estas tareas:

Es rotado frecuentemente de su puesto: _____

Si es rotado, que otro tipo de trabajo realiza: _____

Tipo de ruido que se produce por tareas que realiza el colaborador:

Fuentes de ruido más importantes en el área de trabajo:

El lugar donde asiste en los tiempos de descanso posee presencia de ruido:

Percepción del ruido

1. ¿Considera que hay ruido en el área? _____

2. Tipo de molestia que genera el ruido:

Mucha____ Bastante____ Regular____ Poca____ Nada____

3. Momento de la jornada laboral en que es más molesto el ruido:

Siempre____ Más de media jornada____ Entre la media y la cuarta parte de la
jornada____ Menos de la cuarta parte____ Nunca____

4. Fuentes de ruido más molestas para el trabajador:

Ruido externo____ Ruido procedente de personas: ____ Ruido de las
máquinas____ Ruido por labores hechas (limpieza de máquinas) ____

Interferencia de la comunicación

Característica	Clasificación				
	Mucho	Bastante	Regular	Poco	Nada
Es necesario levantar el tono de voz para comunicarse con el compañero					
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					
Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas o indicaciones de emergencia					

Capacitación y equipo de protección personal

Cantidad de riesgos que conoce sobre la exposición a ruido:

Enfermedades causadas por la exposición a ruido:

Frecuencia de uso del equipo de protección personal:

Mantenimiento brindado al equipo de protección personal:

Conocimiento sobre el uso del equipo de protección personal _____

Capacitación brindada por la empresa sobre la exposición a ruido y el uso del equipo de protección personal: _____

Índice de severidad del Tinnitus

Característica	Nunca	Raramente	A veces	Habitualmente	Siempre
¿Le hace irritable?	1	2	3	4	5
Se siente cansado?	1	2	3	4	5
No le deja relajarse?	1	2	3	4	5
No está cómodo en una habitación	1	2	3	4	5

silenciosa?					
Le hace difícil concentrarse?	1	2	3	4	5
No le permite estar a gusto con otras personas?	1	2	3	4	5
Interfiere con sus obligaciones diarias: trabajo,.. ?	1	2	3	4	5
Interfiere con sus actividades sociales u otras cosas que hace en sus ratos libres?	1	2	3	4	5
Interfiere con todas las actividades gratificantes que hace durante el día?	1	2	3	4	5
Interfiere con el sueño?	1	2	3	4	5
Con que frecuencia tiene dificultad para ignorarlo?	1	2	3	4	5

Apéndice 3

	Lugar de aplicación:	Fecha de aplicación:
	Cuestionario de signos y síntomas	Hora de inicio:
		Hora de finalización:

Cuestionario de Signos y Síntomas

1. Presenta dolor en el oído al finalizar su jornada laboral

Si_____ No_____

2. Escucha algún ruido en el oído cuando finaliza la jornada laboral

Si_____ No_____

3. En su familia hay personas que hayan perdido la audición

Si_____ No_____

4. Considero que escucho bien:

Totalmente de acuerdo:___ De acuerdo___ En desacuerdo___ Totalmente en desacuerdo: _____

5. Qué tipo de molestia le genera el ruido:

Mucha_____ Bastante_____ Regular_____ Poco_____ Nada_____

6. Una vez finalizada la jornada laboral siente algún tipo de molestia:_____

7. En la noche siente:

Dificultad para dormir_____ Sueño Interrumpido_____

8. Cómo cataloga su capacidad auditiva desde que trabaja en esta empresa:

Ha disminuido_____ Se mantiene igual_____

9. Fuera de su lugar de trabajo necesita que le hablen fuerte para escuchar bien:

Si _____ No _____

10. Clasifique los siguientes padecimientos

Síntoma	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
Dolor de cabeza					
Nauseas					
Infecciones de oído					
Ansiedad					
Irritabilidad					
Insomnio					
Zumbidos					
Ruido agudo en el oído					
Vértigo					
Hipertensión					

Apéndice 4

R40-EHS Matriz de registro de mediciones para evaluación de mapa de ruido.

		Lugar de aplicación:					Fecha de aplicación:											
		Mapa de ruido					Hora de inicio:											
							Hora de finalización:											
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Cuadrante	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		

Apéndice 5

Fórmula para el cálculo del promedio de NPS por cuadrante

$$L_p = 20 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_p}{20}} \right)$$

Apéndice 7

Cálculo de la constante del local del área de Vibros en Fetting.

Cuadro 1. Capacidad de absorción del ruido del área de vibros en Fetting

Características del área			Coeficiente de absorción acústica de los materiales por Frecuencia (Hz)					
Superficie	Material	Área m^2	125	250	500	1000	2000	4000
Paredes parte inferior	Hormigón pintado	36.67	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
			$A^* \alpha$					
			0.37	0.37	0.37	0.73	0.73	0.73
Paredes parte superior	Malla	19.59	1	1	1	1	1	1
			$A^* \alpha$					
			19.59	19.59	19.59	19.59	19.59	19.59
Piso	Concreto	31.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
			$A^* \alpha$					
			0.31	0.31	0.31	0.62	0.62	0.62
Techo	Metal	31.04	0.1	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04
			$A^* \alpha$					
			3.10	2.17	1.55	1.24	1.24	1.24
Rejilla de ventilación	Metal	4.32	0.50	0.50	0.40	0.35	0.30	0.25
			$A^* \alpha$					
			2.16	2.16	1.73	1.51	1.29	1.08
Sumatoria de áreas		122.66	Suma de $A^* \alpha$ para cada frecuencia					
			25.53	23.55	23.55	26.69	23.47	23.26

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α_m	0.20	0.19	0.19	0.22	0.19	0.19
R	30.66	28.77	28.77	34.59	28.77	28.77

Fuente: Vargas, M. (2014).

Apéndice 8.

Cálculo de la constante del local del encerramiento para el extractor de polvos.

Cuadro 2. Capacidad de absorción del ruido del encerramiento para el extractor de polvos.

