

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Estudio de la contaminación Sonora en una Planta Productora de
Electrodos”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Rubén Alfredo Tarira Zambrano

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2006

A G R A D E C I M I E N T O

A todas las personas que colaboraron de uno u otro modo a la realización de este trabajo, especialmente a los Ingenieros: Eduardo Orcés, Director de Tesis, y Néstor de Segovia, jefe de planta de la compañía de electrodos"AGA", por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MI TÍA

A MIS HERMANOS

A LA MEMORIA DE MÍ

PADRINO

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Eduardo Orcés P.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Guillermo Urquizo C.
VOCAL

Ing. Denise Rodríguez Z.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL).

RUBÉN ALFREDO TARIRA ZAMBRANO

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo evaluar el nivel de contaminación sonora en una planta productora de electrodos en la provincia del Guayas. El problema se planteó cuando el JEFE DE PLANTA comentó sobre la necesidad de disminuir la transmisión del ruido de una área a otra. Uno de los problemas más grandes surge debido a la excesiva emanación de ruido que se produce en las áreas comprendidas desde la parte de decalaminación, pasando por el área de trefilación, hasta llegar al área de corte del alambrón, provocando que las demás áreas se contaminen acústicamente e impida la labor normal de los trabajadores que se encuentran en los lugares aledaños a las áreas mencionadas anteriormente. Es por esto que se han visto en la necesidad de hacer una evaluación de la situación actual en cada una de las áreas, para determinar el grado de contaminación por ruido a la que están expuestos sus trabajadores y tratar de encontrar una solución que ayude a disminuir el ruido.

En el capítulo uno, se presenta los antecedentes de la empresa, la descripción del proceso de producción de electrodos y los objetivos del presente trabajo.

En el capítulo dos, se presentan los efectos del ruido en el ser humano. Aquí se exponen puntos tales como la pérdida de la audición, desplazamiento

temporal del umbral, desplazamiento permanente del umbral, efectos no auditivos y también se presentan las normas y códigos.

En el capítulo tres, se hace el análisis de ruido, con el fin de identificar los tipos de ruidos y las formas de controlarlo. En este capítulo también se habla sobre los índices, varios de los cuales han sido utilizados para alcanzar los objetivos propuestos en el presente trabajo. También se describen los instrumentos utilizados para la medición del sonido. Las mediciones de ruido para este trabajo se realizaron con un sonómetro de tipo 1 marca Brüel and Kjaer, modelo 2230, equipado con analizador de frecuencias

En el capítulo cuatro, se hace la evaluación del ruido por medio de una encuesta. También se presenta la metodología a seguir para el muestreo con sonómetro, la misma que comprende primero la elección de los puntos de muestreo dentro de la planta, los cuales estarán debidamente detallados en un 'layout' que se presenta al final de este trabajo. Luego de esto se determina los tiempos de muestreo (horas, días, semanas, etc.), que para este proyecto se ha considerado hacerlo en un mes. Las mediciones se programaron para hacerlas utilizando un solo turno que empieza desde las 7h00 hasta 15h00 y en ciertas ocasiones durante la medición se extendió hasta las 16h00.

Una vez colectado todos los datos, se hace un análisis comparativo con la norma ecuatoriana, para identificar las áreas con mayor contaminación

sonora, que es precisamente en las cuales se enfocará todo este trabajo. En las áreas identificadas se hará un análisis de bandas de octavas, para definir exactamente el rango del espectro de frecuencias en el que se encuentra la mayor cantidad de energía sonora.

En el capítulo cinco, se presentan las medidas de control, las cuales se dividen en: controles de ingeniería y controles administrativos. En este capítulo se revisa el mantenimiento de las máquinas. Además se procede a inspeccionar las bases de las mismas, puesto que las máquinas transmiten vibraciones a las estructuras en las que descansan, y el ruido estructural se convierte por radiación en ruido aéreo. Es por eso que para un análisis completo de ruido también se toma en cuenta las vibraciones, y además porque en el área de corte se percibe mucha vibración en el suelo. El estudio de vibraciones lo efectuó una compañía contratada por la empresa.

Una vez actuado sobre las fuentes de emisión, se procede a la reducción del ruido disminuyendo su transmisión a través del aire y otros medios. Esto se logra haciendo un análisis acústico del área y diseñando un sistema de control de ruido para las máquinas más ruidosas. Luego se procede a analizar los tipos de controles administrativos que se podrían llevar a cabo.

Los controles administrativos que aquí se han considerado son los siguientes: Evaluación de los equipos de protección personal existentes, capacitación del personal sobre el tema del ruido y la realización de audiometrías.

En el capítulo seis, se determinan los costos para la implementación de los trabajos de mitigación.

En el capítulo siete, se encuentran las conclusiones y recomendaciones que se dan de éste estudio, para disminuir los niveles de ruido y alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	2
1.1. Antecedentes de la empresa.....	2
1.2. Descripción del proceso de producción de electrodos.....	3
1.3. Objetivos.....	14
CAPÍTULO 2	
2. EFECTOS DEL RUIDO EN EL SER HUMANO.....	16
2.1. El oído humano.....	16
2.2. Efectos auditivos.....	19
2.2.1. Desplazamiento temporal del umbral de audición (TTS)....	20
2.2.2. Desplazamiento permanente del umbral de audición (PTS). 20	
2.3. Efectos no auditivos.....	21

2.4. Normas y códigos.....	22
----------------------------	----

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RUIDO.....	26
3.1. Propiedades del sonido.....	26
3.2. Tipos de ruidos.....	28
3.3. Formas de controlar el ruido.....	30
3.4. Índices útiles para la evaluación.....	33
3.4.1. Nivel de presión sonora.....	33
3.4.2. Nivel de potencia sonora.....	34
3.4.3. Nivel de intensidad.....	35
3.4.4. Nivel sonoro continuo equivalente.....	35
3.4.5. Tiempo de reverberación.....	36
3.4.6. Tiempo de exposición y dosis de ruido.....	37
3.4.7. Índice de aislamiento acústico.....	38
3.5. Instrumentos para la medición.....	40
3.5.1. Sonómetros.....	40
3.5.2. Analizadores de bandas de frecuencias.....	41
3.5.3. Dosímetros de ruido.....	42

CAPÍTULO 4

4. DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SONORA.....	43
4.1. Evaluación previa del ruido por medio de una encuesta.....	43
4.1.1. Objetivos.....	43

4.1.2. Análisis.....	45
4.1.3. Resultados.....	55
4.2. Metodología a seguir para el muestreo con sonómetro.....	59
4.2.1. Elección de los puntos de muestreo.....	60
4.2.2. Elección de los tiempos de muestreo.....	62
4.2.3. Determinación de los tiempos de cada operación.....	63
4.2.4. Tratamiento de los datos obtenidos.....	65
4.2.4.1. Área de trefilación.....	65
4.2.4.2. Área de corte.....	68
4.2.4.3. Área de extrusión.....	70
4.2.4.4. Área de empaque.....	72
4.2.4.5. Comparación de cada área con la norma.....	74
4.2.4.6. Determinación de las áreas con mayor ruido.....	75

CAPÍTULO 5

5. MEDIDAS DE CONTROL.....	78
5.1. Controles de ingeniería.....	78
5.1.1. Mantenimiento.....	78
5.1.2. Reducción en la vibración.....	81
5.1.2.1. Revisión del análisis de vibraciones.....	82
5.1.3. Reducción de la transmisión del ruido.....	84

5.1.3.1. Propiedades acústicas del área de trabajo.....	84
5.1.3.2. Diseño del sistema de control de ruido para las máquinas más ruidosas.....	91
5.2. Controles administrativos.....	97
5.2.1. Protección auditiva personal.....	97
5.2.1.1. Evaluación de los equipos de protección personal (EPP) que se están utilizando.....	98
5.2.1.2. Capacitación al personal sobre el tema de ruido...107	
5.2.1.3. Audiometrías.....	108

CAPÍTULO 6

6. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS.....	110
6.1. Costo de los controles de ingeniería.....	111

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

dB	Decibel
TTS	Desplazamiento temporal del umbral de audición
TPS	Desplazamiento permanente del umbral de audición
D	Dosis de ruido
EPP	Equipo(s) de protección personal
Hz	Hertz
R	Índice de aislamiento acústico
Tr	Índice de reverberancia
LA _{eq}	Nivel continuo equivalente
L _I	Nivel de intensidad sonora
L _W	Nivel de potencia sonora
L _{PA}	Nivel de presión sonora en ponderación A
L _P	Nivel de presión sonora sin ponderación
NPS	Nivel de presión sonora
NRR	Tasa de reducción de ruido
T	Tiempo de exposición permisible
VCM	Valor cuadrático medio
VPA	Valor de protección asumida

SIMBOLOGÍA

λ	Longitud de onda
τ	Coefficiente de transmisión
V	Velocidad del sonido
α	Coefficiente de absorción
S	Superficie
V	Volumen
A	Área
δ	Densidad

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1.	Caballote..... 4
FIGURA 1.2.	Decalaminadora..... 4
FIGURA 1.3.	Trefiladoras vista lateral..... 5
FIGURA 1.4.	Trefiladoras vista frontal..... 5
FIGURA 1.5.	Devanadora..... 6
FIGURA 1.6.	Cortadora SDR3..... 6
FIGURA 1.7.	Mezcladora Sipson..... 7
FIGURA 1.8.	Extrusora Oerlincon..... 9
FIGURA 1.9.	Extrusora vista lateral..... 9
FIGURA 1.10.	Horno..... 10
FIGURA 1.11.	Diagrama de flujo de procesos para la elaboración de electrodos..... 11
FIGURA 2.1.	Partes del oído..... 19
FIGURA 4.1.	Comparación de las respuestas de los trabajadores..... 45
FIGURA 4.2.	Opiniones para el área de decalaminado..... 47
FIGURA 4.3.	Opiniones para el área de trefilado..... 48
FIGURA 4.4.	Opiniones para el área de corte..... 49
FIGURA 4.5.	Opiniones para el área de prensa..... 50
FIGURA 4.6.	Opiniones para la alimentadora..... 51
FIGURA 4.7.	Opiniones para el área de horneado..... 52
FIGURA 4.8.	Opiniones para el área de empaque..... 53
FIGURA 4.9.	Opiniones de trabajadores sobre mediciones de ruido..... 54
FIGURA 4.10.	Cuadro de resultados..... 56
FIGURA 4.11.	NPS para el área de trefilación..... 67
FIGURA 4.12.	NPS para el área de corte..... 70
FIGURA 4.13.	NPS para el área de extrusión..... 72
FIGURA 4.14.	NPS para el área de empaque..... 74
FIGURA 4.15.	Comparación entre cada área..... 76
FIGURA 4.16.	Mapa acústico de la planta..... 77
FIGURA 5.1.	Aberturas que actúan como una fuente esférica..... 89
FIGURA 5.2.	Baffles Acústicos..... 90
FIGURA 5.3.	Diseño del sistema para controlar el ruido..... 96
FIGURA 5.4.	Espectro de frecuencias del área de trefilación..... 101
FIGURA 5.5.	Efecto de la atenuación sobre el NPS en el área de Trefilación..... 102
FIGURA 5.6.	Espectro de frecuencias del área de corte (SDR3)..... 104
FIGURA 5.7.	Efecto de la atenuación sobre el NPS en el área de corte corte (SDR3)..... 104
FIGURA 5.8.	Espectro de frecuencias del área de corte (REL3)..... 106
FIGURA 5.9.	Efecto de la atenuación sobre el NPS en el área de corte (REL3)..... 106
FIGURA 6.1.	Diagrama de ISHIKAWA..... 110

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1	Dosis de ruido para algunos puntos del área de trefilación..... 67
TABLA 2	Dosis de ruido para algunos puntos del área de corte..... 69
TABLA 3	Dosis de ruido para algunos puntos del área de extrusión..... 71
TABLA 4	Dosis de ruido para algunos puntos del área de empaque..... 73
TABLA 5	Puntos que no cumplen con la norma..... 75
TABLA 6	Cálculo de valores de vibración y comparación con la norma ISO 2631-1..... 83
TABLA 7	Coeficientes de absorción para cada material..... 85
TABLA 8	Tabla para comparar índice de reverberancia..... 86
TABLA 9	Escala para determinar el tipo de local..... 86
TABLA 10	Resultado de la evaluación..... 86
TABLA 11	Evaluación del sistema a emplear para la disminución del ruido..... 91
TABLA 12	PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN..... 95
TABLA 13	Costo del diseño del encapsulamiento de la cortadora SDR3..... 112
TABLA 14	Lista de equipos (EPP)..... 113

BIBLIOGRAFÍA

1. VALECILLO VÍCTOR M, Ciencias de la Naturaleza, Editorial Beloso Rossell, Madrid España, 1983, pag. 57
2. FRANK E. FERNÁNDEZ, Manual de Fundamentos de Ingeniería Industrial, Editorial Manova, E.U.A, Primera edición 1981
3. Código del trabajo, Capítulo. V, Art. 55: Ruido y Vibraciones, 2003
4. LANAS UGARTEBURU PEDRO MIGUEL, Conocimiento, Evaluación y Control del Ruido, Asociación para la prevención de accidentes, San Sebastián, 2000
5. LORD, GATLEY Y EVENSEN, Noise Control For Engineer, Mc. Graw – Hill, E.U.A, 1980
6. URQUIZO MARIO, Registro y Análisis de Vibraciones, Informe Técnico, Guayaquil, 2005, pag. 3,11,19
7. OFICINA INTERNACIONAL DE TRABAJO, Repertorio de Recomendaciones sobre la Seguridad y Salud en la Industria del Hierro y el Acero, OIT, Ginebra, 2005
8. SEXTO LUÍS FELIPE, Nota técnica No 034, CEIM-CUJAE, Cuba, 2006
9. BRUEL & KJAER, Ruido Ambiental, Division of Espectris, España, 2000
10. EDUARDO ORCES PAREJA, Vibraciones Mecánicas, folleto del seminario dictado en el CIMEG, GUAYAQUIL, 1982

11. FALAGÁN MANUEL, CANGA ARTURO, FERRER PEDRO, FERNÁNDEZ JOSÉ, Manual Básico de Prevención de Riesgos Laborales, Edita Sociedad Astuarina de Medicina, Oviedo España, primera edición julio 2000
12. ISO 2631-1, Evaluación de la exposición Humana a la Vibración en Cuerpo Completo, 1989
13. JARA ESPINOSA JOSÉ PORFIRIO, "Medición y Evaluación de la Polución Sonora (ruido) en la ciudad de Guayaquil", (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1998)
14. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la Emisión de Ruidos, Registro Oficial 560, 1990
15. VIDAL JORGE, Anatomía Fisiología e Higiene, Editorial Stella, Buenos Aires 1984
16. STEVE LOLA, CALERA ALFONSO, TORRENTE RAFAEL, TORADA REBECCA, Manual para Delegados y Delegadas de Prevención sobre Riesgos Específicos, Valencia, 1998
17. ARANA MIGUEL, ERANSUS JAVIER, EXTRACTO DE DIRECTIVA 2002/44 /CE, NORMA UNE EN ISO 5349-1, NORMA ISO 2631-1, Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud Relativas a la Exposición de Vibraciones Mecánicas en los Puestos de Trabajo, Graficas Biak, Navarra, 2004

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se lo realizó en la COMPAÑÍA AGA S.A.-ECUADOR, y trata del “Estudio de la contaminación sonora en una planta productora de electrodos” con el objeto de mejorar las condiciones de trabajo y disminuir el riesgo de pérdida de la audición por la exposición prolongada a altos niveles de ruido.

Antes de comenzar a hacer las mediciones, se realizó el plano de toda la planta para posteriormente hacer un estudio de tiempos de cada una de las operaciones. Esto se lo hizo con la finalidad de saber cuantas muestras se obtendrían durante un cierto proceso, dado que se tenía un tiempo límite de 1 mes para el muestreo; simultáneamente con este paso fue necesario calcular el número de puntos que serían muestreados.

Luego de hacer las mediciones con el sonómetro, se llevó a cabo el tratamiento de los datos y la comparación de los mismos con la Norma Ecuatoriana. En este estudio también se analizó las formas de mitigar los niveles de ruido, se evaluó los niveles de vibración, se analizaron los equipos de protección personal que actualmente utilizan y se determinaron los costos en caso de llevar a cabo este estudio.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Antecedentes de la empresa

AGA, una de las cinco compañías de gas más grandes del mundo, fue fundada a inicios de siglo por el genio inventivo GUSTAV DALEN quien ganó el premio Nóbel de física en 1912. Es parte del grupo internacional LINDE GAS y posee plantas productoras en más de 30 países de Europa y América, siendo líder en el mercado latinoamericano y pionera en la elaboración y comercialización de los más diversos gases y electrodos.

La planta ubicada en el 51/2 Km de la vía a Daule fue fundada en el año de 1965 con alrededor de 5 trabajadores y con una producción de electrodos baja, desde entonces el Ecuador fue desarrollándose y haciendo trabajos donde se requería soldar estructuras, esto hizo que este negocio fuese rentable; ahora cuenta con una

infraestructura mucho mayor y con un personal de 50 trabajadores; abastece a todas las provincias en el Ecuador y es líder en el mercado nacional.

- **Productos**

AGA actualmente fabrica varios tipos de electrodos entre ellos tenemos los Celulósicos, los Básicos y los Rutílicos; y también posee la línea de electrodos especiales que son: Los de acero inoxidable y los de recarga duro. En el siguiente punto se presenta los pasos para la elaboración de electrodos.

1.2. Descripción del proceso de producción de electrodos

El proceso para la elaboración de electrodos consta de los siguientes pasos:

Decalaminado, Trefilado, Devanado y Cortado, Mezclado, Prensado, Horneado y Empacado.

- **Proceso decalaminado**

Primero el alambón es llevado del área de almacenamiento de alambre a un caballete con una capacidad de 4000 kg, el mismo que sirve para que el alambre pueda desenredarse con facilidad. Luego un operario corta las amarras del rollo, para

posteriormente proceder a cortar una de sus puntas a 50 cm de longitud, y después proceder a soldar dicha punta. Una vez soldado el alambre es pasado por un juego de 6 rodillos con la finalidad de sacarle la calamina que en el se encuentra.



FIGURA 1.1. CABALLETE



FIGURA 1.2. DECALAMINADORA

➤ **Proceso de trefilación**

Una vez que el alambre ha sido decalaminado, es pasado posteriormente por un recipiente que contiene jabón lubricante en polvo, el mismo que se impregna en el alambón, para evitar el desgaste de las herramientas que realizan el proceso de trefilado. El alambre es pasado a través de unos dados que por estiramiento al frío reducen el diámetro del alambón. Al llegar al final de la última bobina se encuentra una caja llena de kerex la cual limpia las limallas producidas por el estiramiento del alambre. Una vez que el alambre ha llegado a la última bobina

es recogido por una araña y posteriormente amarrado para pasar al siguiente proceso.



**FIGURA 1.3. TREFILADORAS
(VISTA FRONTAL)**



**FIGURA 1.4. TREFILADORAS
(VISTA LATERAL)**

➤ **Proceso de devanado y cortado**

Una vez trefilado el alambre es colocado en un dispositivo giratorio (devanadora), donde el alambre es desenredado en el momento que la cortadora empieza a funcionar. Luego de esto se cortan las amarras y se procede a soldar las puntas del nuevo rollo con el excedente del anterior que queda alojado en la máquina. La cortadora cuenta con un par de rodillos impulsores que ingresan el alambre a su interior, para posteriormente pasar por un cuerpo enderezador formado por cinco mordazas alineadas de forma senoidal. El alambrón es cortado a una longitud de 35 cm, esto está estandarizado para todos los electrodos y una vez que estos han sido cortados son puestos en unas cajas junto al área de extrusión. La empresa cuenta con

dos máquinas cortadoras las mismas que tiene una capacidad de 280 y 320 cortes por minuto.



FIGURA 1.5. DEVANADORA



FIGURA 1.6. CORTADORA SDR3

➤ **Proceso de mezclado**

Antes de pasar a la parte de prensado de las varillas es importante señalar que en otra área de la planta se hacen los tochos, los mismos que sirven para alimentar la extrusora de varillas. Para hacer los tochos un operario llena unos silos con varios tipos de polvos, los mismos que son pesados cuidadosamente siguiendo la fórmula de OERLINCON; luego de ser pesados son depositados en una mezcladora. Existen dos tipos de mezclado los cuales son: Mezcla Seca y Mezcla Húmeda.

En el proceso de mezcla seca los componentes químicos son depositados en una mezcladora que cuenta con dos ruedas y

raspadores que permiten un buen amasado de los componentes, una vez colocado el flux es mezclado en seco durante un periodo de 5 a 7 minutos.

Para el proceso de mezcla húmeda los silicatos son depositados a la mezcladora, para hacer una masa pastosa. Los componentes son mezclados por un periodo de 15 a 20 minutos dependiendo de la fórmula y una vez mezclados, la masa pastosa es depositada en una plataforma inclinada para ser compactada de una forma cilíndrica en la prensa de briquetas.



FIGURA 1.7. MEZCLADORA SIPSON

➤ **Proceso de extrusión**

El proceso de extrusión consta de los siguientes subprocesos: El proceso de prensado o extrusión de la varilla, cepillado, lijado y rotulado. El proceso de extrucción comienza cuando las varillas

son depositadas en una tolva compuesta por un árbol de levas hacia los rodillos dentados impulsores los cuales disparan las varillas al interior de un cilindro a razón de 1000 varillas/minuto. En el otro extremo de la prensa los tochos son ingresados a razón de 7 tochos por parada. Los electrodos revestidos salen hacia la banda transportadora para luego caer hacia otra banda transportadora de mayor tamaño. En el proceso de cepillado los electrodos son llevados a la cepilladora compuesta por dos gratas una superior y una inferior, las mismas que desgarran masa de unos 25mm en una de las puntas del electrodo. En el proceso de lijado el electrodo es lijado en ambas puntas a unos 45 grados. En el proceso de rotulado los electrodos son debidamente rotulados, identificando el tipo de electrodo producido. Luego de esto los electrodos son colocados en unas bandejas para ser horneados.

En el momento en que sale la primera remesa de varillas estas son analizadas para medir su excentricidad, si el operario determina que la misma no cumple con el estándar, nuevamente procede a calibrar la máquina hasta alcanzar el mismo.



FIGURA 1.8. EXTRUSORA OERLINCON



FIGURA 1.9. EXTRUSORA (VISTA LATERAL)

➤ **Recuperador de varillas y aspirado de electrodos**

Cabe recalcar que los electrodos que no cumplan con las especificaciones son ingresados a una máquina para recuperar las varillas. También es importante mencionar que el polvo que sale de esmerilar, tanto el final como la cabeza del electrodo, es aspirado y almacenado en un tanque que se encuentra junto a este proceso para ser reprocesado y utilizado nuevamente.

➤ **Proceso de secado**

El proceso de secado se encuentra dividido en dos partes las cuales son: Proceso de presecado y el proceso de horneado.

En el proceso de presecado los electrodos permanecen en un área asignada, un tiempo de 24 a 72 horas dependiendo del diámetro y tipo de electrodo que se este produciendo.

En este proceso el electrodo pierde aproximadamente el 50% de su humedad.

Una vez concluido el tiempo de presecado los electrodos son ingresados al horno para completar el proceso de secado; aquí los electrodos permanecen aproximadamente de 1 a 2 horas a una temperatura que va de 100 a 400 grados centígrados dependiendo del tipo de electrodo.



FIGURA 1.10. HORNO

➤ **Proceso de empackado**

Luego de que los electrodos han sido horneados estos se dejan enfriar para luego pasar al control de calidad donde un soldador experimentado determinará si el palillo está listo para ser comercializado o en efecto si el palillo está aún húmedo y necesita ser re-horneado. Una vez cumplidos todos los

estándares de calidad los electrodos son puestos en el área de empacado.

Los electrodos son empacados en cajas de 20 kilos, las mismas que contienen 4 fundas de 5 kilos cada una, y son transportados en pallets de 90 cajas.

➤ **Diagrama de flujo de procesos para la elaboración de electrodos.**

Para una mejor comprensión del proceso de producción se realizó los planos en 3D de la planta de producción de electrodos, con todas sus máquinas, para luego ser exportados a un programa llamado 3DS MAX 8 y ser presentado como video en la sustentación. En la figura 1.11 se presenta el diagrama de flujo de procesos con los tiempos de cada operación y la distancia que tiene que recorrer cada operador.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO							
Símbolo	Descripción del proceso	Distancia (m)	Tiempo de operación	Símbolo	Descripción del proceso	Símbolo	Descripción del proceso
▽	Deposito de alambtrón			▽	Deposito de fluxes	▽	Deposito de silicatos
■	Inspección de rollos de alambtrón	15		■	Inspección de fluxes	■	Inspección de silicatos
→	Transportar los rollos en montacargas hacia caballete			→	Llevar container semicónico, en teclée hacia cono porta balanza	○	Bompear silicato hacia dispositivo de pesaje
○	Montar rollos en caballete			○	Montar container en balanza	○	Pesaje electrónico
○	Soltar amarras de alambtrón			○	Pesaje electrónico	→	Transporte de silicato a tolva de alimentación
○	Cortar puntas de alambtrón	15		○	Etiquetado de container		
○	Soldar punta del rollo con la punta del anterior.			○	Almacenaje de container		
○	Ajuste de terfiladora: rodillos decapadores, nivelde polvo, chequear agua.			→	Llevar container de mezcla en teclée hacia mezcladora		
○	Trefilado del alambtrón	10		○	Verter en mezcladora		
■	inspección de diámetro, ovalidad, y estado superficial			○	Pre-mezclado de polvos (mezcla seca)		
○	Desmontaje del rollo de la última bobina	3		○	Verter silicato a mezcla		
→	Transporte de rollo trefilado, en teclée hacia zona de amarre			○	Amasado de mezcla		
○	Amarrar y etiquetar rollo			○	Inspección de mezcla		
→	Transporte de rollo trefilado, en teclée hacia zona de			○	Abrir compuerta		
○	Amarrar y etiquetar rollo	5		○	Compactar mezcla(Tochos)		
→	Transporte del rollo trefilado			→	Llevar tochos hacia la compuerta de extrusora		
■	Almacenamiento de rollo		35min	■	Almacenamiento de tochos		
→	Transporte del rollo trefilado, en puente grua hacia cortadoras	4					
○	Montaje de rollo en devanador						
○	Ajuste de máquina						

FIGURA 1.11. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE ELECTRODOS

	Ederizado y corte	4					
	Inspección de varillas: diámetro punta y largo						
	Etiquetado de varillas cortadas						
	Almacenamiento de varillas	15	↓	70min			
	Llevar cajas de varillas, en puente grúa hacia la alimentadora	4	↓				
	Montar varillas en tolva alimentadora		↓				
	Colocar tochos en el interior del cilindro de extrusora						
	Extrusión de los electrodos						
	Inspección de diámetro y concentricidad	10	↓				
	Cepillado de punta superior e inferior		↓				
	Rotulado del electrodo		↓				
	Inspección de electrodos húmedos						
	Llevar electrodos al área de presecado	18	↓				
	Presecado al ambiente		↓	24h			
	Llevar electrodos hacia el horno de secado	18	↓				
	Secado en horno eléctrico		↓	120min			
	Inspección: visual y prueba de soldabilidad	10	↓				
	Llevar electrodos hacia la sección de empaques						Transporte
	Pesaje, empaqueo y etiquetado final		↓				Almacenaje
	Transporte a bodega de producto terminado	20	↓				
	Almacenamiento de cajas de electrodos			120min			
	Total	151		30h 12 min			

FIGURA 1.11. CONTINUACIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE ELECTRODOS

1.3. Objetivos

➤ **Objetivos generales**

- Determinar los niveles de ruido en cada área de trabajo.
- Aislar el contaminante acústico en la fuente y en el medio de transmisión.
- Definir áreas donde se necesita protección auditiva de acuerdo a la norma ecuatoriana
- Hacer una evaluación de los equipos de protección personal (EPP) que actualmente se están utilizando.
- Determinar las áreas de trabajo donde es aconsejable y/o necesario hacer los estudios audiométricos.

➤ **Objetivos específicos**

- Determinar el número de trabajadores que están expuestos a altas dosis de ruido y el tiempo que permanecen en cada área.
- Hacer las mediciones con sonómetro tipo 1 equipado con un analizador de octavas de frecuencias.
- Determinar la dosis de ruido.
- Comparación de las mediciones obtenidas con los estándares permisibles.
- Determinar el o las área(s) con mayor contaminación sonora.

- Disminuir los niveles de ruido de impacto producidos por los operarios en algunas áreas.
- Determinar si el grado de vibración en ciertas máquinas es perjudicial para la salud de los trabajadores que las operan.
- Diseño del sistema de control de ruido para las máquinas más ruidosas.
- Evaluación acústica de materiales e infraestructura en general para determinar niveles de reverberancia en la planta.
- Hacer una comparación entre las especificaciones de los EPP que se están utilizando con la frecuencia predominante para saber si su atenuación es buena y también para saber si estos protectores son los más adecuados.

CAPÍTULO 2

2. EFECTOS DEL RUIDO EN EL SER HUMANO

Los efectos negativos que el ruido puede provocar a la persona, inciden en la salud, la comunicación y el comportamiento social, es por esto que para una mejor comprensión del tema se ha considerado hablar sobre el oído humano, efectos auditivos del ruido, efectos no auditivos, Normas y Códigos.

2.1. El Oído humano

El oído humano es uno de los órganos más complejos y complicados del ser humano. Este órgano está formado internamente por un conjunto de huesecillos que ayudan al hombre a detectar ondas sonoras comprendidas entre los 20 a los 20000 Hz; estas ondas sonoras son convertidas en impulsos eléctricos que son transmitidos al cerebro para su interpretación.

El oído humano se encuentra dividido en tres partes las cuales son:
Oído externo, Oído medio y Oído interno.

➤ **Oído externo**

El oído externo (ver figura 2.1) se encuentra dividido en dos secciones, la porción visible unida a la superficie externa o pabellón del oído u oreja y el canal auditivo externo.

La oreja es la porción más visible del oído es su estructura cartilaginosa, delicadamente plegada, con unos pocos músculos pequeños, cubierta con tejido subcutáneo y la piel.

El canal auditivo externo o meatus es una cavidad recubierta por piel de unos 3,8 cm de largo, sostenida por su tercio externo por el cartílago de la oreja y sus dos tercios internos por los huesos del cráneo. En su extremo interno se encuentra la membrana del tímpano que separa el oído externo del oído medio.

En la piel del tercio externo del canal auditivo se encuentran pequeños pelos y glándulas ceruminosas que segregan una sustancia cerosa llamada cerumen. La función de los pelos es la de retener cualquier material particulado u otros trozos grandes de restos extraños y cumplen en general una función de protección. El cerumen pegajoso o bactericida, impide que las

partículas pequeñas penetren al canal auditivo y también lo mantiene libre de infección.

➤ **Oído medio**

El oído medio (ver figura 2.1) es el espacio de cavidad, de aproximadamente uno o dos centímetros cúbicos de volumen, que se encuentra entre el tímpano y la pared ósea del oído interno. Está recubierto por una membrana mucosa prácticamente igual a la que se encuentra en la boca. En la cavidad del oído medio se ubican los huesecillos del oído, los huesos más pequeños del cuerpo, que conectan al tímpano con una abertura en la pared del oído llamada ventana oval.

➤ **Oído interno**

El oído interno (ver figura 2.1) o laberinto, lleno de fluido, posee los receptores de la audición y el equilibrio. Consiste en un laberinto óseo que contiene un laberinto membranoso.

El laberinto óseo está formado por una serie de pequeños conductos, cavidades y contiene un líquido acuoso que se denomina perilinfa. Comprende tres partes: La cóclea, el vestíbulo y los canales semicirculares.

El órgano de corti (ver figura 2.1) es el órgano receptor final esencial de la audición. Es una estructura muy compleja que consiste en un soporte donde descansan las células ciliadas.

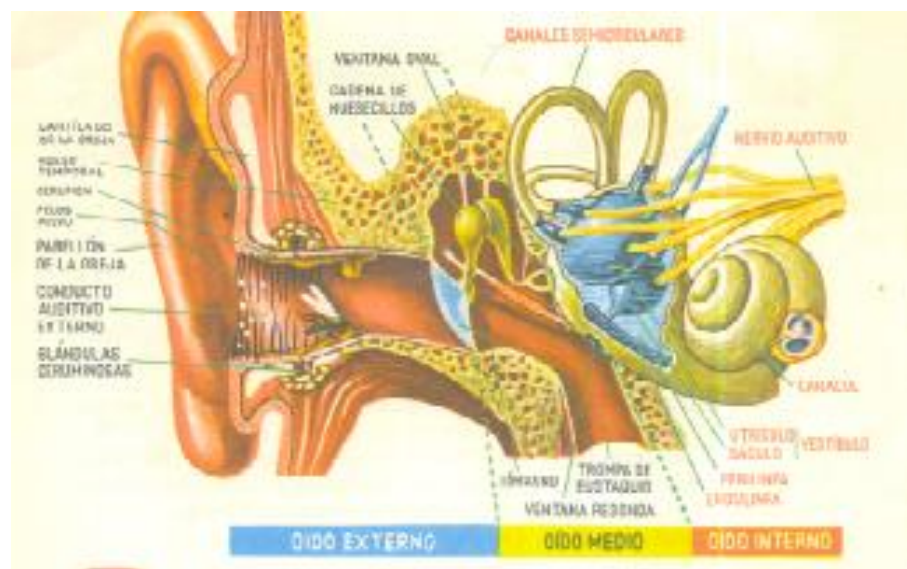


FIGURA 2.1. PARTES DEL OÍDO (1)

2.2. Efectos auditivos

Las exposiciones prolongadas a altos niveles de ruido pueden provocar lesiones muy graves en el ser humano, las mismas que pueden ser irreversibles. El ruido lesiona las células pilosas lo que produce un deterioro de la capacidad auditiva; al principio el daño afecta a unas pocas células, por lo que no es apreciable. Pero cuanto más células resulten dañadas, más dificultades encuentra el cerebro para recibir e interpretar la información. Para cuando el

sujeto es consciente de que sufre una pérdida auditiva, el daño ya es habitualmente, irreparable.

El nivel de audición se pierde por lo general en las frecuencias que se encuentran alrededor de los 4000 Hz que es donde el oído humano es más sensible, estas frecuencias son las más importantes para la comunicación y la incapacidad de oír es un gran inconveniente social y personal.

2.2.1. Desplazamiento temporal del umbral de audición

El desplazamiento temporal del umbral (TTS) de audición puede ser provocado por exposiciones breves a sonidos intensos. El TTS es mayor inmediatamente después de la exposición a ruidos fuertes, disminuyendo progresivamente al aumentar el periodo de reposo. Este tipo de alteraciones del nivel auditivo puede ser de forma permanente si las exposiciones son más frecuentes.

2.2.2. Desplazamiento permanente del umbral

El desplazamiento permanente del umbral (PTS) puede ser de forma similar al TTS, con la diferencia que la recuperación de

la audición es de forma parcial y no de forma total como en el primer caso. Así pues, cuanto mayor sea el tiempo de exposición a niveles altos de presión sonora mayor será la alteración del umbral.