Características del área			Coeficiente de absorción acústica de los materiales por Frecuencia (Hz)					
Superficie	Material	Área m^2	125	250	500	1000	2000	4000
Paredes	Lana de roca machimbrado de 10 cm	26.47	0.07	0.23	0.48	0.8	0.9	0.95
			$A^* \alpha$					
			1.8	6.1	12.7	21.1	23.8	25.1
Paredes	Concreto	4.86	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
			$A^* \alpha$					
			0.04	0.04	0.09	0.09	0.09	0.09
Piso	Concreto	6.53	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
			$A^* \alpha$					
			0.04	0.04	0.09	0.09	0.09	0.09
Techo	Lana de roca machimbrado de 10 cm	6.53	0.07	0.23	0.48	0.8	0.9	0.95
			$A^* \alpha$					
			0.5	1.5	3.1	5.2	5.9	6.2
Sumatoria de áreas		44.39	Suma de $A^* \alpha$ para cada frecuencia					
			2.38	7.68	15.9	27.18	29.8	31.5

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α_m	0.05	0.17	0.35	0.61	0.67	0.70
R	2.34	9.09	23.9	69.4	90.1	103.5

Fuente: Vargas, M. (2014).

Apéndice 9.

Distribución de maquinaria en el área de Vibros.



Fuente: Vargas, M. (2014).

Apéndice 10

Ingreso de material a pulir en la máquina vibradora.



Fuente: Vargas, M. (2014).

Apéndice 11.

Cálculo de la constante del local del encerramiento para la máquina vibradora.

Cuadro 3. Capacidad de absorción del ruido del encerramiento para la máquina vibradora

Características del área			Coeficiente de absorción acústica de los materiales por Frecuencia (Hz)					
Superficie	Material	Área m^2	125	250	500	1000	2000	4000
Paredes inferiores	Acrílico ½ pulg	4.98	0.01	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
			$A^* \alpha$					
			0.05	0.19	0.39	0.59	0.15	0.49
Paredes superiores	Acrílico ½ pulg	2.67	0.01	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
			$A^* \alpha$					
			0.03	0.19	0.39	0.59	0.15	0.49
Piso	Concreto	1.55	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
			$A^* \alpha$					
			0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
Sumatoria de áreas		9.2	Suma de $A^* \alpha$ para cada frecuencia					
			0.12	0.4	0.8	1.21	0.33	1.01

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α_m	0.01	0.04	0.08	0.13	0.04	0.11
R	0.09	0.38	0.8	1.37	0.38	1.14

Fuente: Vargas, M. (2014).

Apéndice 12.

R42-EHS Matriz de registro para evaluación de estado de la señalización.

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE	
Registro para evaluación de señalización		Código:	
		Fecha de Emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:	Versión	
		Página	
Lugar		Hora de Inicio	
Fecha		Hora de Finalización	
Rubro a evaluar		Si	No
Se mantiene colocada la señal en el lugar correspondiente.			
La señal se encuentra libre de suciedad que impida leer la información que contiene.			
La señal se encuentra ubicada a una altura visible para las personas.			
La información que contiene la señal es legible.			
La señal no tiene fisuras o partes fragmentadas.			
Observaciones Adicionales.			

Apéndice 13.

R43-EHS Matriz de registro para revisión de elementos del sistema para regulación de presión del aire comprimido.

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE	
Registro para evaluación del sistema de regulación de presión para aire comprimido.		Código:	
		Fecha de Emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:	Versión	
		Página	
Lugar		Hora de Inicio	
Fecha		Hora de Finalización	
Rubro a evaluar		Si	No
La manguera se encuentra libre de fisuras a lo largo o en los extremos.			
La manguera no posee desgaste en alguna de sus partes.			
Los acoples están libres de fisuras o desgaste.			
Los manómetros se encuentran en buen estado.			
Las unidades de mantenimiento se encuentran libres de grasa o suciedad.			
El filtro no cuenta con desgastes.			
Se realiza la purga de la unidad cada mes			
Se realiza la lubricación del sistema.			
Observaciones Adicionales			

Apéndice 14.

R44-EHS Matriz de registro para revisión de orden y limpieza en el área.

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE	
Registro para evaluación de orden y limpieza.		Código:	
		Fecha de Emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:	Versión	
		Página	
Lugar		Hora de Inicio	
Fecha		Hora de Finalización	
Rubro a evaluar		Si	No
Las zonas de paso se encuentran libres de obstáculos.			
Las máquinas no poseen sobre ellas objetos que puedan generar caídas sobre personas, daños a los equipos y/o instalaciones.			
El extintor presente en el lugar se mantiene despejado y libre de material que impida su uso.			
El área se encuentra libre de la presencia de derrames de líquido en el piso.			
Las herramientas se mantienen almacenadas una vez que se han desocupado.			
La materia prima es colocada en los racks destinados para su ubicación.			
Los pasillos se encuentran debidamente señalizados con las franjas amarillas			
El material desechado es recolectado en el basurero.			
Observaciones Adicionales			

Apéndice 15

Lista para selección de equipo de protección auditiva.

	Área:		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE
	Tarea desarrollada:		
Características del ruido	Si	No	
Ruido continuo			Nivel: _____ dB(A).
Ruido intermitente			Nivel: _____ dB(A).
Ruido de impacto			Nivel: _____ dB(A).
Ruido grave			
Ruido agudo			
Posibilidad de conversar a 3m			
Posibilidad de conversar a 1m.			
Percepción del habla y señales sonoras.			
Necesidad de percibir señales sonoras de peligro.			
Señales orales de emergencia.			
Otras informaciones acústicas			
Necesidad de comunicarse verbalmente con otros.			
Otros datos			
Duración diaria de la exposición al ruido en			

la jornada de trabajo.	
Nivel actual de exposición a ruido ambiental	
Nivel actual personal de exposición a ruido	
Análisis por frecuencia del nivel de ruido actual	
Equipo que utiliza actualmente el colaborador	
Factor de atenuación del equipo (NRR)	
Posibles factores de atenuación del equipo (NRR) requerido	

Apéndice 17.