2.3. Efectos no auditivos

El ruido a más de provocar daños en el oído humano también es capaz de provocar daños en otras partes del cuerpo así pues aquí mencionaremos alguno de los más comunes problemas que sufren las personas por estar expuestas a altos niveles de ruido:

- Efectos cardiovasculares: Hipertensión arterial, arterioescleriosis
- Efectos digestivos: Aumento de la acidez y úlceras.
- Efectos endocrinos: Alteraciones en el funcionamiento de las glándulas (tiroides, hipófisis, suprarrenales, etc.).
- Efectos respiratorios: Aumento de la frecuencia respiratoria.
- Efectos visuales: Alteraciones en el campo visual, visión cromática, etc.
- Efectos sobre el sistema nervioso general: Trastornos del sueño, irritabilidad, cansancio, inapetencia sexual, etc.
- Efectos sobre los comportamientos sociales: Es uno de los aspectos más notables fuera del ambiente de trabajo ya que

involucra la relación con las personas. Estar expuesto a altos niveles de ruido puede provocar que algunas personas se vuelvan violentas así pues se ha establecido según los expertos que para prevenir los efectos extrauditivos, no pasar del límite de 70 dB en trabajos que no requieran gran concentración mental, y 50dB en trabajos que requieran gran concentración mental.

- Efectos de la vibración, los efectos de las vibraciones sobre las personas dependen mucho de la frecuencia a que estas se encuentren expuestas, así pues existen vibraciones de muy baja frecuencia que pueden producir trastornos, vómitos y mareos, las de mediana frecuencia que producen (1 a 20 hz) hernias, dificultad del equilibrio y pérdida de visión, y las de alta frecuencia (20 a 1000 hz) que pueden provocar artrosis de codo, y lesiones de muñeca.

2.4. Normas y Códigos

En este inciso se presenta una breve explicación de cada una de las Normas utilizadas para el desarrollo de esta tesis, y en el apéndice A podremos encontrar parte de la norma que se ha utilizado.

El **Código del Trabajo (ver apéndice A)**, capítulo V, con fecha 2003, para ruidos en las industrias, nos ayuda primero a identificar las formas de combatir el ruido, ya sea en la fuente, en el medio de transmisión o finalmente con los equipos de protección personal. También hace alusión a la directividad cuando prohíbe la instalación de máquinas adosadas a paredes; luego de esto hace referencia a los protectores antivibratorios en máquinas con órganos en movimiento.

También habla sobre los tiempos permisibles y dosis de ruido, los cuales deben ser de 8 horas a 85 dBA y menor a 1 respectivamente. En este capítulo del Código del Trabajo podemos encontrar también los diferentes tipos de ruido entre los cuales se encuentran los ruidos de impacto y continuos de los cuales se habla en el capítulo 3.

El **Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente (ver apéndice A)**, libro VI anexo 5, presenta en su primera parte las definiciones básicas para medir el ruido, fuentes de ruido, niveles de presión sonora, nivel de presión sonora continua equivalente, formas de transmitirse el ruido, tipos de ruido, vibraciones y definición de las diferentes zonas. También se encuentra los niveles máximos de ruido permisibles según el uso del suelo que van desde la zona hospitalaria con 45 dBA de 6 am a 8

pm y de 35 dBA de 8 pm a 6 am, a la zona industrial con 70 dBA de 6 am a 8 pm y de 65 dBA 8 pm a 6 am.

Luego de esto presenta el instrumento a utilizar para mediciones en fuentes fijas calibrado en una determinada escala y respuesta dependiendo del caso. También presenta una tabla con los diferentes niveles de presión sonora para vehículos automotores; y finalmente hace mención a la transmisión de vibraciones en zonas hospitalarias educacional y residencial.

Norma ISO 2631-1, Esta norma es muy importante ya que evalúa la exposición humana a vibraciones en cuerpo entero, ocasionada por las vibraciones mecánicas y choques. Aquí se define los métodos para la medición de la vibración periódica aleatoria y transitorias en cuerpo entero, frecuencias fundamentales para las mediciones que van desde los 0.5 Hz hasta los 80 Hz. También define los métodos preferidos para el montaje de los transductores para determinar la exposición humana, basada fundamentalmente en el estudio del eje z en personas sentadas, y también en los ejes x e y.

Esta norma ha sido de gran ayuda para evaluar la vibración en la máquina SDR3 y también para sacar conclusiones al respecto del daño que ocasionan las vibraciones en la salud de las personas; aquí se encuentran los valores de vibración en términos de la

aceleración (m/s^2). En el apéndice A de este trabajo podemos encontrar un extracto de esta Norma.

El **Real Decreto 1316/1989**, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo (basado en la directiva del consejo Europeo 86/188/CCE, de 12 de mayo), usado como referencia, presenta los cuatro grupos de riesgos en función del nivel diario equivalente de exposición y del nivel máximo pico, donde establece que los trabajadores con un nivel determinado de ruido deberán cumplir con los siguientes puntos: Informar y formar a los trabajadores sobre riesgos y medios de protección, dar protección individual auditiva a los trabajadores, realizar periódicamente controles médicos auditivos iniciales y posteriores dependiendo el nivel sonoro, y finalmente realizar una evaluación de la exposición al ruido. En el **anexo A** adjunto se presenta un extracto de este decreto con los puntos antes señalados.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RUIDO

3.1. Propiedades del sonido

Sonido es la sensación auditiva percibida por la persona a través del órgano auditivo, debido a las diferencias de presión transmitidas por el aire y producida por una vibración de carácter mecánico que es transmitida mediante cualquier medio sólido, líquido, o gaseoso, siendo el aire el medio más importante para su transmisión.

➤ Ondas sonoras

Las ondas sonoras son una forma particular de una clase general de ondas conocidas como ondas elásticas, que pueden presentarse en medios que tienen las propiedades de masa (inercia) y elasticidad, dado que el aire posee inercia como elasticidad, una onda sonora puede propagarse en él. En

conclusión decimos que la forma instantánea de la perturbación es una onda sonora.

➤ **Frecuencia**

La frecuencia es el número de veces por segundo que un punto de la fuente sonora se desplaza de su posición de equilibrio, en otras palabras, la frecuencia es el número de veces por segundo que un cuerpo en vibración cumple un ciclo completo de movimiento.

$$F = 1/ T$$

F = Frecuencia

T = Periodo

➤ **Longitud de onda**

La distancia que recorre una onda en un periodo o ciclo se denomina longitud de onda del sonido, podemos decir también que es la distancia más corta entre dos puntos en la onda, que tienen características idénticas.

$$\lambda = C/ F$$

Donde:

C= Velocidad del sonido

F= Frecuencia

➤ **Decibel**

El decibel (dB) se emplea para expresar el nivel de sonido asociados con las mediciones de ruido. Por definición el decibel es una unidad adimensional usada para expresar el logaritmo del cociente entre una cantidad medida y la cantidad de referencia. Y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{dB} = 10 \log (P1/P2)$$

Donde:

P1= Presión acústica en un punto

P2= Presión de referencia.

3.2. Tipos de ruidos

Uno de los inconvenientes más grandes que se presentan en las empresas es la mezcla de ruidos provenientes de máquinas o personas encargadas de hacer diferentes tareas. Así pues en algunas áreas se pueden presentar ruidos continuos, ruidos intermitentes, entre otros.

Es por eso que antes de llevar a cabo este estudio del ruido se han identificado los mismos, para saber que tipo de ruido se encuentra

en la planta de producción de electrodos. A continuación se presentan algunos conceptos básicos:

➤ **Ruido**

Se denomina ruido a cualquier sonido no deseado molesto y/o desagradable, que puede llegar a provocar alteraciones fisiológicas, psicológicas o de índole social. A continuación se presenta los tipos de ruido.

➤ **Ruidos aéreos**

Son los que se propagan por el aire. Al incidir sobre un obstáculo, las ondas sonoras lo someten a una vibración que se transmite a través de la estructura del material, al otro lado.

➤ **Ruidos continuos**

Ruido continuo es el que produce una maquinaria que trabaja del mismo modo sin interrupción, por ejemplo: Sopladores, bombas y equipo de proceso. En otras palabras es aquel cuyas fluctuaciones permanecen en el tiempo; se clasifican en estables y variables.

➤ **Estable**

El ruido estable se lo puede identificar cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimos de LpA es inferior a 5 dBA, medido con sonómetro en escala tipo slow.

➤ **Variable**

Es aquel cuyo nivel máximo y mínimo tienen una diferencia de presión acústica mayor a 5 dBA. Un ruido variable se lo puede descomponer en varios estables.

➤ **Ruido impulso**

El ruido producido por explosiones, por ejemplo un disparo de arma de fuego, se llama ruido impulsivo. Es un ruido breve y abrupto, y su efecto sorpresivo causa mucha más molestia que la que se podría esperar de una simple medición de nivel sonoro; para medir este tipo de ruidos se lo debe hacer con el sonómetro en modo pico (peak).

➤ **Ruido de impacto**

El ruido producido por golpe, por ejemplo por un hincador de pilotes, una prensa de extrusión, un martillo neumático, se llama

ruido de impacto. Para medir este tipo de ruido se lo debe hacer en escala pico (peak).

3.3. Formas de controlar el ruido

Para entender mejor la forma de controlar los niveles de ruido se lo ha dividido en tres partes, las cuales son: Una fuente de radiación de energía sonora, un trayecto que recorre la energía sonora, un receptor como el oído humano. Es por esto que se debe controlar primero la fuente de emisión, el medio de transmisión, y una vez que se han llevado a cabo todas estas alternativas y no se puede hacer más nada, recurrir finalmente a los equipos de protección personal (EPP).

➤ Fuente de emisión

La fuente de emisión sonora es el primer paso para controlar el ruido en cualquier medio que este se encuentre. Para reducir las emisiones de ruido se debe tener muy en cuenta el rediseño de la maquinaria, esto significa la modificación del equipo y estructuras existentes. Una de las cosas más importantes es tener un buen sistema de mantenimiento para reducir las emisiones de ruidos provocados por piezas gastadas o en última instancia el reemplazo de las máquinas.

➤ **Trayecto del ruido**

Una vez que se han llevado a cabo el control de ruido en la fuente y esto no fue lo suficiente para bajar los niveles de presión sonora, se procede a controlar el ruido en su medio de transmisión. Esto se lo suele hacer de varias formas: Poniendo pantallas entre el emisor y el receptor, confinando la fuente de emisión, también se suele usar materiales acústicos en las paredes para absorber las ondas sonoras y reducir las reverberaciones.

➤ **Medidas de control**

Para controlar el ruido dentro de las instalaciones de cualquier empresa, se lo puede hacer teniendo en cuenta los controles de ingeniería, y los controles administrativos, de los cuales se hablará a continuación:

➤ **Controles de ingeniería**

Los controles de ingeniería son todos los procedimientos no incluidos en los métodos de protección administrativa o individual, que reducen el nivel de ruido.

➤ **Controles administrativos**

Los controles administrativos son todas aquellas decisiones que se tomen dentro de la empresa para reducir las exposiciones del trabajador frente al ruido o tratarlo de protegerlo con los EPP. Así pues puede darse el caso que trabajadores sean intercambiados de una área a otra con el fin de bajar el tiempo de exposición frente a niveles altos de presión sonora. En las medidas administrativas se analizan los tipos de equipos más adecuados para los trabajadores. Finalmente se realizan las audiometrías en las áreas donde el ruido sea demasiado intenso con la finalidad de precautelar la salud del trabajador.

3.4. Índices útiles para la evaluación

Para la realización de este trabajo se han tomado en cuenta algunos de los índices que se presentan a continuación:

3.4.1. Nivel de presión sonora

El nivel de presión sonora (NPS ó L_p) es el elemento determinante de las molestias cuando se trata de una fuente de ruido considerada crítica. El nivel de presión sonora sin ponderar indica el sonido en todos los niveles desde los 20 a

los 20000 hz. Mientras que el nivel de presión sonora en ponderación A simula el comportamiento del oído humano y se lo usa más para determinar la dosis y el tiempo de exposición de los trabajadores.

El nivel de presión sonora se lo mide con el sonómetro y viene dado por la siguiente fórmula:

$$L_p = 20 \text{ Log } (P/P_{ref})$$

Donde:

L_p = Nivel de presión sonora (NPS) en dB

P = Presión acústica medida

P_{ref} = Presión sonora de referencia = 2×10^{-5} Pascal

3.4.2. Nivel de potencia sonora

El nivel de potencia sonora es la cantidad de energía acústica que emite una fuente sonora en la unidad de tiempo. Se mide en vatios (W). La potencia sonora es la característica consustancial a cada fuente sonora, independiente de cómo y dónde este situada; su fórmula de cálculo es:

$$L_w = 10 \text{ Log } (W/W_{ref})$$

Donde:

L_w = Potencia sonora

W=Potencia en vatios

Wref= Potencia acústica de referencia= 10^{-12} vatios.

3.4.3. Nivel de intensidad

El nivel de intensidad sonora es la cantidad de energía que cruza un área unitaria en un tiempo unitario, o en otras palabras, la intensidad es la potencia que cruza el área unitaria; su fórmula de cálculo es:

$$LI = 10 \text{ Log } (I/I_{ref})$$

Donde:

LI= Nivel de intensidad sonora

I= Intensidad en W/m^2

Iref= Intensidad de referencia= 10^{-12} W/ m^2

3.4.4. Nivel sonoro continuo equivalente

Es el nivel de presión acústica eficaz (dB) promediado durante un tiempo de medida. Se puede considerar como el nivel continuo que tiene la misma energía acústica, que el ruido fluctuante real, durante el mismo periodo de tiempo. Normalmente para Normas y requisitos oficiales se usa dBA.

$$L_{Aeq, T} = 10 \log \sum X_i \cdot 10^{0.1 L_{pA, i}}$$

Donde:

X_i = Fracción de tiempo (T) sometido a $L_{pA, i}$

$$\sum X_i = 1$$

3.4.5. Tiempo de reverberación

Es el tiempo en segundos, necesario para que el nivel de presión disminuya 60 dBA una vez que la fuente sonora ha sido silenciada. La fórmula utilizada para calcular el tiempo de reverberación es:

$$T_r = 0.16 V/A$$

V = Volumen del local en m^3

A = Área de absorción sonora equivalente en Sabines = $\alpha \cdot S$

α = Coeficiente de absorción entre 0 y 1

S = Superficie del local

Cuando se pretende aumentar los niveles de absorción de un local y luego poder disminuir el NPS TOTAL del campo reverberado se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$\Delta L_p = 10 \cdot \log(A_f / A_i)$$

Donde

A_F = Área de absorción final

A_I = Área de absorción inicial

3.4.6. Tiempo de exposición y dosis de ruido

El tiempo de exposición es aquel que me indica cuanto tiempo puede permanecer una persona en un local determinado. Este tiempo se lo obtiene luego de hacer las mediciones con sonómetro en ponderación A, y se lo determina mediante la siguiente fórmula:

$$T = \frac{8}{\frac{L_p - 85(\text{dBA})}{2 \cdot 5}}$$

Donde:

T= Tiempo de exposición permisible

L_p =Nivel de presión sonora en ponderación A

➤ Dosis de ruido

La dosis de ruido es una medida prescrita en normativas nacionales de la exposición al ruido a la que está sometida una persona. Su fórmula de cálculo se encuentra en el Código del Trabajo en el *Apéndice A*.

3.4.7. Índice de Aislamiento acústico

La energía del sonido que incide (E_i) se descompone en energía reflejada al medio emisor, energía absorbida por el obstáculo. Además la energía absorbida se descompone en energía disipada en el material (E_d), y la energía transmitida al medio receptor (E_t). Existe mucha diferencia en lo que a aislamiento y absorción se refiere. Así pues el **aislamiento acústico (R) ó pérdida por transmisión (TL)** se refiere a la protección de un espacio contra la penetración de sonidos, tanto aéreo como estructural, que llega al receptor a través del obstáculo. Un buen aislador pretende que la energía transmitida sea mínima. Mientras que la absorción acústica pretende mejorar la acústica de un local de tal forma que las ondas que inciden en algún obstáculo no retornen al mismo y sin importar si las ondas son o no son transmitidas al otro medio.

➤ **Pérdida por transmisión ó índice de aislamiento acústico**

Se conoce como pérdida por transmisión a la relación entre la energía sonora transmitida sobre la pared y la energía sonora incidente. Se expresa en decibeles y

posee un valor distinto para cada valor de frecuencia. A continuación se muestra la fórmula de su definición:

$$\text{TL ó R} = 10 \text{ Log } 1/\tau$$

Donde:

TL= Pérdida por transmisión

τ = Coeficiente de transmisión= W_T/W_i

WT=Energía sonora transmitida

Wi= Energía sonora **incidente**

➤ **Otra forma de calcular el índice de aislamiento acústico**

El índice de aislamiento acústico es aquel que me indica la atenuación que tendrá un cierto nivel de ruido en el momento de atravesar una determinada superficie. El aislamiento acústico (R ó TL) puede estimarse también mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TL} = 20 \text{ Log } (m \cdot F) - C \text{ ó } \text{TL} = 15 \text{ Log } (m) \text{ a } 1000 \text{ Hz}$$

Donde:

TL= Índice de aislamiento acústico ó pérdida por transmisión

m= Masa por unidad de superficie (Kg/m^2)

F= Frecuencia (Hz)

C= 48 (si m está en Kg/m^2)

➤ **Cálculo del espesor de la chapa de acero**

$$m = \delta \cdot e / 1000$$

Donde:

δ = Densidad en kg/m³

e = Espesor del material, en mm.

3.5. Instrumentos para la medición

Aquí se presentan los equipos que normalmente se utilizan para la evaluación del ruido, de los cuales solo se utilizó el sonómetro con el analizador de bandas de frecuencias.

3.5.1. Sonómetros

Los sonómetros son equipos con una alta sensibilidad para responder al sonido de forma parecida a como reacciona el oído humano, y para obtener los niveles de presión sonora (L_p ó NPS). Los sonómetros se clasifican en los siguientes tipos:

Tipo 0: Sonómetro patrón (máxima precisión)

Tipo 1: Sonómetro de precisión (gran precisión)

Tipo 2: Sonómetro de uso general (precisión media)

Tipo 3: Sonómetro de inspección (baja precisión)

Los sonómetros están formados por un micrófono que recibe las variaciones de presión sonora y las convierte en señales eléctricas equivalentes. También poseen varios filtros de ponderación de frecuencias en función de las curvas A, B y C; un detector para determinar el valor eficaz y pico para ruidos de impacto; los sonómetros poseen un visualizador de los resultados, que puede ser analógico o digital.