Registro para comunicación interna y externa con el personal.

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE		
Comunicación Interna & Externa			Código:	R9-EHS
			Fecha de Emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:		Versión:	0
			Página:	1 de 1
Lugar:		Hora de inicio:		Consecutivo:
Fecha:		Hora de finalización:		
1. Seleccione el tipo de actividad por la cual se elabora este registro:				
<input type="checkbox"/>	Comunicación Interna: actividades desarrolladas dentro de las instalaciones de la organización con el personal o visitantes.	<input type="checkbox"/>	Comunicación Externa: actividades desarrolladas fuera de la organización, vinculadas con otras instituciones o personas externas.	
2. Objetivo de la actividad:				
3. Lista de Asistencia (en caso necesario, utilice el dorso de la hoja)				
Nombre	Ocupación / Organización		Firma	

Apéndice 18

Evaluación de la capacitación brindada

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE	
Evaluación de Capacitación		Código:	
		Fecha de emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:	Versión:	
		Página:	
Lugar:	Hora de inicio:		Consecutivo:
Fecha:	Hora de finalización:		
Rubro a evaluar		Si	No
Sobre el contenido			
La cantidad de temas impartidos se adecua al tiempo destinado para los mismos.			
Los medios audiovisuales facilitan la comprensión del tema impartido.			
El lugar donde se brinda la capacitación es adecuado para recibirla.			
Los temas presentados son de interés y fácil comprensión para el colaborador.			
Considera que los temas impartidos aportan nuevos conocimientos a su aprendizaje.			
Los temas impartidos son aplicables a sus labores de trabajo.			
Se hizo de ejemplos o dinámicas que facilitan la comprensión del tema.			
Sobre el capacitador			
Utiliza un tono de voz y posturas adecuadas a la hora de exponer.			
Presenta un buen dominio del tema que imparte.			
Atiende comentarios o dudas durante y al finalizar			

la capacitación.		
Es puntual para iniciar y finalizar la capacitación según el tiempo destinado.		
Favor indicar otros temas podrían incluirse en el programa de capacitación: <hr/> <hr/>		

Apéndice 19

Lista de verificación para metodologías de evaluación de la exposición a ruido.

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE	
Evaluación de metodologías de evaluación de exposición a ruido.		Código:	
		Fecha de emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:	Versión:	
		Página:	
Lugar:	Hora de inicio:		Consecutivo:
Fecha:	Hora de finalización:		
Rubro a evaluar		Si	No
Se realizaron las mediciones de ruido ambiental en la totalidad del área de Machine Shop.			
Se llevaron a cabo las dosimetrías en los colaboradores el área de Machine Shop.			
Se evaluó al menos el 75% de la jornada de trabajo en las dosimetrías.			
Se efectuó la evaluación de fuentes en CNC y en Fettling.			
Se siguieron los procedimientos establecidos para realizar las mediciones.			
Los instrumentos utilizados para llevar a cabo las mediciones cuentan con la calibración anual.			
Se agregan a la documentación las evaluaciones realizadas.			
Las evaluaciones se ajustan a cambios en los procesos o en el área.			
Se realizan evaluaciones cuando se llevan a cabo cambios en procesos, ingreso de maquinaria nueva o modificaciones en la maquinaria actual.			
Los resultados obtenidos son tomados en cuenta para futuras modificaciones en labores, el área o			

reubicación de colaboradores.		
Atiende comentarios o dudas durante y al finalizar la capacitación.		
Es puntual para iniciar y finalizar la capacitación según el tiempo destinado.		
Observaciones adicionales:		

Apéndice 20

Lista de verificación para evaluación de controles técnicos y administrativos

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE	
Evaluación de Controles Técnicos y Administrativos.		Código:	
		Fecha de emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:	Versión:	
		Página:	
Lugar:	Hora de inicio:		Consecutivo:
Fecha:	Hora de finalización:		
Rubro a evaluar		Si	No
Todas las medidas propuestas están destinadas al control de ruido en el área.			
Se tiene como una de las prioridades en el área el control de ruido.			
Se implementaron los controles técnicos propuestos en el programa de conservación auditiva.			
Los controles técnicos se llevaron a cabo con la metodología propuesta y los materiales indicados.			
Se cuenta con un programa de mantenimiento que asegure el buen funcionamiento de los controles técnicos propuestos.			
Se revisan los planes para control de ruido al menos 1 vez al mes.			
Se toma en cuenta en la maquinaria a implementar, el nivel de ruido generado por los equipos cuando.			
Se implementaron los controles administrativos propuestos.			
Se desarrollan adecuadamente los procedimientos de trabajo propuestos.			
Se actualizan los procedimientos de trabajo en caso de que haya variaciones en los procesos.			

Apéndice 21.

Lista de verificación el apartado para el equipo de protección auditiva

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE	
Evaluación para apartado del equipo de protección auditiva		Código:	
		Fecha de emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:	Versión:	
		Página:	
Lugar:	Hora de inicio:		Consecutivo:
Fecha:	Hora de finalización:		
Rubro a evaluar		Si	No
El equipo se selecciona de acuerdo a los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas.			
El equipo propuesto posee la atenuación adecuada.			
Se toma en cuenta el confort de los colaboradores para la escogencia del equipo de protección auditiva.			
El procedimiento para uso de equipo de protección auditiva se actualiza si se va a utilizar equipo nuevo.			
Los encargados de seguridad ocupacional realizan inspecciones periódicas al equipo de protección auditiva para verificar su estado y si es necesario cambiarlo.			
Los colaboradores cumplen con el procedimiento establecido para uso y mantenimiento del equipo de protección personal.			
Los colaboradores conocen los requisitos de higiene necesarios para la utilización del equipo de protección personal.			
Observaciones adicionales:			