➤ **Constantes de tiempos**

Las constantes de tiempo se denominan: Fast (rápido=125 ms), Slow (lento=1seg); Impulse (impulso=35ms); y Peak (pico<100 μ s). Se pueden seleccionar los sonómetros dependiendo de lo que se quiera saber.

3.5.2. Analizadores de bandas de frecuencias

Los analizadores de bandas de octava nos ayudan a determinar en que parte del espectro de frecuencias se encuentra concentrada la mayor cantidad de ruido, esto nos ayuda notablemente si se planea utilizar controles de ingeniería para problemas de ruido.

3.5.3. Dosímetros de ruido

El trabajador puede realizar una serie de operaciones generando en cada una de ellas diferentes niveles de ruido. El dosímetro acumula un registro de la energía de ruido a la que está expuesto el trabajador durante su turno de trabajo.

CAPÍTULO 4

4. DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SONORA

4.1. Evaluación del ruido por medio de una encuesta

4.1.1. Objetivos

➤ **Objetivo generales**

Obtener información sobre áreas que pudieran ser más ruidosas que otras, y recoger información que pudiera ayudar para disminuir los niveles de ruido.

➤ **Objetivos específicos**

1. Determinar el número de trabajadores que laboran en cada puesto de trabajo.
2. Determinar si en su puesto de trabajo, el trabajador considera que el ruido puede ser perjudicial para su salud.

3. Obtener las opiniones que tienen los trabajadores con respecto a la contaminación acústica que se genera en cada una de las áreas para el proceso de producción de electrodos.
4. Evaluar el compromiso que ha tenido la empresa para con sus trabajadores con respecto a mediciones de ruido y si han provisto a sus trabajadores de EPP.
5. Determinar si se hacen audiometrías cada cierto tiempo en la empresa, o si alguna vez se realizaron.
6. Conocer las opiniones de los trabajadores para saber si tienen alguna idea de cómo se podría disminuir los niveles de ruido dentro de la planta.

➤ **Número de encuestados**

Esta encuesta fue realizada a los 20 trabajadores del área de producción de electrodos a quienes se les explicó cada una de las preguntas antes de empezar.

4.1.2. Análisis

A continuación se presenta cada una de las preguntas con su respectiva evaluación para posteriormente presentar las conclusiones a las que se ha llegado.

1. ¿Consideras que en tu puesto de trabajo, el ruido supone un riesgo grave para tu salud?

En este gráfico se refleja solo la respuesta afirmativa de los trabajadores que consideran que el ruido **si** representa una amenaza para su salud.

➤ Áreas de trabajo

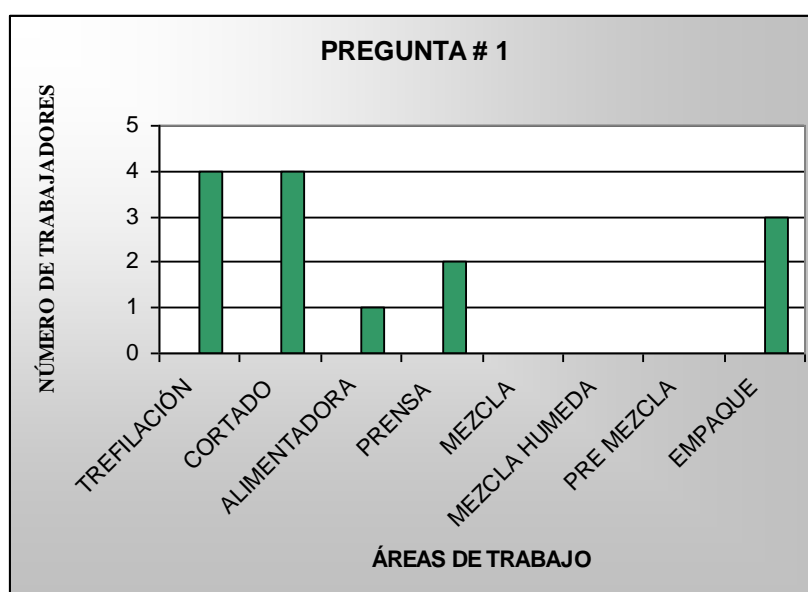


FIGURA 4.1. COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS DE LOS TRABAJADORES

Como se puede observar en la figura 4.1, de un total de 20 trabajadores cuatro que son del área de trefilación dijeron que el ruido sí supone un riesgo para su salud; del mismo modo, en el área de corte se encontraron que de los cuatro trabajadores que se desempeñan en los dos turnos, dijeron que el ruido si representa una amenaza para su salud.

Con respecto a los trabajadores que se encuentran en el área de extrusión, que comprende la alimentadora, la prensa y la transportadora; el operario de la alimentadora dijo que efectivamente el ruido que se genera en esta sección si representa un riesgo para su salud. Así mismo de un total de tres trabajadores, en la prensa, dos dijeron que el ruido en esta área si representa una amenaza para su salud.

Los trabajadores que se encuentran en el área de empaque de un total de 5, solo tres dijeron que el ruido en su área de trabajo si representa una amenaza para su salud, esto es lo que se puede apreciar del gráfico anteriormente presentado.

2. ¿Cuál de las siguientes áreas consideras que genera más ruido?

Para evaluar esta pregunta se consideraron cuatro escalas que son: insoportable con protección (ICP), insoportable sin protección (ISP), soportable con protección (SCP) Y soportable sin protección (SSP).

A continuación se muestran las opiniones vertidas por los trabajadores para cada una de las áreas de la fábrica, considerando las escalas mencionadas anteriormente:

➤ Área de dec laminado

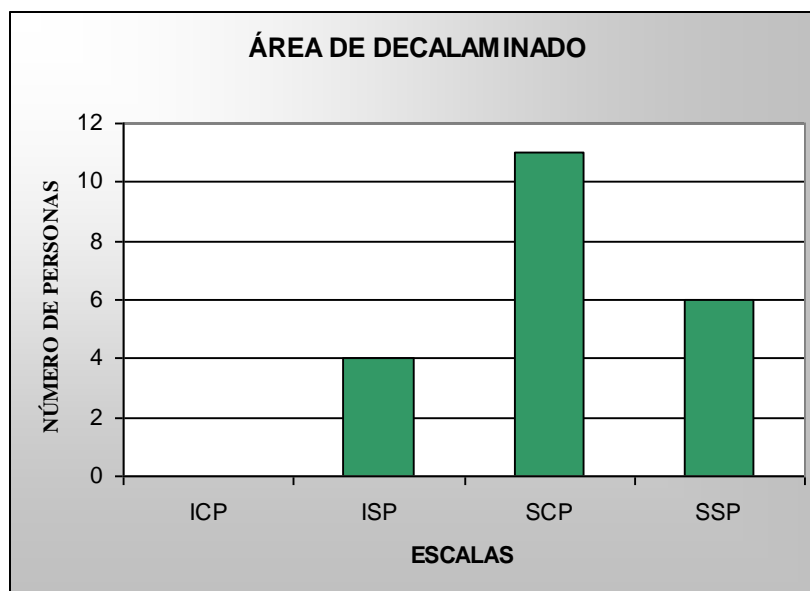


FIGURA 4.2. OPINIONES PARA EL ÁREA DE DECALAMINADO

De acuerdo a la figura 4.2 hubo 4 opiniones de que esta área es ISP, 11 opiniones de que es SCP, y 6 opiniones de que es SSP. Predominando la escala que indica que se puede permanecer en ese lugar con algún tipo de protección auditiva (SCP).

➤ **Área de trefilado**

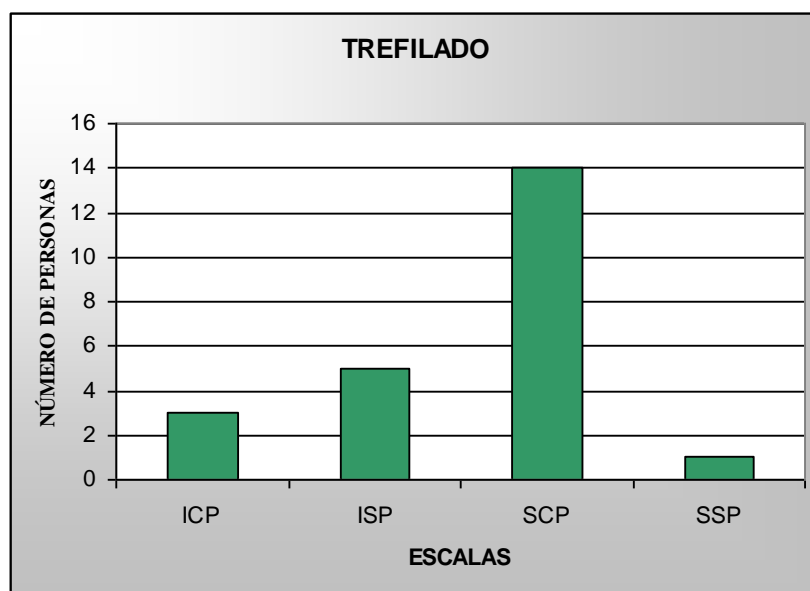


FIGURA 4.3. OPINIONES PARA EL ÁREA DE TREFILADO

De acuerdo a la figura 4.3 hubo 3 opiniones de que esta área era ICP, 5 opiniones de que es ISP, 14 opiniones de que es SCP, y 1 opinión de que es SSP. Predominando la escala que indica que se puede permanecer en ese lugar con algún tipo de protección auditiva (SCP).

➤ **Área de corte**

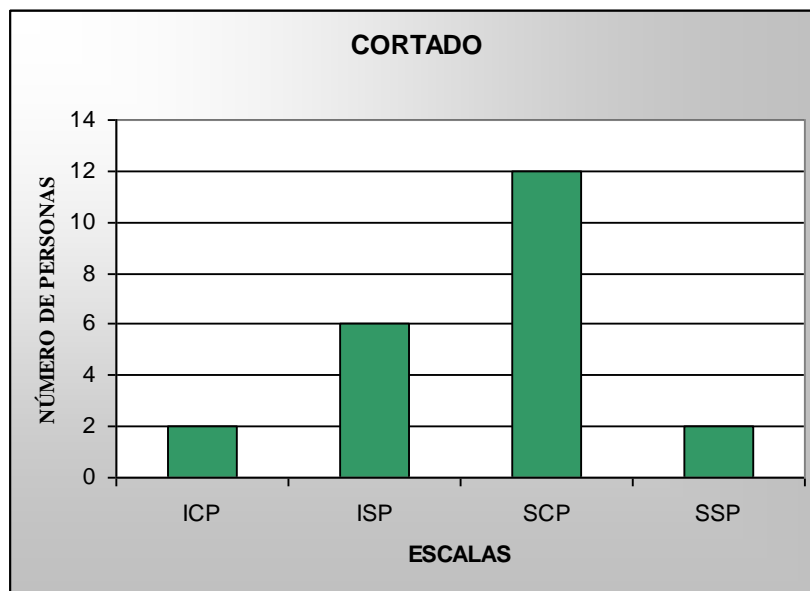


FIGURA 4.4. OPINIONES PARA EL ÁREA DE CORTE

De acuerdo a la figura 4.4 hubo 2 opiniones de que esta área es ICP, 6 opiniones de que es ISP, 12 opiniones de que es SCP, y 2 opiniones de que es SSP. Predominando la escala que indica que se puede permanecer en ese lugar con algún tipo de protección auditiva (SCP).

➤ **Área de extrusión**

En el área de extrusión está comprendida desde: la alimentadora de varillas, la prensa, y la transportadora. Para este estudio se tomo de forma independiente la alimentadora

de varillas a pesar de estar junto a la prensa, debido a que un operario debe permanecer en este puesto de forma permanente mientras se está llevando a cabo el proceso de prensado.

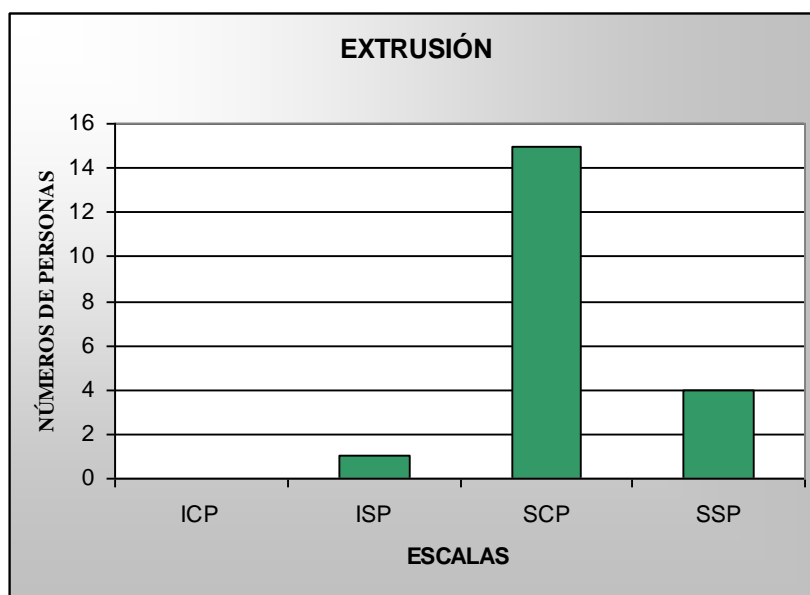


FIGURA 4.5. OPINIONES SOLO PARA LA PRENSA

De acuerdo a la figura 4.5 hubo 1 opinión de que esta área es ISP, 15 opiniones de que es SCP y 4 opiniones de que es SSP. Predominando la escala que indica que se puede permanecer en ese lugar con algún tipo de protección auditiva (SCP).

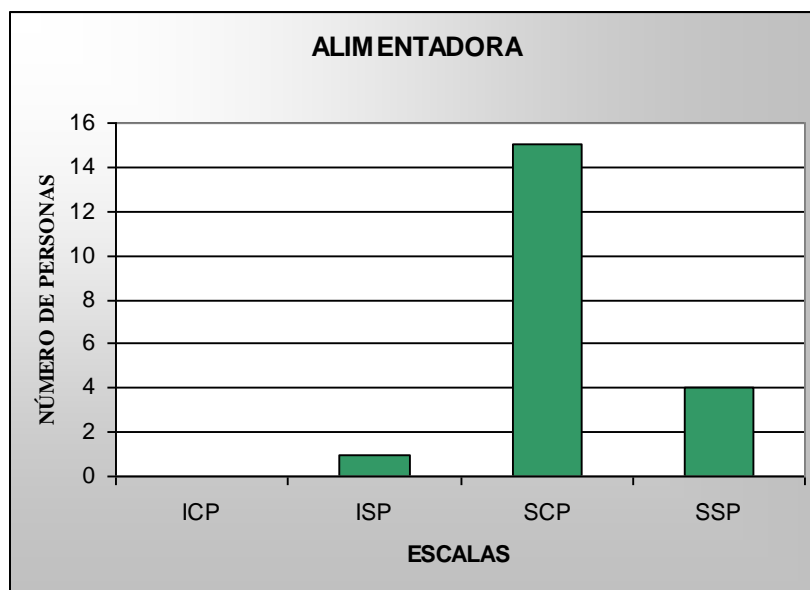


FIGURA 4.6. OPINIONES PARA LA ALIMENTADORA

De acuerdo a la figura 4.6 hubo 1 opinión de que esta área es ISP, 15 opiniones de que es SCP y 4 opiniones de que es SSP. Predominando la escala que indica que se puede permanecer en ese lugar con algún tipo de protección auditiva (SCP).

➤ Área de horneado

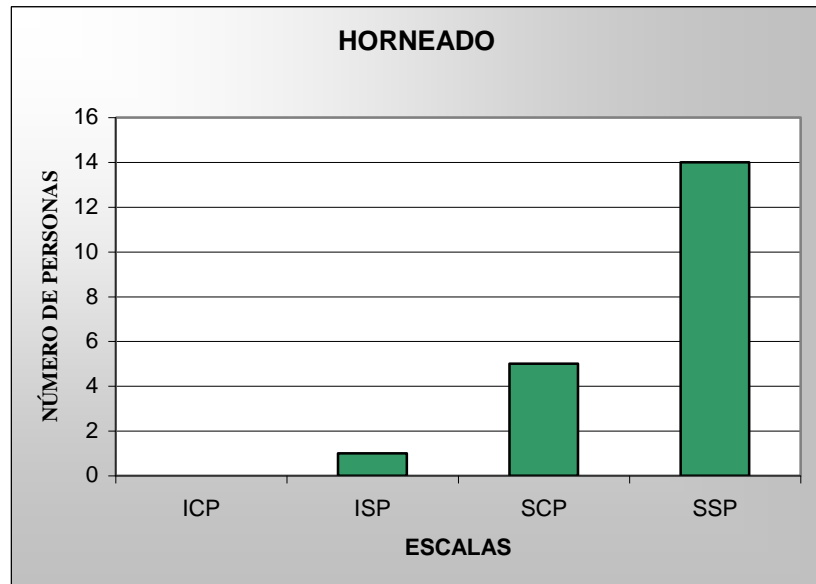


FIGURA 4.7. OPINIONES PARA EL ÁREA DE HORNEADO

De acuerdo a la figura 4.7 hubo, 1 opinión de que es ISP, 5 opiniones de que es SCP, y 14 opiniones de que es SSP. Predominando la escala que indica que se puede permanecer en ese lugar sin protección auditiva (SSP).

➤ Área de empaque

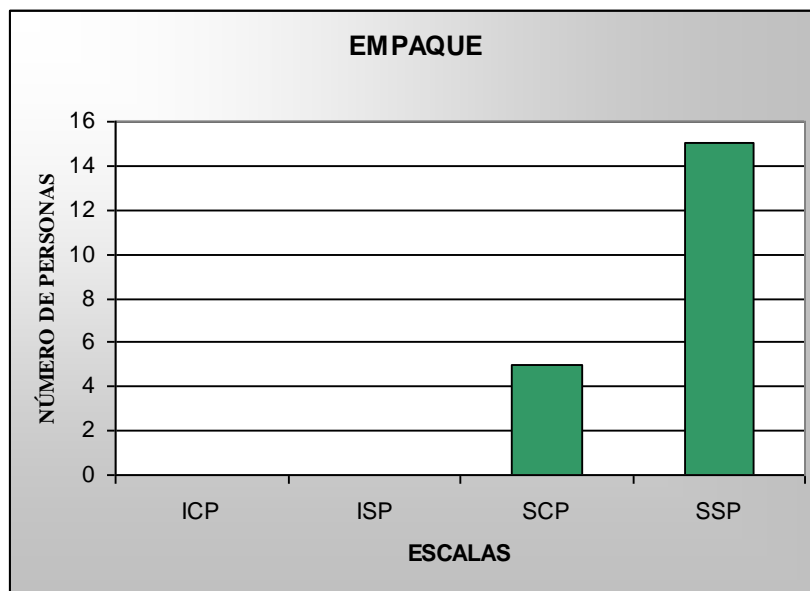


FIGURA 4.8. OPINIONES PARA EL ÁREA DE EMPAQUE

De acuerdo a la figura 4.8 hubo 5 opiniones de que es SCP, y 15 opiniones de que es SSP. Predominando la escala que indica que se puede permanecer en ese lugar sin protección auditiva (SSP).

3. ¿En tu puesto de trabajo se ha medido alguna vez el ruido?

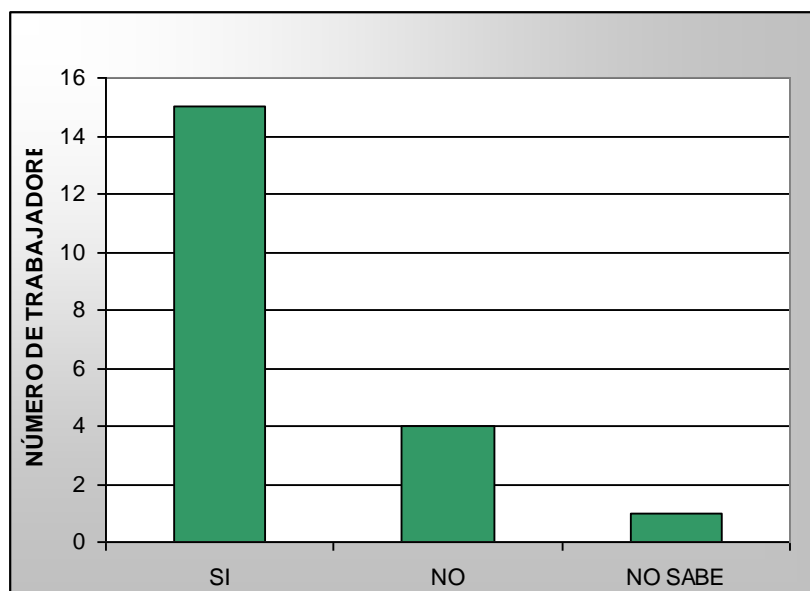


FIGURA 4.9. OPINIÓN DE TRABAJADORES SOBRE MEDICIONES DE RUIDO

De acuerdo a la figura 4.9 hubo 15 opiniones que afirmaban que efectivamente si se midió los niveles de ruido, hubo 4 personas que dijeron que no se había medido, y una persona dijo no saber si se había medido o no.

Las pregunta número 4 está enlazada con la pregunta cinco, que es una pregunta abierta, y cuyo análisis se encuentra junto con la pregunta seis y siete en los resultados que se sacaron.

4.1.3. Resultados

Luego de haber evaluado cada una de las áreas podemos obtener las siguientes conclusiones:

- En la pregunta uno que dice: **¿Consideras que en tu puesto de trabajo el ruido supone un riesgo grave para tu salud?**

Se puede concluir que los trabajadores de las áreas de trefilación, corte, alimentadora de varillas, prensa, y empaque sienten que de una u otra forma el ruido está siendo perjudicial para su salud, es decir se deben tomar medidas al respecto luego de hacer las mediciones con sonómetro, para confirmar esta hipótesis, dado que esta situación ocasiona insatisfacción al trabajador.

- Se ha recogido datos del tiempo que permanecen los trabajadores en cada una de las áreas para en el caso de tomar medidas de prevención, se sepa cuales son los trabajadores que requieren una mayor atención.
- En la pregunta número dos que dice: **¿Cuál de las siguientes áreas consideras que genera más ruido?**

A continuación se muestran un gráfico con cada una de las áreas evaluadas en las siguientes escalas: ICP, ISP, SCP, SSP.

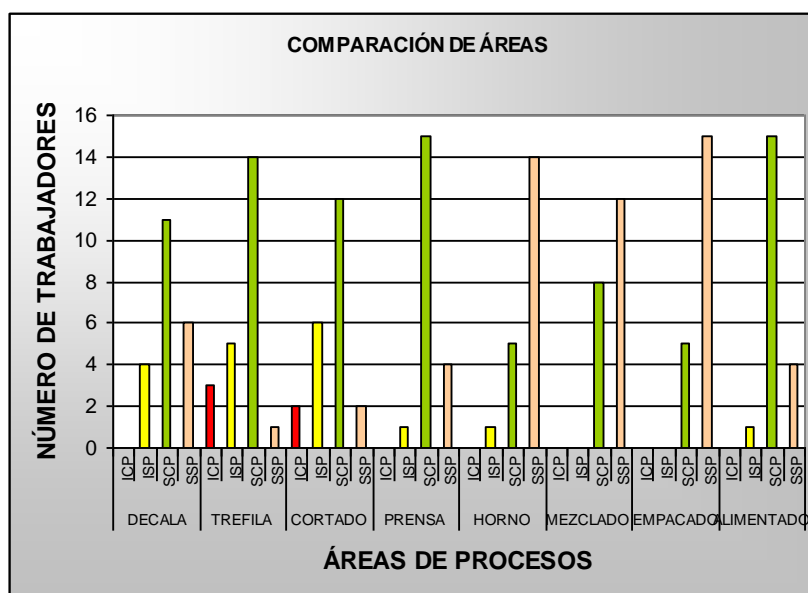


FIGURA 4.10. CUADRO DE RESULTADOS

- De acuerdo a la figura 4.10, podemos notar que las áreas donde se necesita protección auditiva son: El área de Decalaminado y Trefilado, el área de Corte, el área de extrusión (Alimentadora y Prensa).
- En la pregunta número tres que dice: ¿En tu puesto de trabajo se ha medido alguna vez el ruido? Podemos concluir que de un total de 20 encuestados 15 contestaron

que sí, 4 que no, y uno dijo no saber, lo cierto es que efectivamente sí se había realizado mediciones en la fábrica pero esta información no sirvió de nada debido a que no se analizó cuidadosamente cada una de las áreas.

- En la pregunta número cuatro que dice: **¿La empresa ha aplicado alguna medida preventiva para evitar el ruido luego de la medición?** De que tipo. Y estos fueron alguno de los comentarios que se obtuvieron:
- Proporcionó nuevos protectores como tapones y orejeras.
 - Mejoró el mantenimiento en las máquinas.

Con relación a esta pregunta, se constató preguntando al jefe de planta, si en el momento de cambiar los EPP comprobaron que estos sean los adecuados para el nivel de ruido existente en cada una de las áreas, contestándome que no habían hecho ninguna prueba para evaluar la efectividad de los mismos. Posteriormente se comprobará la efectividad de los equipos mediante el análisis de frecuencia en el medio.

- En la pregunta número cinco que dice: **¿En la empresa se realizan audiometrías para evaluar la pérdida auditiva de los trabajadores?** El resultado de esta pregunta fue

que de 20 trabajadores solo seis fueron examinados hace 5 años, dado que se encontraban laborando en ese entonces, mientras que el resto no fueron examinados porque ingresaron a esta compañía tiempo después del examen.

- En la pregunta número seis que dice: **¿Cada que tiempo se realizan las audiometrías?** La empresa no cuenta con un programa para evaluar el umbral de audición de los trabajadores, por lo tanto los mismos no supieron que contestar cuando se les preguntó.

- En la pregunta número siete que dice: **¿Tienes alguna sugerencia para mejorar algún proceso de trabajo con la finalidad de disminuir el ruido intermitente en la fábrica?** Los trabajadores contestaron:
 - 1 Dar un mantenimiento continuo en las máquinas.
 - 2 Tener un programa constante de evaluación del ruido.
 - 3 Capacitar a los trabajadores para evitar hacer ruido innecesariamente.
 - 4 Mantener siempre cubierta la cortadora cuando se este cortando el alambre.

De todas estas sugerencias en el que casi el 50% de los trabajadores estuvo de acuerdo fue en que se mantenga siempre tapadas las cortadoras cuando se este operando.

- De la entrevista que se realizo a uno de sus administradores se pudo notar que la gerencia está consiente del ruido que se genera tanto en el área de trefilación, corte y extrusión, y del riesgo que puede ocasionar a la salud del trabajador, pero las medidas que se han tomado hasta el momento no solucionan en su totalidad el problema. No tienen un programa definido de audiometrías, no capacitan a sus trabajadores en temas referentes al ruido y los daños que este ocasiona.

4.2. Metodología a seguir para el muestreo con sonómetro

Las mediciones de niveles de presión sonora fueron realizadas de acuerdo a lo determinado en el Código del Trabajo, Cap.V (Ref. 1) y en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria. Las mediciones de niveles de presión sonora para análisis de ruido relacionado con los trabajadores deben ser tomadas con un sonómetro, en escala A. Se usa respuesta lenta (SLOW) para ruidos continuos, y respuesta pico (PEAK) para ruidos de impacto.

4.2.1. Elección de los puntos de muestreo

Para la elección de los puntos de muestreo era muy importante primero determinar el área total que iba a ser objeto de este estudio, es decir primero se llevo a cabo las mediciones de todas las áreas de producción de electrodos. Una vez que se obtuvieron todas las medidas, se procedió a pasarlas en AUTO CAD, dado que debido a la magnitud de la planta era necesario llevar un programa bien definido, para no volver a medir los puntos ya medidos. Luego de tener las medidas en AUTO CAD se calculó los puntos para el muestreo y dado que la norma ecuatoriana no habla nada de cómo hacer esto, en base a una investigación realizada se encontró una obra Española **“CONOCIMIENTO, EVALUACIÓN Y CONTROL DEL RUIDO (4)”** basada en normas Españolas y en varios textos para el control del ruido, que sí hablan de cómo calcular los puntos para la toma de datos.

Existen dos procedimientos de los cuales hablaremos brevemente para determinar los puntos que deben ser muestreados en áreas circundantes de fuentes sonoras:

1. Calculando el campo sonoro próximo de una fuente acústica, que es hasta una distancia de dos veces la longitud de la fuente, y está dado por la fórmula:

$$\text{Campo Próximo} = L * 2$$

Donde:

L = longitud de la fuente sonora.

2. Determinando la frecuencia principal entre las emitidas y calcular la longitud de onda para determinar hasta donde llega el campo próximo; está dado en base a la fórmula:

$$\lambda = C/F$$

Donde:

λ = Longitud de onda.

C = velocidad del sonido (344 m/s).

F = Frecuencia fundamental.

Dado que las mediciones empezaron desde el área de trefilación se determinó cual era la longitud de las trefiladoras, y acogiéndonos al literal uno presentado anteriormente se determino un campo próximo de:

Longitud de las trefiladoras=1.40m

Dos veces la longitud=2.80 m

Esta medida se estandarizó para toda la planta dado que los campos próximos para las demás máquinas serían mayores por su longitud, no habría ningún problema en que fuera el mismo (Ver Apéndice de planos C-20).

4.2.2. Elección de los tiempos de muestreo

El tiempo total del muestreo tiene una duración de 1 Mes, donde solo se medirá el área de producción de electrodos, es decir no se realiza mediciones en el exterior de la planta.

➤ Programación para la toma de medidas

Para la toma de medidas solo se realiza el muestreo en el primer turno, que empieza desde las **7 h 00 hasta las 15h 00** claro está que en algunos días se realiza otras tomas pasado este tiempo, ya sea por algún desperfecto en las máquinas, por algún retraso en la producción o por algún sobre tiempo.

➤ Toma de datos

Para la toma de datos se utilizó un sonómetro calibrado, tipo 1, marca Brüel and Kjaer, modelo 2230. Cabe recalcar que era de suma importancia saber cuales eran los

tiempos de cada operación para el muestreo que se iba a realizar.

4.2.3. Determinación de los tiempos de cada operación

Una vez definido el proceso para la elaboración de electrodos (Ver Capítulo 1) se procede a determinar el tiempo que toma en realizar cada operación. Se hicieron varias tomas, pero también hubo que considerar el tipo de electrodos que se estaba fabricando, debido a que este influía directamente en el tiempo de elaboración. Para este trabajo solo se ha tomado en cuenta el diámetro de 1/8" debido a que este es el que se fabrica en mayores cantidades y solo para el punto 6 se lo hizo con el diámetro de 5/32. Ahora se presenta el tiempo por cada toma, y el tiempo llevado en cada operación:

Para el **Área de Trefilación**, se realizaron 2 tomas por punto y cuando el caso lo ameritaba hasta tres tomas por punto en un tiempo de 4 minutos entre muestreo y muestreo, siempre esperando un minuto para que se estabilicen los motores en las máquinas. El tiempo que tardan en trefilar un rollo de 1/8" se promedió en 15 minutos 12 segundos, y el tiempo que se tardan en descargar junto con el tiempo que se tardan en

amarrar es de 13 minutos 31 segundos debido a atrasos con el alambre cuando este se corta o se termina.

Para el **Área de Corte**, se llevo a cabo el mismo procedimiento del área de trefilación con la diferencia que los tiempos en la toma de datos ahora serían más continuos debido a que a diferencia del área de trefilación, en el área de corte las máquinas permanecen más tiempo operando, la REI-3 opera a una velocidad aproximada de 6,23 rollos por turno a diferencia de la SDR-3 que solo se estimó que hacía un promedio de 5,66 rollos por turno, en un tiempo aproximado de 31 minutos 24 segundos, y de 36 minutos 30 segundos, por cada rollo trefilado de 250 kg, respectivamente; muestreando cada cuatro minutos en esta área.

Para el **Área de Extrusión** el tiempo de muestreo fue de una toma cada 2 minutos, en un total de dos tomas por punto, y en la mayoría de los casos cuando esto era necesario se tomaban tres tomas por punto. El tiempo promedio que la extrusora permanece operando es de 8 minutos 16 segundos por cada 7 tochos, y el tiempo total durante un día normal de trabajo es de 3,27 horas, estimado en base a datos históricos

desde el mes de enero de 2005 hasta el mes de agosto del mismo año.

Para el **Área de Empaque**, no fue necesario hacer tomas de tiempos para determinar el tiempo de muestreo debido a que en esta área solo se encuentran trabajadores y no hay máquinas que se encuentren operando, determinando un intervalo de tiempo de 1 toma cada 2 minutos en un total de tres tomas por punto; pero para esta área se trato de que en lo posible se tomen los datos con la mayor cantidad de máquinas, de otras áreas, encendidas.

4.2.4. Tratamiento de los datos obtenidos

Los datos obtenidos han sido tabulados en hojas de Excel y MATLAB. A continuación se presenta por área los datos obtenidos de este análisis.

4.2.4.1. Área de trefilación

Esta zona de trabajo presenta una alta contaminación por ruido. Aquí se han analizado los puntos donde se estima que el trabajador pasa la mayor parte de su tiempo.

De acuerdo al mapa acústico (Plano C-20 en el Apéndice C) en el punto número 6 ubicado en las coordenadas (7.69, 6.23) se pudo constatar que existe un Nivel de Presión Sonora (NPS), promediado en tres tomas, de 93.8 dBA. En este punto es donde el trabajador opera las trefiladoras y permanece la mayor parte de su tiempo. Esto trae como consecuencia que el trabajador solo pueda permanecer en ese lugar un tiempo permisible de 2.36 horas, con una dosis de ruido de 0.54.

De acuerdo a las observaciones hechas se ha podido constatar que los trabajadores en el punto 6 reciben una dosis de ruido de 0.54 en un tiempo de 1.28 horas con la máquina encendida (para el rollo de 5/32). Una vez trefilado el alambre, este es amarrado (puntos 46, 49, 47, 50), y depositado cerca de las cortadoras (puntos 21, 22, 23, 24) donde quedan expuestos al ruido de las cortadoras, recibiendo un NPS de: 93.0 dBA en el punto 46, 92.6 dBA en el punto 47, 93.1 dBA en el punto 49 y 92.1 dBA en el punto 50. Tomando como referencia el punto 49, el cual es representativo de esta área, donde el trabajador recibe una dosis de ruido de 0.86 en un tiempo de 2.22 horas de trabajo, que sumadas a 0,54 en el punto 6 dan un total de 1.4, lo cual *no cumple con la norma*, que estipula que la dosis de ruido debe ser menor a 1. En la

TABLA 1 se muestran los puntos con sus respectivas coordenadas (X, Y), NPS, tiempos permisibles y dosis de ruido:

TABLA 1

**DOSIS DE RUIDO PARA ALGUNOS PUNTOS DEL
ÁREA DE TREFILACIÓN**

X [m]	Y [m]	Punto	NPS [dBA]	Tiempo [hr]	Tiempo de Exposición [hr]	Dosis
7.69	6.23	6	93.8	2.36	1.28	0.54
16.8	1.75	46	93.0	2.63	2.22	0.84
18.24	1.75	49	93.1	2.59	2.22	0.86
16.8	3.35	47	92.6	2.80	2.22	0.79
18.24	3.35	50	92.1	2.99	2.22	0.74

A continuación se muestra el gráfico obtenido de este análisis:

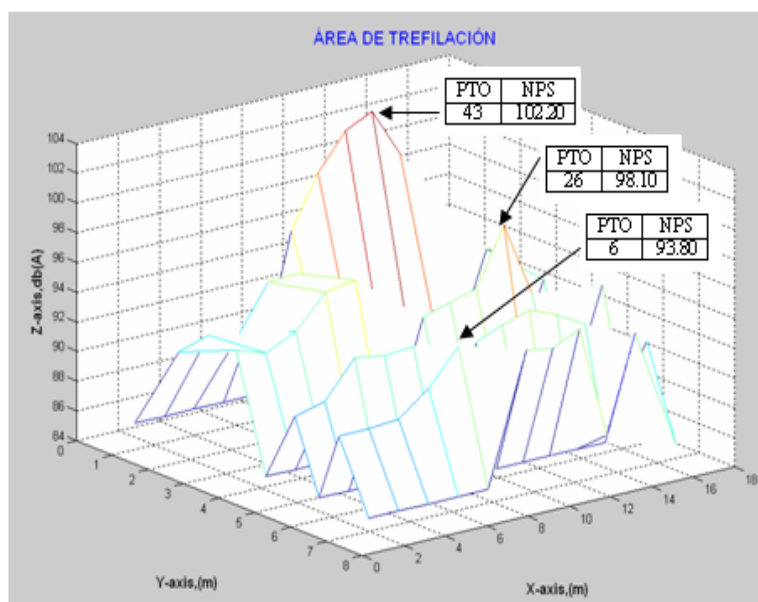


FIGURA 4.11. NPS PARA EL ÁREA DE TREFILACIÓN

Para éste y todos los demás gráficos el eje X, Y están en metros (m) y el eje Z en dBA. Este gráfico nos ayuda a visualizar mejor como se encuentra distribuido el NPS en el área de trefilación.