Apéndice 22

Lista de verificación para el apartado de capacitación y motivación

		SISTEMA DE GESTION DE SALUD, SEGURIDAD OCUPACIONAL & AMBIENTE	
Evaluación para apartado de capacitación y motivación.		Código:	
		Fecha de emisión:	
Realizado por:	Aprobado por:	Versión:	
		Página:	
Lugar:	Hora de inicio:		Consecutivo:
Fecha:	Hora de finalización:		
Rubro a evaluar		Si	No
Las capacitaciones se imparten como mínimo 1 vez al año.			
Los temas impartidos se ajustan a la necesidad de capacitación de los colaboradores.			
Se incluyen nuevos temas de capacitación una vez que termina el ciclo anterior de capacitación.			
El tiempo destinado para las capacitaciones es adecuado.			
Los instructores poseen un adecuado dominio del tema.			
Se realiza una revisión de los temas impartidos cada vez que se presentan cambios en los procesos o el área.			
Se lleva un control bimestral de la asistencia a las capacitaciones.			
Se utilizan recursos audiovisuales, didácticos y electrónicos para transmitir la información en las capacitaciones.			
Observaciones adicionales:			

Bibliografía

- Abrasive engineering and manufacturing. (1995). Manual de uso para la lijadora de banda vertical. Consultado el día 18 de Agosto del 2014. Disponible en: http://www.sterlingmachinery.com/db-files/45646200_1279641405.pdf
- Álvarez, T. (2010). Aspectos ergonómicos del ruido: Evaluación. Consultado el día 1 de Setiembre del 2014. Disponible en: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>
- Ardiles, G. (2013). Programa de Conservación Auditiva. Guía de implementación. Lima, Perú: Editorial Cromagraf EIRL.
- Bartual, J. (1990). Nota Técnica de Prevención 244: Criterios de Valoración en Higiene Industrial. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Bestraten, M. (2001). Norma Técnica de Prevención 594: La gestión integral de los accidentes del trabajo (III): costes de los accidentes. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_594.pdf
- Bovea, M. (2013). Manual de Seguridad e Higiene Industrial para la formación en ingeniería. España: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- Chávez J. 2006. Ruido: Efectos sobre la salud y Criterio de su Evaluación al Interior de Recintos. Recopilado el 14 de Agosto del 2014. Disponible en: https://www.seguroscaracas.com/paginas/biblioteca_digital/PDF/1/Documentos/Lesiones/Ruido_efectos%20sobre%20la%20salud%20y%20criterio%20d%20su%20evaluaci%C3%B3n%20al%20interior%20de%20recintos.pdf
- Céspedes, M. (2010). Tesis: Diseño de un difusor acústico. Recopilado el día 13 de Setiembre del 2013. Disponible en: http://www.arauacustica.com/files/publicaciones_relacionados/pdf_esp_237.pdf
- Chinchilla, R. (2002). Salud y Seguridad en el Trabajo. Costa Rica: Editorial UNED.
- Dirección nacional de capital humano y salud ocupacional. (2012). Guía para la elaboración de Programas de capacitación de los trabajadores de Salud. Recopilado del día 19 de Setiembre del 2014). Disponible en:

http://www.msal.gov.ar/observatorio/images/stories/documentos_institucional/materiales-didacticos/GuiaElabProgCapacServTrabSalud-27-06-2013.pdf

- Exair. (2014). Manufacturing Intelligent Compressed Air. Catalogue. Disponible en: <http://www.exair.com/en-us/Pages/default.aspx>
- Fernández, R. (2008). Manual de prevención de riesgos laborales para no iniciados. España: Editorial Club Universitario.
- Figuerola, N. (2011). Matriz de asignación de responsabilidades. Recopilado el día 2 de Mayo del 2014. Disponible en: <http://articulospm.files.wordpress.com/2012/07/matriz-de-asignacion-de-responsabilidades1.pdf>
- Floría, P. (1999). La prevención del ruido en la empresa. España: Fundación Cofemental.
- FREMAP. Riesgos y recomendaciones básicas de seguridad para el manejo de equipos neumáticos portátiles. Recopilado el día 23 de Setiembre del 2013. Disponible en: <http://www.fremap.es/SiteCollectionDocuments/BuenasPracticasPrevencion/Tripticos/ME.TRI.034.pdf>
- Gil, A. (1992). Nota Técnica de Prevención 270: Evaluación de la Exposición a Ruido. Determinación de niveles representativos. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Giménez de Paz, J. (2007). Ruido: para los posgrados de higiene y seguridad industrial. Argentina: Editorial Nobuko.
- González, A. (2006). Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales. 5° Edición. Madrid, España: Fundación Cofemental.
- Hansen, C. (s.f). Control Ingenieril de Ruido. Universidad de Adelaide, Australia. Consultado el día 16 de Marzo del 2014. Disponible en: http://www.who.int/occupational_health/publications/noise10.pdf
- Howard Leight. (2013). Guía de selección del producto. Recopilado el día 11 de Setiembre del 2014. Disponible en: http://www.howardleight.com/images/pdf/0000/0378/HLI101MX_Howard_Leight_Product_Selection_Guide.pdf