4.2.4.2. Área de corte

El área de corte cuenta con dos cortadoras y dos operadores. Los trabajadores de esta área toman el alambre y lo llevan hacia la devanadora donde una de las puntas del rollo es tomada y puesta en la cortadora y/o soldada a otra punta que quedó como excedente del rollo anterior. Esta área cuenta con cinco puntos críticos principales, los cuales son: 22, 50, 51, 55, 59. Los tiempos permisibles para cada uno de estos puntos son los siguientes: 3.47, 2.99, 2.19, 0.48, 0.63, respectivamente, los mismos que están en horas. Para sacar la dosis de ruido se ha tomado en consideración los puntos por donde el trabajador transita en un tiempo determinado; entonces tenemos para la REL-3 la sumatoria de los puntos 50, 51, 59 da una dosis de ruido de 6.7; para

la máquina SDR-3 se hizo la sumatoria de los puntos 22, 55, 51 dando como resultado una dosis de 7.99 con una mayor emisión en el punto 55. Tanto en la REL-3 como en la SDR-3 los trabajadores están expuestos a dosis excesivas de ruido. Los puntos señalados se encuentran en la TABLA 2 que aparece a continuación.

TABLA 2
DOSIS DE RUIDO PARA ALGUNOS PUNTOS DEL
ÁREA DE CORTE

X [m]	Y [m]	PUNTO	NPS [dBA]	Tiempo [hr]	Tiempo de Exposición [hr]	DOSIS REL. 3	DOSIS SDR3
18.24	6.23	22	91.0	3.47	1.12		0.32
18.24	3.35	50	92.1	2.99	1.92	0.64	
19.68	3.35	51	94.3	2.19	1.92/1.12	0.88	0.51
22.61	6.23	55	105.3	0.48	3.43		7.16
22.61	3.35	59	103.4	0.63	3.25	5.18	
TOTAL						6.7	7.99

A continuación se muestra la superficie correspondiente para esta área:

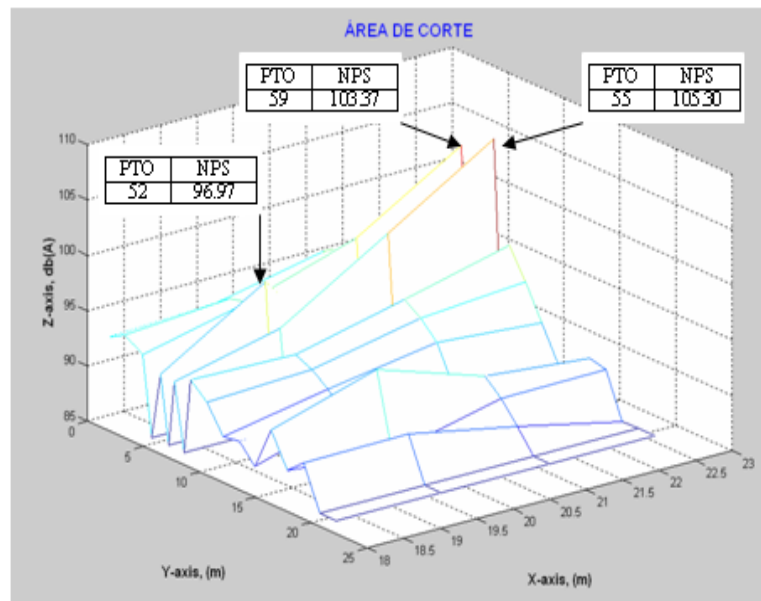


FIGURA 4.12. NPS PARA EL ÁREA DE CORTE

Este gráfico nos indica como está distribuido el ruido en el área de corte en un día normal de trabajo.

4.2.4.3. Área de extrusión

En esta área se reviste a la varilla de alambra. El área de extrusión cuenta con 4 trabajadores, de los cuales uno está en la alimentadora de varillas y usa protección, uno está en la prensa y no usa protección, y dos están recogiendo los palillos que salen de la transportadora y no usan protección. Los puntos principales que se han

considerado son aquellos donde el trabajador pasa la mayor parte de su tiempo.

Los puntos principales del área de extrusión son: 208 (operador de la alimentadora de varillas), 212 y 219 (operador de la prensa), 239 y 240 (bandejeros). Los niveles de presión sonora medidos en estos puntos fueron de: 95.2, 89.4, 92.5, 88.9, 88.3 dBA. Se puede calcular la dosis de ruido recibida por cada trabajador, sumando los valores que aparecen para cada punto en la TABLA 3.

TABLA 3
DOSIS DE RUIDO PARA ALGUNOS PUNTOS DEL
ÁREA DE EXTRUSIÓN

X [m]	Y [m]	Punto	NPS [dBA]	Tiempo [hr]	Tiempo de Exposición [hr]	Dosis
26.93	6.23	208	95.2	1.95	3.27	1.68
32.69	6.23	212	89.4	4.37	3.27	0.75
32.69	7.67	219	92.5	2.83	3.27	1.15
31.25	10.54	239	87.9	5.31	3.27	0.61
32.69	11.99	240	88.3	5.04	3.57	0.71

A continuación se muestra la superficie correspondiente para esta área:

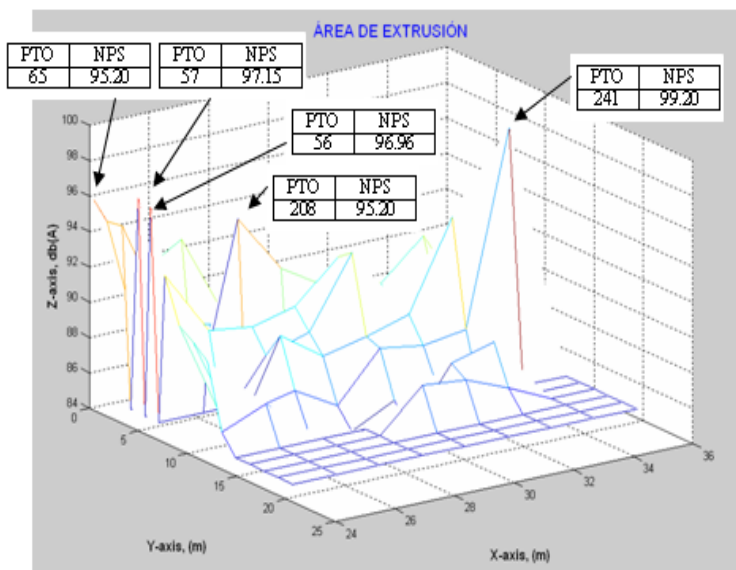


FIGURA 4.13. NPS PARA EL ÁREA DE EXTRUSIÓN

Como podemos apreciar la figura 4.13 nos indica como se comporta el ruido en un día normal de trabajo.

4.2.4.4. Área de empaque

En esta área se encargan de pesar los electrodos, empacarlos en fundas y luego en cajas, para después ser puestos en pallets. Esta área cuenta con cinco trabajadores, de los cuales ninguno usa protección. Los puntos críticos que se ha identificado en esta área son aquellos que quedan cerca de las mesas de trabajo y son los siguientes: 89, 101, 113, 125, 137,

149, 158, 167, 168. Los valores de NPS medidos para cada uno de estos puntos son: 85.9 dBA, 84.9 dBA, 84.5 dBA, 83.6 dBA, 83.3 dBA, 83.0 dBA, 83.8 dBA, 86.1 dBA, 86.1 dBA respectivamente. En esta área el ruido oscila entre 83 y 86 dBA, estando expuestos los trabajadores a dosis similares que son relativamente bajas y que seguramente van a disminuir mucho más si se reduce el ruido en las otras áreas.

Los tiempos permisibles de exposición así como las correspondientes dosis de ruido recibidas por los trabajadores en estos puntos, se muestran a continuación en la TABLA 4.

TABLA 4

**DOSIS DE RUIDO PARA ALGUNOS PUNTOS DEL
ÁREA DE EMPAQUE**

X [m]	Y [m]	Punto	NPS [dBA]	Tiempo [hr]	Tiempo de Exposición [hr]	Dosis
9.53	10.54	89	85.9	7.03	7	1
9.53	11.99	101	84.9	8.11	7	0.86
9.53	13.43	113	84.5	8.53	7	0.82
9.53	14.87	125	83.6	9.71	7	0.72
9.53	16.31	137	83.3	10.17	7	0.69
9.53	17.75	149	83.0	10.60	7	0.66
9.53	19.19	158	83.8	9.48	7	0.74
9.53	20.63	167	86.1	6.87	7	1.02
10.81	20.63	168	86.8	6.23	7	1.12

A continuación se muestra la superficie correspondiente para esta área:

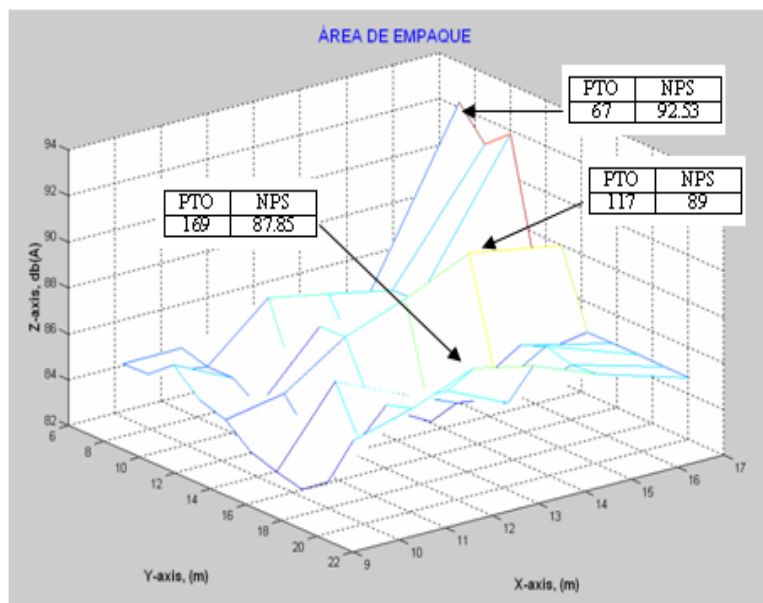


FIGURA 4.14. NPS PARA EL ÁREA DE EMPAQUE

Como podemos observar en la figura 4.14 el ruido se concentra con mayor intensidad alrededor del punto 67, el cual está cerca de las cortadoras, pero aquí no hay trabajadores.

4.2.4.5. Comparación de cada área con la norma

Una vez que se ha tabulado los datos anteriores se procedió a comparar los resultados obtenidos con el código del trabajo (ver capítulo 3, sobre normas y códigos) para poder determinar el área que mayor contaminación acústica causa, y después tomar las

medidas necesarias para disminuir los niveles de ruido. A continuación se muestra una tabla que indica cuales son las áreas con sus puntos respectivos que no están cumpliendo con la norma:

TABLA 5
PUNTOS QUE NO CUMPLEN CON LA NORMA

Áreas	Punto	Dosis
TREFILACIÓN	6 Y 49	1,4
CORTE(REL3)	50,51 Y59	6,7
CORTE(SDR 3)	22,51 Y 55	7,99
EXTRUSIÓN	208	1,68
EMPAQUE	168	1,12

4.2.4.6. Determinación de las áreas con mayor ruido

Para poder tener una mejor visualización de cómo se encuentra distribuido el ruido en la planta de procesamiento de electrodos se ha obtenido los gráficos de las curvas en sus puntos máximos para días normales de trabajo.

A continuación se procede a mostrar un gráfico de comparación de cada una de las áreas ya señaladas anteriormente.

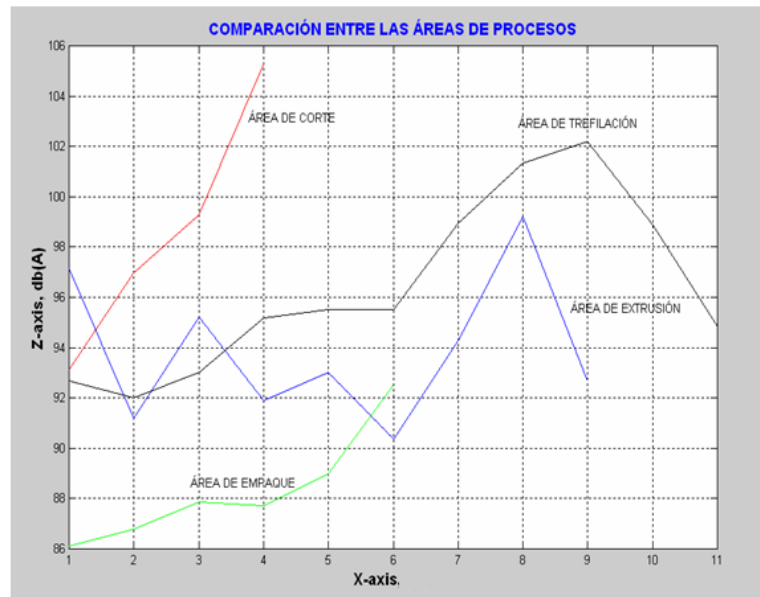


FIGURA 4.15. COMPARACIÓN ENTRE CADA ÁREA

De acuerdo a la Figura 4.15 podemos decir con seguridad que las áreas donde hay mayores niveles de ruido son:

- Área de trefilación.
- Área de corte.
- Área de extrusión

El área de empaque no la tomamos en cuenta debido a que la mayor cantidad de energía es emitida de las áreas ya mencionadas, y si se va a hacer un control de ruido estas deberían ser analizadas minuciosamente.

A continuación se muestra la superficie donde están involucradas todas las áreas de producción de electrodos (Planos C-20 y C-21 en el Apéndice C):

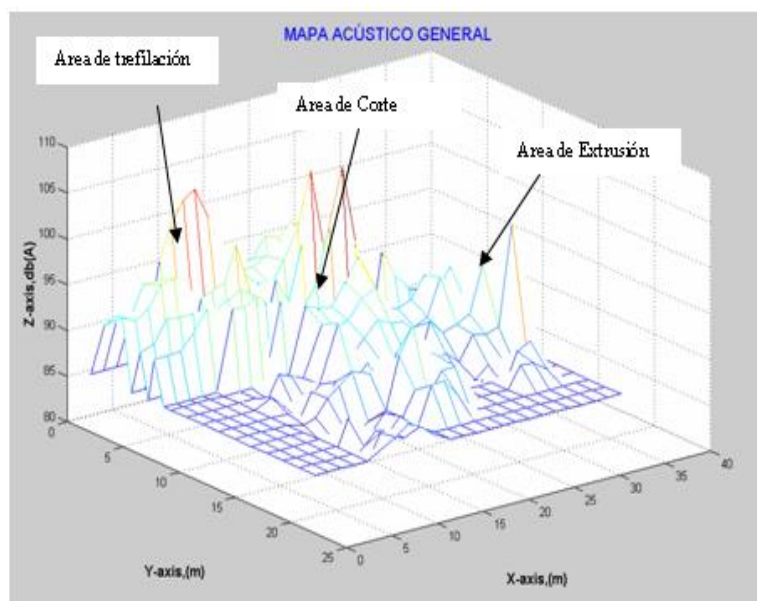


FIGURA 4.16. MAPA ACÚSTICO DE LA PLANTA

Como podemos apreciar en el mapa acústico de toda la planta, que indica las áreas con mayor contaminación o nivel de ruido; al final de este trabajo se presentan también unas tablas (Ver Apéndice C), donde se indican cada uno de los puntos señalados en todos los gráficos presentados en el presente informe.

CAPÍTULO 5

5. MEDIDAS DE CONTROL

Se recomienda aplicar las siguientes medidas de prevención y control del ruido en la Planta, las cuales se las ha dividido en controles de ingeniería y controles administrativos.

5.1. Controles de ingeniería

Los controles de ingeniería, son aquellos donde se ven involucrados los siguientes puntos: El mantenimiento de las máquinas, sustitución de procesos, reducción de las superficies vibratorias y reducción del ruido disminuyendo su transmisión a través del aire.

5.1.1. Mantenimiento

Uno de los primeros puntos que se debe tener en cuenta antes de hacer cualquier cambio en las instalaciones o equipos de la planta es verificar si el mantenimiento se está

llevando a cabo y apropiadamente. El mantenimiento de las máquinas involucra todo lo que es el reemplazo o ajuste de piezas gastadas o desbalanceadas, así como la lubricación de las mismas. Además de que se estén utilizando las herramientas adecuadamente para la función que fueron destinadas. A continuación se presentan los tipos de mantenimiento que utilizan en esta empresa.