- Instituto de Normas Técnica de Costa Rica. (2000). INTE 31-09-16-00: Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. San José, Costa Rica: Editorial INTECO.
- Instituto de Salud Pública. (2012). Guía preventiva para los trabajadores expuestos a ruido. Recopilado el día 1 de Octubre del 2013. Disponible en: http://www.ispch.cl/sites/default/files/u5/Guia_Preventiva.pdf
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2012). Enciclopedia de Seguridad y Salud en el trabajo. España.
- Kaeser Compresores. (2012). Catálogo Compresores de Tornillo serie ASD. Recopilado el día 20 de Setiembre del 2014. Disponible en: <http://mx.kaeser.com/Images/P-651-2-MX-tcm57-6767.pdf>
- Krar, S. (2009). Tecnología de las máquinas herramienta. 6° Edición. Mexico: Editorial Alfaomega. S.A.
- MAD. (2003). Prevención de riesgos laborales en Ondoestomatología. Sevilla, España: Editorial Eduforma.
- Mancera, M. (2012). Seguridad e Higiene Industrial: gestión de riesgos. Mexico: Editorial Alfaomega.
- Marín, M. (2004). Fundamentos de Salud Ocupacional. Colombia: Editorial Universidad de Caldas.
- Maqueda, J. (2010). Efectos extra-auditivos del ruido, salud, calidad de vida y rendimiento en el trabajo; actuación en vigilancia de la salud. Consultado el día 25 de Agosto del 2014. Disponible en: http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-publicaciones-isciii/fd-documentos/Efectos_extra_auditivos_del_ruido.pdf
- Méndez. F. (2008). Formación Superior en Prevención de Riesgos Laborales. 3° Edición. Valladolid, España: Editorial Lex Nova.
- Ministerio de Salud Pública de Costa Rica, (1979). Reglamento para el Control de ruido y Vibraciones. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional, Gaceta.
- Ministerio de Salud de Perú. (2012). Documento técnico: protocolo de exámenes médicos ocupacionales y guías de diagnóstico de los exámenes obligatorios por actividad. Recopilado el día 9 de Octubre del 2014. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/PROTOCOLOS-DE-EXAMENES-MEDICOS-OCUPACIONALES-2.pdf

- NIOSH, National Institute Safety and Health, (1999). A Practical Guide to Preventing Hearing Loss, Publication No. 96-110. Consultado el día 23 de Abril del 2014. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/96-110/pdfs/96-110.pdf>
- Occupational Safety and Health Administration, (2001). Artículo: Exposición a ruido en el trabajo. Consultado el día 21 de Abril del 2014. Disponible en <https://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/index.html>
- Occupational Safety and Health Administration. (2013). Boletín para la industria en General. Recopilado el día 9 de Setiembre del 2014. Disponible en: <https://www.osha.gov/Publications/OSHA3573.pdf>
- Occupational Safety and Health Administration. (1995). Guía 3074: Conservación Auditiva. Consultado el día 25 de Abril del 2014. Disponible en: http://www.aikentraining.net/atac_osha/osha3074.htm
- Occupational Safety and Health Administration. (1996). Monitoring noise levels non-mandatory informational appendix. Consultado el día 16 de Abril del 2014. Disponible en: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARD_S&p_id=9742
- Occupational Safety and Health Administration. Normas de seguridad y salud ocupacional. Recopilado el día 23 de Setiembre del 2014. Disponible en: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARD_S&p_id=9849
- Occupational Safety and Health Administration. (2012). Reducción de riesgos y control. Recopilado el día 10 de Setiembre del 2014. Disponible en: https://www.osha.gov/dts/osta/otm/new_noise/hazard.pdf
- Ochoa, J. (2009). Medida y Control de Ruido. Barcelona, España: Editorial Marcombo.
- Oliva, J. (2005). Artículo: Pérdidas de productividad laboral ocasionadas por los tumores en España. Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid. Consultado el 15 de Abril del 2014. Disponible en: <http://docubib.uc3m.es/WORKINGPAPERS/DE/de050402.pdf>
- Schmid, S. (2002). Manufactura, ingeniería y tecnología. 4° Edición. México: Pearson Educación.

- Tamboreo, J. (1992). Nota Técnica de Prevención 391: Herramientas manuales: condiciones generales de seguridad. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Universidad Austral de Chile. (s.f). Guía para la selección y control de protectores auditivos. Recopilado el día 9 de Setiembre del 2014. Disponible en: http://www.ispch.cl/salud_ocup/epp/epp/Guia%20de%20Seleccion%20EPA.%20ISP.%20Final.pdf
- Valle, F. (2003). Norma técnica de prevención 631: Riesgos en la utilización de equipos y herramientas portátiles, accionados por aire comprimido. Recopilado el día 24 de Setiembre del 2014. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_631.pdf

Apéndices Generales

Apéndice 1.

Cálculo del tamaño de muestra:

$$n = \frac{1.96^2 \times 1.5709^2}{1^2} = 10$$

Donde:

n : es el tamaño de la muestra

$\frac{z_{\alpha}}{2}$: valor obtenido de la curva normal, según la confiabilidad deseada (1 -), para este caso se utiliza un 95% de confiabilidad.

$\hat{\sigma}$: desviación estándar obtenida en la revisión de fuentes bibliográficas

d: diferencia máxima deseada para el intervalo (en el caso de ruido se asume 2 dB).

Apéndice 2

Matriz para Observación no participativa

	Lugar de aplicación:	Fecha de aplicación
	Guía de Observación no participativa	Hora de Inicio
		Hora de finalización
Suceso	Hora	Observaciones adicionales

Fuente: Vargas, M. 2014

Apéndice 3

Matriz para evaluación de fuente

	Lugar de aplicación:	Fecha de aplicación
	Tipo de máquina:	Hora de Inicio
		Hora de finalización
Punto	NPS dB(A)	Observaciones adicionales

Fuente: Vargas, M. 2014

Apéndice 5

Matriz de NPS en dB(A) en mapa de ruido

		Lugar de aplicación:					Fecha de aplicación:											
		Mapa de ruido					Hora de inicio:											
							Hora de finalización:											
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Cuadrante	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora	NPS	Hora
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		

Apéndice 6.