➤ **Mantenimiento preventivo**

Acción ejecutada con la finalidad de garantizar la disponibilidad de uso de un equipo, mediante una inspección periódica establecida en la cuál se le hace servicio al equipo, consiguiendo detectar y eliminar defectos que pueden ocasionar salidas de servicio del mismo.

Actualmente esta compañía si cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, el mismo que lo hemos pasado en una matriz (*Ver Apéndice D*) para su mejor comprensión.

➤ **Mantenimiento predictivo**

Actividad ejecutada con la finalidad de medir, registrar y evaluar determinados parámetros de operación y/o condiciones de servicio, que permite intervenir y tomar acción antes de que ocurra una falla. Se basa en registros estadísticos.

Actualmente esta compañía realiza mantenimiento predictivo a las instalaciones eléctricas (*termografía*), donde se determinan si existe algún tipo de conexión eléctrica que supere los niveles establecidos de temperatura, otro tipo de mantenimiento predictivo es medir los niveles de vibración en cada una de las máquinas para determinar el desgaste de sus rodamientos.

➤ **Mantenimiento correctivo**

Este tipo de inconvenientes surge cuando el mantenimiento preventivo muchas veces es pasado por alto. Entonces si nos referimos al mantenimiento correctivo estamos hablando de algún evento que se presenta de forma inesperada, es decir este tiempo de para de

máquina no ha sido programado, teniendo como objetivo restaurar condiciones originales de operación, este tipo de mantenimiento no es recomendado por ser ineficiente y muy costoso. En el tiempo que se hicieron las mediciones en esta compañía se pudo notar ciertos problemas en las máquinas tanto de trefilación, mezcla y corte. Los problemas surgieron de una forma inesperada y tomaron varios días hasta superar la crisis.

Es importante mencionar que también se hace mantenimiento autónomo de las máquinas, dado que sus operarios están capacitados para arreglarlas si estas sufren algún desperfecto.

5.1.2. Reducción en la vibración

En este inciso se evaluó las vibraciones en la máquina cortadora SDR3, dado que alrededor de esta se percibe mucha vibración en el suelo. Con este capítulo se quiere demostrar que los operarios también pueden sufrir daños en su salud por efecto de las vibraciones.

Para esta evaluación se requirió del informe de vibraciones hecho por una compañía externa (Ver Apéndice E).

5.1.2.1. Revisión del análisis de vibraciones

Analizando las conclusiones presentadas por la compañía que hizo el estudio de la máquina SDR3, se llegó a los siguientes resultados:

1. Excesivo desgaste en varios de sus rodamientos provocado mayores niveles de vibración y fallas en todo el sistema. Los resultados presentados en este estudio demuestran como el valor de vibración supera los 60 mm/seg en una de sus chumaceras, siendo el permisible de 7 mm/seg rms, según el estudio de vibraciones.
2. Se encontró que varios de sus puntos de anclaje de esta máquina se encontraban flojos aumentando la vibración en el suelo.

➤ **Estimación de los niveles de vibración en el suelo y comparación con los niveles permitidos**

Los procedimientos seguidos para este cálculo son:

- Determinar los picos de vibración y su frecuencia fundamental.

- Cambiar unidades de vibración de mm/s a mm/s² para poder comparar en la norma ISO-2631
- Cálculo de la ponderación global de los VCM ó RMS.
- Comparación con la norma ISO 2631-1.

A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar si la vibración generada por la cortadora SDR 3 es perjudicial o no para la salud.

TABLA 6

CÁLCULO DE VALORES DE VIBRACIÓN Y COMPARACIÓN CON LA NORMA ISO 2631-1

CÁLCULO DE VIBRACIONES

Punto max	HZ	mm/s	w(rad/s)	ax(mm/s ²)	Factor de ponderación	(Awf ^x *ax) ²	Aw _x	(1,4*Aw _x)	√Σ(1,4*Aw _x) ²
6H	166,87	19,81	1048,48	20770,34	0,0125	67407,35	259,63	363,48	132118,41
7H	167,18	58,98	1050,43	61954,09	0,0125	599735,80	774,43	1084,20	1175482,16
5H	166,87	7,23	1048,48	7580,49	0,0125	8978,73	94,76	132,66	17598,31
Aw _t (mm/s ²)									1151,17
Aw _t (m/s ²)									1,15

De la tabla 6 se puede concluir que para los valores de vibración indicados, con frecuencias en 1/3 de banda de octavas (1 a 80hz), para el cálculo de vibraciones globales (AW_t) se obtuvo un valor de 1.15 m/s² que comparado en la norma ISO 2631-1 (Ver Apéndice A), se puede concluir que el valor se encuentra en el rango de 1.25 a 2.5 m/s² que es inconfortable para el trabajador. Los valores tanto para el eje

X e Y están dentro de los límites permitidos para un tiempo de 8 horas, a una frecuencia de 160 Hz, de acuerdo a la tabla 3 del apéndice A. El eje Z no ha sido tomado en cuenta por falta de datos en el análisis de vibraciones; pero si este fuese agregado lo único que podría ocasionar es aumentar el grado de insatisfacción del trabajador de acuerdo a la Norma ISO 2631-1.

5.1.3. Reducción de la transmisión del ruido

Para la reducción de la transmisión del ruido aéreo, se determinó las áreas (m^2) y los volúmenes (m^3) de cada lugar de trabajo en el área de proceso. Además se evaluó los boquetes de las paredes para determinar si se los podría tapar para disminuir la contaminación sonora en otros puestos de trabajo. A continuación se presentan las propiedades acústicas del área de trabajo.

5.1.3.1. Propiedades acústicas del área de trabajo

Aquí se determinó el tiempo de reverberación de cada una de las áreas, para saber si el local es reverberante, absorbente o intermedio.

Para conocer el tiempo de reverberación estimado se siguen los siguientes pasos (Ver Apéndice F):

1. Cálculo del área (m²).
2. Cálculo del volumen del área de trabajo (m³).
3. Encontrar los coeficientes de absorción de cada material.
4. Determinar el área de absorción de cada local.
5. Emplear la fórmula del capítulo 3 (tiempo de reverberancia).
6. Restar el tiempo de reverberación encontrado para obtener el Tr equivalente para un local de 100 m³.
7. Comparar el Tr equivalente en la tabla de tiempos orientativos para saber que tipo de local es.

TABLA 7

COEFICIENTES DE ABSORCIÓN PARA CADA MATERIAL

<i>MATERIALES</i>	<i>FRECUENCIAS</i>						<i>α m</i>
	<i>125</i>	<i>250</i>	<i>500</i>	<i>1000</i>	<i>2000</i>	<i>4000</i>	
Bloque Pintado	0,1	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08	0,068
Concreto	0,01	0,01	0,015	0,02	0,02	0,02	0,016
Techo	0,35	0,25	0,18	0,12	0,08	0,04	0,158
Hormigón	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,018
Lana de roca (Baffles)	0,19	0,5	0,84	0,9	0,99	0,9	0,808

TABLA 8

TABLA PARA COMPARAR EL ÍNDICE DE REVERBERANCIA

INCREMENTO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN PARA LOS VALORES INDICADOS			
VOLUMEN (m ³)	ΔTr (SEGUNDOS)	VOLUMEN (m ³)	ΔTr (SEGUNDOS)
200	0,1	6000	0,6
400	0,2	12000	0,7
800	0,3	24000	0,8
1600	0,4	50000	0,9
3000	0,5	100000	1

TABLA 9

ESCALAS PARA DETERMINAR EL TIPO DE LOCAL

TIPO DE LOCAL	TIEMPO DE REVERBERACIÓN (ΔTr)
Local reverberante	> 1 segundo
Local intermedio	0,4 a 1 segundo
Local absorbente	< 0,4 segundos

TABLA 10

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

RESULTADOS				TIEMPO PARA LOCALES HASTA 100 m ³	TIPO DE LOCAL
ÁREAS DE TRABAJO	ÁREA (Sabines)	VOLUMEN (m ³)	TIEMPO DE REVERBERACIÓN		
ÁREA DE TREFILACIÓN	70,80	737,78	1,03	0,73	INTERMEDIO
ÁREA DE EMPAQUE	72,45	354,85	0,78	0,58	INTERMEDIO
ÁREA DE CORTE, MEZCLA, HORNO Y PRENSA	133,16	2873,65	1,71	1,21	REVERBERANTE
TODA LA PLANTA	239,78	3966,28	2,79	2,29	REVERBERANTE

De acuerdo a los resultados mostrados en la TABLA 10, se tiene que el área de trefilación y empaque son más absorbente del ruido que el resto de áreas. Además se obtuvo un tiempo de reverberancia de 2.79 segundos para toda la planta, que comparado en la TABLA 10 dio como resultado ser un local reverberante.

Debido a esto encontramos también problemas con la inteligibilidad de palabra, Dado que los sonidos se mantienen demasiado tiempo y las sílabas se mezclan dificultando su entendimiento.

➤ **Análisis de paredes**

De acuerdo a las observaciones realizadas, se ha podido constatar que existen varias paredes que están aumentando la reflexión de las ondas sonoras en unos casos, y en otros, la falta de las mismas ha hecho aumentar los niveles de ruido en otras áreas, para esto se analizó la superficie de cada área de trabajo:

➤ **Área de trefilación**

El área de trefilación tiene una superficie de paredes de 207 m², las mismas que se encuentran con boquetes en la parte trasera y frontal de las trefiladoras. Analizando la reflexión que se produce en las paredes encontramos que existe una gran reflexión en la parte trasera de las trefiladoras. También de las observaciones que se hicieron, se encontró que existe un boquete de 3x04 metros y otro de 0.98x1.35 metros, que se encuentran frente a las trefiladoras, por donde las ondas sonoras pasan al área de empaque contaminando esta área.

Se dice que una barrera pierde su efectividad frente a una fuente de ruido cuando en ella se encuentra agujeros o boquetes, como es este caso, produciéndose una disipación de las ondas sonoras de forma esférica.

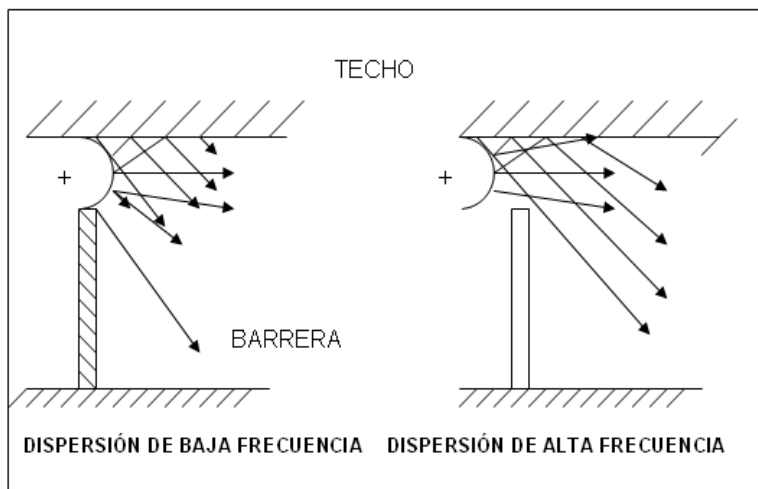


FIGURA 5.1. ABERTURAS QUE ACTÚAN COMO UNA FUENTE ESFÉRICA

Las aberturas actúan como una fuente esférica, con centro en la misma, cuando son de baja frecuencia, y atrás de la barrera cuando son de alta frecuencia.

Para nuestro estudio tenemos que las ondas sonoras oscilan con mayor frecuencia entre 1000 y 4000 hertzios teniendo una dispersión detrás de la barrera.

➤ Área de corte

En esta área se observó que se habían tapado algunos boquetes debido a que la luz del sol molestaba a los trabajadores, pero sin contar los administradores de esta planta que al tapar estos boquetes se aumentaría la

reflexión de las ondas sonoras y por ende la reverberación.

Es por esto

que se recomienda abrir nuevamente los boquetes y poner planchas de cinc, para evitar los rayos solares; con esto lograría disminuir el tiempo de reverberancia de 2.78 a 2.72 y aumentar su absorción de 227 a 232 respectivamente.

Estos valores podrían ser mejorados si se aumentara la absorción del recinto, con baffles absorbentes para disminuir los niveles de presión sonora del campo reverberante. A continuación se presenta el baffle acústico que se propone para mejorar la absorción.



FIGURA 5.2. BAFFLES ACÚSTICOS

Este baffle acústico tiene las siguientes especificaciones: 600x600x50 mm y 0.84 m² de superficie por plancha;

formada por cerco perimetral de chapa lacada de 0.8 mm, y lana de roca de 80 Kg/m³ cubriendo un total de 2.64 planchas por metro cuadrado. Para la planta de electrodos se necesita cubrir 608 m²; por lo que se necesitaría 1608 planchas, aumentando el área de absorción de 233 a 1323 sabines y por ende absorbiendo 7.54 dB del campo reverberado (Ver apéndice F).

5.1.3.2. Diseño del sistema de control de ruido para las máquinas más ruidosas

Para diseñar el sistema de control de ruido fue necesario elegir el mejor sistema de control acorde a las necesidades de la empresa. A continuación se presenta una tabla que indica los sistemas que se pueden implementar para disminuir el ruido.

TABLA 11

EVALUACIÓN DEL SISTEMA A EMPLEAR PARA LA DISMINUCIÓN DEL RUIDO

Sistemas de control de ruido	Reducción(dB)	Facilidad de Comunicación	Obstaculización del flujo productivo	Costo
1. Uso de materiales que absorben el ruido en paredes y cielorrasos de las áreas de trabajo	MEDIO	ALTO	BAJO	MUY ALTO
2. confinamiento de máquinas muy ruidosas en cámaras acústicamente aisladas	ALTO	ALTO	BAJO	ALTO
3. Aislamiento del trabajador, en una casilla practicamente a prueba de ruidos para el y sus ayudantes	ALTO	BAJO	ALTO	ALTO

De acuerdo a la tabla 11 se han encontrado los siguientes resultados:

Para la primera alternativa que habla sobre el uso de materiales que absorben el ruido en paredes y cielorrasos podemos decir que solo afectará en la reflexión de las ondas sonoras y no debemos olvidar que el trabajador aún está recibiendo las ondas que son emitidas directamente hacia él, dado que este está ubicado en el campo próximo ó directo. En el caso de los baffles, estos tienen un costo de 98 dólares por m², como se necesitan 578 m² (1608 baffles x 0.36 m²/baffle) en total se invertiría alrededor de 56644 dólares resultando ser muy costoso para la empresa.

Confinamiento de las máquinas más ruidosas en cámaras acústicamente aisladas, esta es una alternativa que se enfoca en las máquinas que mayor cantidad de ruido producen, pudiendo obtener buenos resultados a un costo bajo en comparación con las demás; implementando este método se conseguirá disminuir los niveles de ruidos de las demás áreas y también reducir la dosis de ruido recibida por el trabajador.

Finalmente la última alternativa que habla sobre aislar al trabajador en una casilla prácticamente a prueba de ruido y solo para los trabajadores que están en las máquinas más ruidosas, se ha encontrado que únicamente la dosis de ruido disminuirá para los trabajadores que se encuentran operando estas máquinas, mientras que para los trabajadores que se encuentran en las demás áreas este sistema no funcionaría. Con respecto a la comunicación esta no es muy buena dado que los operarios están aislados de las demás áreas; con respecto a la obstaculización durante el proceso productivo, las cámaras protectoras serían un estorbo para las grúas aéreas; en conclusión este sistema sería muy costoso y complicado de adaptar en esta planta.

Luego de evaluar cada alternativa se ha llegado a la conclusión de que lo mejor sería hacer un diseño para encapsular a las máquinas más ruidosas, con el fin de disminuir el NPS del campo directo.

Una vez evaluadas cada una de las áreas de la planta se encontró que las cortadoras eran las máquinas que más contaminaban acústicamente al resto de áreas. Es por esto

que se pretende hacer un diseño en el encapsulamiento (Ver Apéndice F) para tener una mejor atenuación del ruido.

- **Encapsulamiento para cortadoras**

Para obtener un buen aislamiento acústico en las máquinas cortadoras se siguieron los siguientes pasos:

1. Encontrar la densidad superficial del material a usar.
2. Estimar el espesor de la chapa de acero.
3. Calcular el TL según la fórmula del capítulo 3.
4. Es importante señalar que cuando el TL llega a la altura de meseta (40dB), para el acero, este se mantiene constante por las siguientes 3 octavas, y luego de esto tendrá un aumento de 6 dB por octava.

A continuación se presenta una tabla con los cálculos realizados:

- La densidad superficial del acero es de $77 \text{ Kg/m}^2/\text{cm}$.
- Se propone el espesor de la chapa en 6 mm.

TABLA 12
PERDIDAS POR TRANSMISIÓN

<i>FÓRMULAS</i>	<i>FRECUENCIAS</i>							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
20 LOG m	33,29	33,29	33,29	33,29	33,29	33,29	33,29	33,29
K=20Log F-48	-12,01	-6,06	-0,04	5,98	12,00	18,02	24,04	30,06
TL	21,28	27,23	33,25	39,27	40,00	40,00	40,00	40,00

Partiendo de que el acero tiene una frecuencia crítica de 1270 Hz. cm a 1 cm, se encontró para un espesor de 6 mm una frecuencia de 2754 Hz; pudiendo disminuir hasta en 10 dBA el TL cuando alcanza este valor.

- **Una vez que se ha encontrado la pérdida por transmisión a un determinado espesor se procedió al diseño del encapsulamiento.**

Para el diseño del protector se ha considerado los siguientes requerimientos:

- Poner puntos de anclaje en la base del nuevo cobertor.
- Tener un orificio de entrada del alambre de unos dos centímetros.
- Poner un seguro en la puerta por donde se cambia el aceite.