Encuesta Higiénica

	Lugar de aplicación:	Fecha de aplicación:
	Encuesta Higiénica	Hora de inicio:
		Hora de finalización:

Datos Generales

Nombre del área: _____

Cantidad de trabajadores: _____

Tipo de proceso desarrollado:

Materia prima utilizada: _____

Cantidad de maquinaria: _____

Naturaleza del Trabajo

Turnos de trabajo: _____

Número de trabajadores por turno: _____

Cantidad de mediciones de ruido previas: _____

Sectores con mayor presencia de ruido:

Sector crítico del área: _____

Procesos que generan mayor cantidad de ruido:

Máquinas que generan ruido:

Rotación del personal: a. Mucha b. poca c. ninguna

Cantidad de incapacidades por ruido al mes: _____

Cantidad de ausencias por molestias auditivas al mes: _____

Cantidad de accidentes reportados en el área: _____

Tipo de accidentes reportados en el área:

Enfermedades más comunes que presentan los trabajadores:

Especificaciones del área de trabajo

Materiales de construcción:

- Paredes: _____
- Techo: _____
- Piso: _____

Materiales de aislamiento acústico

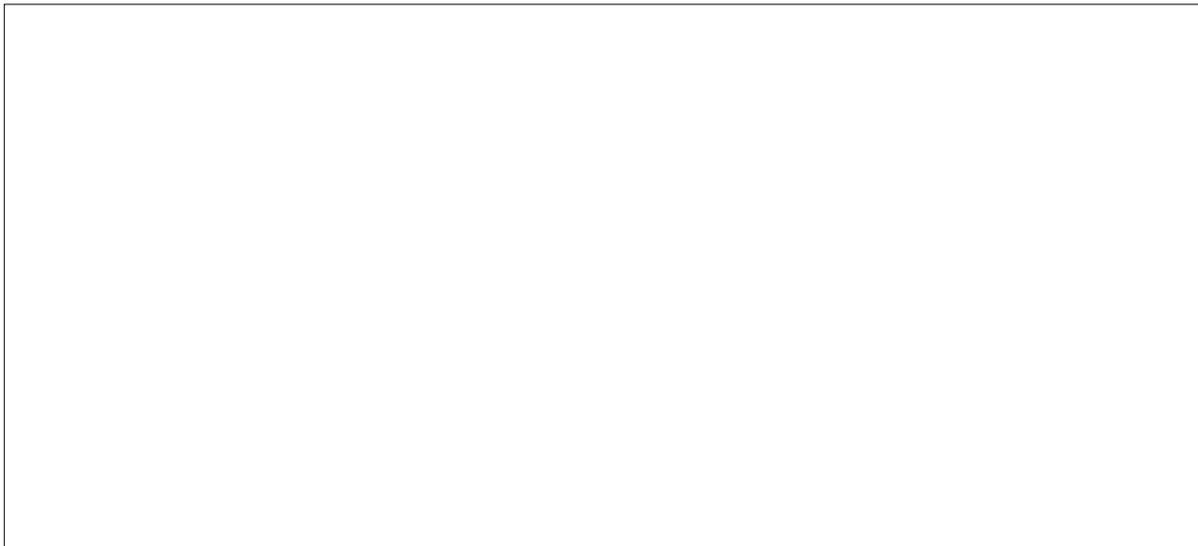
presentes: _____

Presencia de medidas para control de ruido: _____

Cantidad de ventanas o aberturas en el lugar: _____

Tipo de aberturas en el lugar: _____

Croquis del área



	Lugar de aplicación:	Fecha de aplicación:
	Entrevista	Hora de inicio:
		Hora de finalización:

Características del ruido en el área

Característica	Si	No	Observaciones
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 puede sobresaltar al trabajador			
Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente			
Existe algún tono o frecuencia del ruido predominante			

Equipo de Protección personal

Tipo de equipo de protección personal utilizado:

Revisión y mantenimiento del equipo: _____

Frecuencia de uso del equipo por parte del personal: _____

Se brinda capacitación al personal sobre el epp y qué tipo: _____

Apéndice 7

Entrevista a trabajadores evaluados

	Lugar de aplicación:	Fecha de aplicación:
	Entrevista	Hora de inicio:
		Hora de finalización:

Datos Generales

Nombre del colaborador: _____

Edad: _____

Cantidad de años laborados en la empresa: _____

Puesto que desempeña: _____

Tipo de trabajos anteriores:

¿Padece de alguna enfermedad? ¿Qué tipo?

Características de las tareas realizadas

Descripción de las tareas que realiza:

Implicaciones que conlleva el trabajo (alto nivel de atención, complejidad):

La tarea desarrollada exige una discriminación auditiva (reconocimiento de sonidos, conversaciones directas):

Qué tan a menudo realiza estas tareas:

Es rotado frecuentemente de su puesto: _____

Si es rotado, que otro tipo de trabajo realiza: _____

Tipo de ruido que se produce por tareas que realiza el colaborador:

Fuentes de ruido más importantes en el área de trabajo:

El lugar donde asiste en los tiempos de descanso posee presencia de ruido:

Percepción del ruido

5. ¿Considera que hay ruido en el área? _____

6. Tipo de molestia que genera el ruido:

Mucha_____ Bastante_____ Regular_____ Poca_____ Nada_____

7. Momento de la jornada laboral en que es más molesto el ruido:

Siempre_____ Más de media jornada_____ Entre la media y la cuarta parte de la
jornada_____ Menos de la cuarta parte_____ Nunca_____

8. Fuentes de ruido más molestas para el trabajador:

Ruido externo_____ Ruido procedente de personas: _____ Ruido de las
máquinas_____ Ruido por labores hechas (limpieza de máquinas) _____

Interferencia de la comunicación

Característica	Clasificación				
	Mucho	Bastante	Regular	Poco	Nada
Es necesario levantar el tono de voz para comunicarse con el compañero					
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					
Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas o indicaciones de emergencia					

Capacitación y equipo de protección personal

Cantidad de riesgos que conoce sobre la exposición a ruido:

Enfermedades causadas por la exposición a ruido:

Frecuencia de uso del equipo de protección personal:

Mantenimiento brindado al equipo de protección personal:

Conocimiento sobre el uso del equipo de protección personal _____

Capacitación brindada por la empresa sobre la exposición a ruido y el uso del equipo de protección personal: _____

Índice de severidad del Tinnitus

Característica	Nunca	Raramente	A veces	Habitualmente	Siempre
¿Le hace irritable?	1	2	3	4	5
Se siente cansado?	1	2	3	4	5
No le deja relajarse?	1	2	3	4	5

No está cómodo en una habitación silenciosa?	1	2	3	4	5
Le hace difícil concentrarse?	1	2	3	4	5
No le permite estar a gusto con otras personas?	1	2	3	4	5
Interfiere con sus obligaciones diarias: trabajo,.. ?	1	2	3	4	5
Interfiere con sus actividades sociales u otras cosas que hace en sus ratos libres?	1	2	3	4	5
Interfiere con todas las actividades gratificantes que hace durante el día?	1	2	3	4	5
Interfiere con el sueño?	1	2	3	4	5
Con que frecuencia tiene dificultad para ignorarlo?	1	2	3	4	5

Apéndice 8

Cuestionario de Signos y Síntomas

	Lugar de aplicación:	Fecha de aplicación:
	Cuestionario de signos y síntomas	Hora de inicio:
		Hora de finalización:

11. Presenta dolor en el oído al finalizar su jornada laboral

Si_____ No_____

12. Escucha algún ruido en el oído cuando finaliza la jornada laboral

Si_____ No_____

13. En su familia hay personas que hayan perdido la audición

Si_____ No_____

14. Considero que escucho bien:

Totalmente de acuerdo:____ De acuerdo____ En desacuerdo____ Totalmente en
desacuerdo: _____

15. Qué tipo de molestia le genera el ruido:

Mucha_____ Bastante_____ Regular_____ Poco_____ Nada_____

16. Una vez finalizada la jornada laboral siente algún tipo de
molestia:_____

17. En la noche siente:

Dificultad para dormir_____ Sueño Interrumpido_____

18. Cómo cataloga su capacidad auditiva desde que trabaja en esta empresa:

Ha disminuido_____ Se mantiene igual_____

19. Fuera de su lugar de trabajo necesita que le hablen fuerte para escuchar bien:

Si_____ No_____

20. Clasifique los siguientes padecimientos

Síntoma	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi nunca	Nunca
Dolor de cabeza					
Nauseas					
Infecciones de oído					
Ansiedad					
Irritabilidad					
Insomnio					
Zumbidos					
Ruido agudo en el oído					
Vértigo					
Hipertensión					

Apéndice 9.

Fórmula para el cálculo del promedio logarítmico.

$$L_p = 20 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{p_i}}{20}} \right)$$

Apéndice 10.

Promedio de NPS por cuadrante

Cuadro 12. Promedio de NPS por cuadrante

Cuadrante	Promedio de NPS
1	76.89
2	76.22
3	74.97
4	73.4
5	78.9
6	71.19
7	72.8
8	72.1
9	74.38
10	74.08
11	71.9
12	76.2
13	74.8
14	76.20
15	75.87
16	76.6
17	78.0
18	79.02
19	77.13
20	74.99
21	76.5
22	78.95
23	79.76
24	75.14
25	74.08
26	74.8
27	72.41
28	76.3
29	75.3
30	77.42
31	83.67
32	88.41
33	90.32

Fuente: Vargas, M. (2014).

Apéndice 11

Niveles de presión sonora por frecuencia determinados en la evaluación de fuentes.

Máquina	Frecuencia (Hz)								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
FMC	64.1	74.4	76.6	77.5	76.9	75.8	72.6	68.5	64.5
NH 4000	76.7	83.6	75.0	70.8	70.3	69.9	67.5	63.9	62.9
HX 4000	76.8	76.4	75.7	82.4	74.5	68.4	66.8	64.9	62.8
Fadal 1 y 2	75.1	83.0	77.2	73.7	70.5	69.5	68.0	66.4	65.7
MB 4000	75.9	80.1	79.6	75.4	70.2	69.5	68.9	65.7	63.7
L250	78.4	83.3	78.1	80.0	72.3	69.7	67.5	65.1	61.7
K 16	74.7	83.1	73.7	74.4	72.3	71.6	68.1	66.7	66.0
Extractor de polvos	81.0	88.4	89.0	90.4	89.6	85.3	85.4	82.2	76.7
Vibradora	71.9	79.4	81.8	82.6	79.8	80.6	83.9	86.9	88.7

Apéndice 12.

Evaluación de la atenuación de los Tapones 3M

Cuadro 13. Evaluación de la atenuación de los tapones 3M

Frecuencia en bandas de octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
I- Nivel Presión Acústica dB	70.9	68.5	68.4	74.7	78.5	81.7	84.3	
II- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
III- Nivel recibido en dB(A) (I-II)	54.9	59.5	65.4	74.7	79.5	82.7	83.3	Suma logarítmica a 87.1
IV- Valor promedio atenuación del protector auditivo en dB	28.5	30.0	32.9	33.5	34.9	41.9	44.6	
V- Desviación estándar (x 2)	9.4	9.2	9.2	8	3.6	5.1	4.1	
VI- Nivel recibido con protector debidamente colocado en dB (I-IV más V)	51.8	47.7	44.7	49.2	47.2	44.9	43.8	
VII- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
VIII- Nivel de presión acústica protegido en dB(A) (VI- VII)	35.8	38.7	41.7	49.2	48.2	45.9	42.8	Suma logarítmica a 53.67
IX- Reducción calculada dB(A) SumaIII-SumaVIII	X	X	X	X	X	X	X	33.4

Fuente: OSHA

Apéndice 13.

Evaluación de la atenuación de las orejeras Howard Leight Thunder modelo T3 (para los NPS presentes en el cuadrante 31 y 32).

Cuadro 14. Evaluación de las orejeras orejeras Howard Leight Thunder modelo T3

Frecuencia en bandas de octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
I- Nivel Presión Acústica dB	73.6	78.5	78.9	79.3	80.0	88.5	93.5	
II- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
III- Nivel recibido en dB(A) (I-II)	57.6	69.5	75.9	79.3	81	89.5	92.5	Suma logarítmica: 94.6
IV-Valor promedio atenuación del protector auditivo en dB	24.7	29.8	35.5	38.5	37.9	39.6	42.3	
V- Desviación estándar (x 2)	5.6	5.4	5.6	6	5	4.8	4.8	
VI- Nivel recibido con protector debidamente colocado en dB (I-IV más V)	54.5	54.1	49	46.3	47.1	53.7	56	
VII- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
VIII- Nivel de presión acústica protegido en dB(A) (VI- VII)	38.5	45.1	46	46.3	48.1	54.7	55	Suma logarítmica 59.01
IX- Reducción calculada dB(A) SumaIII-SumaVIII	X	X	X	X	X	X	X	35.6

Fuente: OSHA

Apéndice 14

Evaluación de la atenuación de las orejeras Howard Leight Thunder T3 (para los NPS presentes en el cuadrante 33).

Cuadro 15. Evaluación de las orejeras orejeras Howard Leight Thunder modelo T3

Frecuencia en bandas de octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
I- Nivel Presión Acústica dB	86.6	86.3	85.8	85.1	88.0	91.6	93.1	
II- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
III- Nivel recibido en dB(A) (I-II)	70.6	77.3	82.8	85.1	89.0	92.6	92.1	Suma logarítmica a 96.8
IV- Valor promedio atenuación del protector auditivo en dB	24.7	29.8	35.5	38.5	37.9	39.6	42.3	
V- Desviación estándar (x 2)	5.6	5.4	5.6	6	5	4.8	4.8	
VI- Nivel recibido con protector debidamente colocado en dB (I-IV más V)	67.5	61.9	55.9	52.6	55.1	56.8	55.6	
VII- Ponderación de ajuste	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
VIII- Nivel de presión acústica protegido en dB(A) (VI- VII)	51.5	52.9	52.9	52.6	56.1	57.8	54.6	Suma logarítmica a 63.04
IX- Reducción calculada dB(A) SumaIII-SumaVIII	X	X	X	X	X	X	X	33.76

Fuente: OSHA

Apéndice 15

Presupuesto del Proyecto

Cuadro 16. Presupuesto de aporte al estudiante

Concepto	Valor aproximado en colones
Transporte (4 veces a la semana, durante 13 semanas)	26000
Alimentación durante las visitas a la empresa	90000
Impresión de los avances y documento final	20000
Papelería y fotocopias	3000
Total	139000

Fuente: Vargas, M. 2014

Apéndice 16

Matriz de riesgos del proyecto

Figura 1. Matriz de riesgos del Proyecto.

VALORACIÓN DEL RIESGO					
Riesgo	Fuentes de Riesgo	Impacto	Probabilidad	Resultado	Planes de acción
Condiciones climáticas	Presencia de lluvia	Mayor	Probable	E	Realizar mediciones en días que no se da la presencia de lluvia con el fin de comparar la variación de los niveles de presión sonora
Maquinaria	Cantidad de máquinas encendidas	Moderado	Probable	H	Realizar mediciones cuando la mayoría de las máquinas no estén encendidas con el fin de comparar la variación del ruido
	Fallos en la maquinaria	Menor	Improbable	L	Identificar adecuadamente los fallos que se dan y determinar si estos afectan significativamente las mediciones
	Desarrollo de procesos no comunes	Moderado	Posible	H	Determinar los días en que se desarrollan procesos no comunes
Acceso a la información	Disponibilidad de los trabajadores	Mayor	Posible	E	Coordinar con anticipación el día en que se van a aplicar las entrevistas y cuestionarios al personal
	El personal no contribuye brindando información	Mayor	Posible	E	Explicar al personal los beneficios del proyecto y la importancia de su colaboración
	No asistencia del personal a evaluar	Moderado	Posible	H	Coordinar las visitas en días que esté presente el personal a evaluar
	Acceso limitado a la información de la empresa	Menor	Posible	M	Solicitar la información con anticipación
	Fallo de comunicación con supervisores, gerencia	Moderado	Posible	H	Coordinar las reuniones con el personal de manera anticipada
Equipo de medición	Equipo para medir no disponible	Catastrófico	Improbable	E	Solicitar el equipo con anticipación
	Cantidad de equipo necesario	Mayor	Posible	E	Distribuir los días de medición con base a la cantidad de equipo que presta la escuela

Fuente: Vargas, M. 2014

Apéndice 17

Cronograma de Actividades

Cuadro 17. Cronograma del Proyecto

	Semana		Actividad
			Reunión inicial: 18 de Julio
1	21 Julio	25 Julio	Corrección del anteproyecto
2	28 Julio	1 Agosto	
3	4 Agosto	8 Agosto	Entrega del Primer Avance: Anteproyecto
4	11 Agosto	15 Agosto	Toma de mediciones, aplicación de herramientas y evaluación de la situación actual
5	18 Agosto	22 Agosto	
6	25 Agosto	29 Agosto	
7	1 Setiembre	5 Setiembre	
8	8 Setiembre	12 Setiembre	Entrega del segundo avance: Análisis de la Situación Actual
9	15 Setiembre	19 Setiembre	Desarrollo de la propuesta de solución
10	22 Setiembre	26 Setiembre	
11	29 Setiembre	3 Setiembre	
12	6 octubre	10 octubre	
13	13 octubre	17 octubre	Entrega del tercer avance: Alternativas de Solución
14	20 octubre	24 octubre	Correcciones del proyecto
15	27 octubre	31 octubre	Entrega de documentos al panel evaluador
16	3 Noviembre	7 Noviembre	Devolución de documentos por parte del panel evaluador
17	10 Noviembre	14 Noviembre	Defensa Pública

Fuente: Vargas, M. 2014

Anexos

Anexo 1.

Evaluación del equipo de protección personal auditivo por el método OSHA

Figura 4. Cuadro de OSHA para la evaluación del equipo de protección auditiva

Frecuencia en bandas de octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
I- Nivel 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)	X	X	X	X	X	X	X	Suma III- Suma VIII

Fuente: OSHA

Anexo 2.

Fórmula para el cálculo del nivel sonoro continuo equivalente.

$$Leq = 85 + 9,97 \log\left(\frac{\% \text{ dosis}}{12.5 * t}\right)$$

Leq: nivel sonoro continuo equivalente

t: tiempo de exposición