- Tener un filo con caucho en donde asienten las puertas.
- Poner corcho tanto en la parte interior del cobertor como en la bandeja que recoge los palillos para evitar ruidos de impacto y aumentar el grado de absorción en el interior de la máquina.
- Poner una puerta más pequeña dentro de la grande para disminuir los niveles de ruido que se producen al tener toda la puerta abierta, de esta forma se disminuiría también el trabajo de estar abriendo esta pesada puerta.

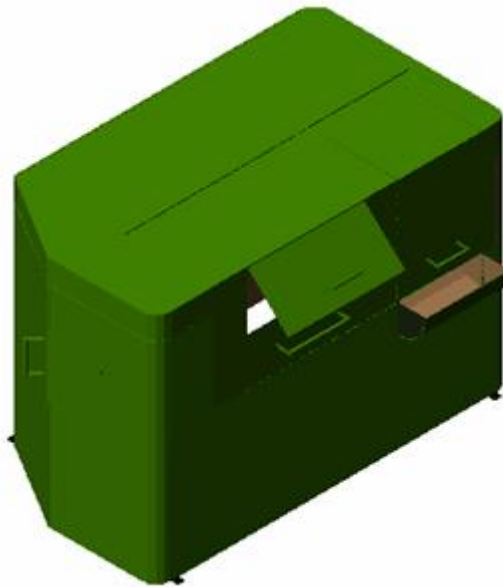


FIGURA 5.3. DISEÑO DEL SISTEMA PARA CONTROLAR EL RUIDO

5.2. Controles administrativos

Los controles administrativos son todas aquellas decisiones que los administradores tomen para mejorar el confort de los trabajadores y disminuir los niveles de ruido. Los controles administrativos también pueden analizar procedimientos que estén causando ruido como por ejemplo en el área de prensa, en la alimentadora de varillas, se utiliza una placa metálica para nivelar los alambres produciendo niveles altos de ruido al producirse el impacto entre la placa metálica y las varillas.

Los controles administrativos también se refieren a equilibrar el trabajo cuando el operario tiene que trasladarse de un lugar a otro, como en el área de trefilación, un trabajador tiene que trasladarse a un área que está junto a las cortadoras para amarrar el alambre, esto aumenta la dosis de ruido. Una vez que todas las medidas han sido tomadas y aún los niveles de ruido son altos, no queda otra alternativa que proteger a los trabajadores con equipos de protección auditiva.

5.2.1. Protección auditiva personal

Los equipos de protección personal son de mucha importancia cuando los niveles de ruido no han podido ser

controlados con las medidas de ingeniería, además esta empresa si ha protegido a sus trabajadores, brindándoles EPP, pero se preguntó a uno de sus administradores si se compraron los equipos teniendo conocimiento de los niveles de ruido existentes, y también si hicieron un análisis en octavas de banda para comparar con la atenuación que manda el fabricante del equipo, para determinar si este proporciona una buena atenuación en la frecuencias principal del ruido. Las respuestas fueron negativas no se había comprobado si los equipos que estaban siendo utilizados eran los más apropiados.

Las fluctuaciones del ruido son variables y muy diferentes en cada empresa, es por esto que se deben verificar los equipos antes de comprarlos para saber cual es el que conviene comprar. Las empresas pueden dar a sus trabajadores orejeras, pero si estas no atenúan adecuadamente no sirve de nada.

5.2.1.1. Evaluación de los equipos de protección personal (EPP) que se están utilizando

El método que se utilizó para evaluar las orejeras es el de octavas de banda, por ser unos de los más

confiables y utilizados en la industria según la norma técnica UNE en ISO 4869 Acústica.

- Se requiere conocer los niveles de presión sonora, en bandas de octavas (Ver Apéndice G).
- Tener los datos de atenuación del protector (dB).
- Calcular la protección asumida ($VPA=mf-\delta$) con 84% de probabilidad (1).
- Cálculo del nivel de presión sonora en ponderación A (LpA).
- Luego se calcula el nivel de presión sonora efectivo (LpA').
- Cálculo de la reducción predicha del nivel de ruido.
- Representación gráfica del espectro de frecuencias incluyendo la ponderación A, y también presentar la representación gráfica del espectro de frecuencias en ponderación A junto con la atenuación del protector.

(1) 84% de probabilidad quiere decir que es la atenuación que dispondrán 84 de cada 100 personas que lo utilicen. La protección real está condicionada al uso correcto y al grado de mantenimiento que se le de al EPP.

Siguiendo los pasos antes mencionados se procedió a verificar si el protector utilizado en el área de trefilación y corte era el adecuado.

➤ **Evaluación del EPP para el área de trefilación:**

Medición del NPS (dB)

PUNTO #	COMENTARIO	FRECUENCIAS (HZ)							
		31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
6	TREFILACIÓN (FRONTAL)	53	50	57	72	79	82	87	89

Datos de atenuación del protector:

	FRECUENCIAS (HZ)							
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
mf			11	13,6	22,8	32,5	34,4	40,2
σ			3,1	2	3,6	3	2,3	2,5

• **Cálculo de la atenuación del protector:**

	FRECUENCIAS (HZ)							
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
mf			11	13,6	22,8	32,5	34,4	40,2
σ			3,1	2	3,6	3	2,3	2,5
VPA			7,9	11,6	19,2	29,5	32,1	37,7

• **Cálculo de nivel de presión sonora efectivo (LpA')**

	FRECUENCIAS (HZ)								GLOBAL
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	
Lp(dB)		50	57	72	79	82	87	89	83,00
PONDERACIÓN A		-26	-16	-8,6	-3,2	0	1,2	1	
LpA		23,8	40,9	63,4	75,8	82	88,2	90	83,00
VPA			7,9	11,6	19,2	29,5	32,1	37,7	
LpA'			33	51,8	56,6	52,5	56,1	52,3	61,52

La reducción predicha para el nivel de ruido es entonces:
 $83\text{dBA} - 61.52\text{dBA} = 21.48\text{ dBA}$ que se aproxima al dado por el fabricante que fue de 21 dB.

A Continuación se presenta las gráficas del espectro de frecuencias del ruido incluyendo la ponderación (A) junto con la atenuación del protector.

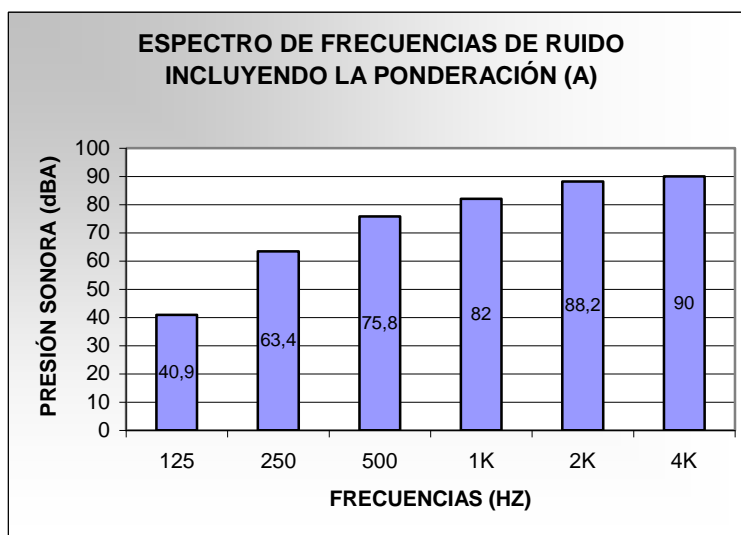


FIGURA 5.4. ESPECTRO DE FRECUENCIAS DEL ÁREA DE TREFILACIÓN

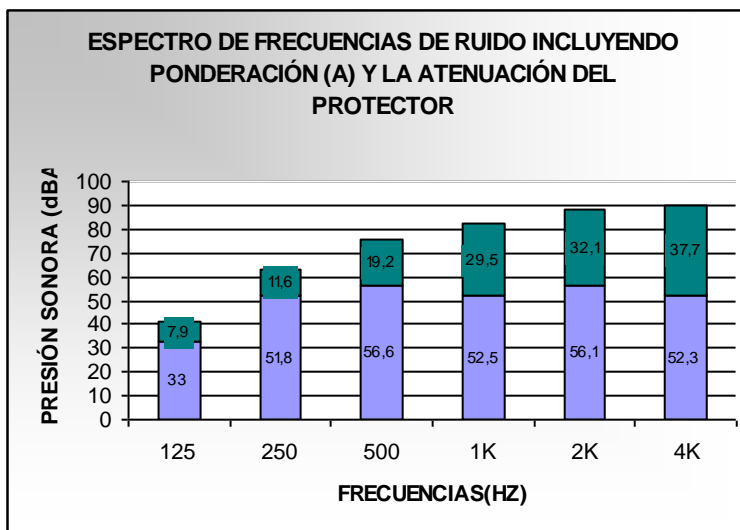


FIGURA 5.5. EFECTO DE LA ATENUACIÓN SOBRE EL NPS EN EL ÁREA DE TREFILACIÓN

De acuerdo a los datos presentados se puede concluir que el equipo de protección personal suministrado a los trabajadores del área de trefilación es el apropiado.

➤ **Evaluación del protector para el área de corte (SDR3)**

• **Medición del NPS (dB)**

PUNTO #	COMENTARIO	FRECUENCIAS							
		31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
55	CORTADORA SDR 3	50	50	60	62	75	75	81	75

• **Datos de atenuación del protector:**

	FRECUENCIAS (HZ)							
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
mf			11	13,6	22,8	32,5	34,4	40,2
σ			3,1	2	3,6	3	2,3	2,5

- Cálculo de la atenuación del protector:

	FRECUENCIAS (HZ)							
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
mf			11	13,6	22,8	32,5	34,4	40,2
σ			3,1	2	3,6	3	2,3	2,5
VPA			7,9	11,6	19,2	29,5	32,1	37,7

- Cálculo de nivel de presión sonora efectivo (LpA')

	FRECUENCIAS (HZ)								GLOBAL	
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K		
Lp(dB)		50	60	62	75	75	81	75		80,00
PONDERACIÓN A		-26	-16	-8,6	-3,2	0	1,2	1		
LA		23,8	43,9	53,4	71,8	75	82,2	76		81,00
VPA			7,9	11,6	19,2	29,5	32,1	37,7		
LA'			36	41,8	52,6	45,5	50,1	38,3		55,63

La reducción predicha para el nivel de ruido es entonces:
 $81\text{dBA} - 56.63\text{dBA} = 24.37\text{ dBA}$ que supera a la atenuación dada por el fabricante de 21 dB.

A Continuación se presenta las gráficas del espectro de frecuencias incluyendo la ponderación (A) junto con la atenuación del protector para esta área.

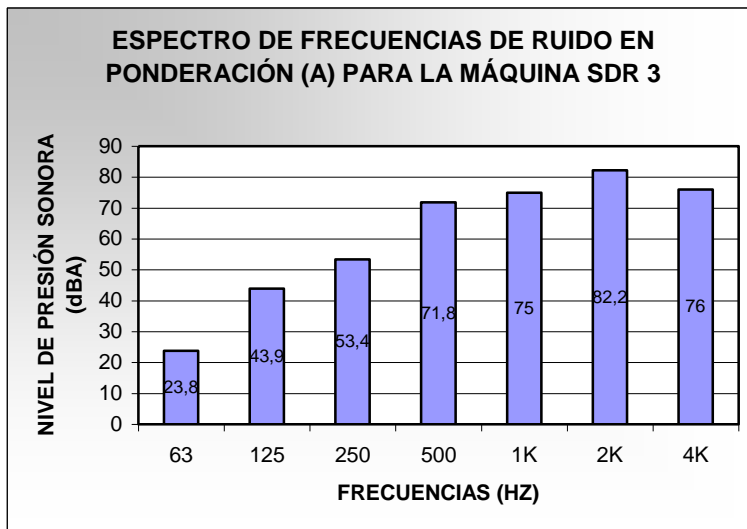


FIGURA 5.6. ESPECTRO DE FRECUENCIAS DEL ÁREA DE CORTE (SDR3)

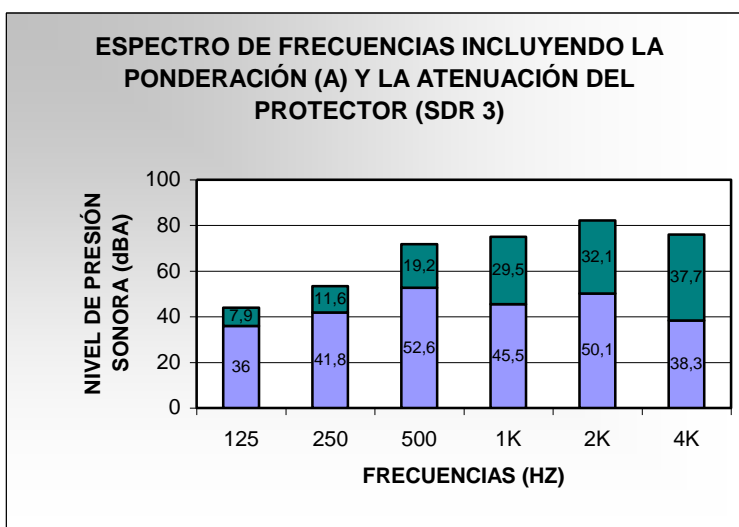


FIGURA 5.7. EFECTO DE LA ATENUACIÓN SOBRE EL NPS EN EL ÁREA DE CORTE (SDR3)

➤ Evaluación del protector para el área de corte (REL3)

• Medición del NPS (dB)

PUNTO #	COMENTARIO	FRECUENCIAS							
		31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
59	CORTADORA REL 3	63,4	61,6	61,6	62,6	72,6	77,6	90,1	96,5

• Datos de atenuación del protector:

	FRECUENCIAS (HZ)							
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
mf			11	13,6	22,8	32,5	34,4	40,2
σ			3,1	2	3,6	3	2,3	2,5

• Cálculo de la atenuación del protector:

	FRECUENCIAS (HZ)							
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
mf			11	13,6	22,8	32,5	34,4	40,2
σ			3,1	2	3,6	3	2,3	2,5
VPA			7,9	11,6	19,2	29,5	32,1	37,7

• Cálculo de nivel de presión sonora efectivo (LpA')

	FRECUENCIAS (HZ)								GLOBAL
	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K	
Lp(dB)	63,4	61,6	61,6	62,6	72,6	77,6	90,1	96,5	82,60
PONDERACIÓN A		-26	-16	-8,6	-3,2	0	1,2	1	
LpA		35,4	45,5	54	69,4	77,6	91,3	97,5	84,00
APVf			7,9	11,6	19,2	29,5	32,1	37,7	
LpA'			37,6	42,4	50,2	48,1	59,2	59,8	62,97

La reducción predicha para el nivel de ruido es entonces:

84dBA-62.97dBA= 21.03 dBA que se aproxima al dado por el

fabricante que fue de 21 dB.

A Continuación se presenta las gráficas del espectro de frecuencias incluyendo la ponderación (A) junto con la atenuación del protector para la máquina REL-3, en el área de corte.

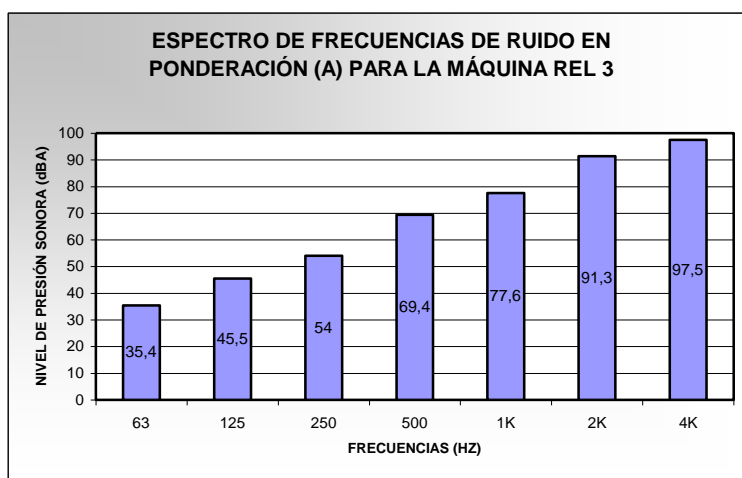


FIGURA 5.8. ESPECTRO DE FRECUENCIAS DEL ÁREA DE CORTE (REL3)

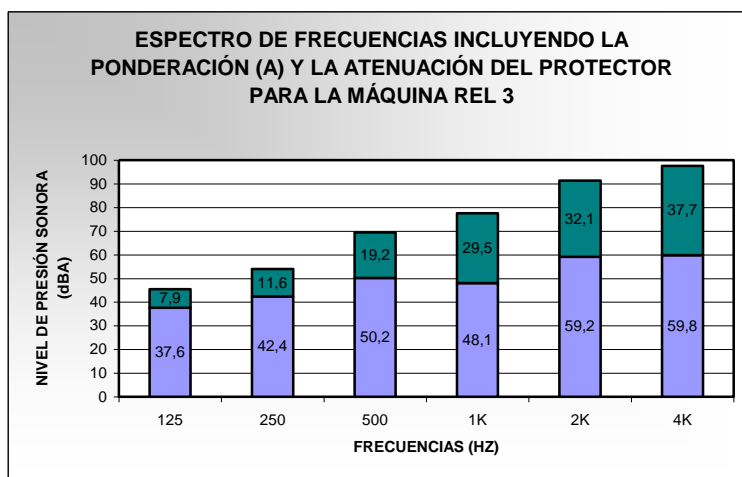


FIGURA 5.9. EFECTO DE LA ATENUACIÓN SOBRE EL NPS EN EL ÁREA DE CORTE (REL3)

Se puede concluir que las orejeras que se les ha suministrado a los trabajadores son confiables y además que atenúan muy bien el ruido en las frecuencias altas. Para el área de extrusión se recomienda usar el mismo protector tanto en la alimentadora como en la prensa.

5.2.1.2. Capacitación al personal sobre el tema del ruido

La capacitación a los trabajadores sobre el tema de ruido es muy importante, dado que si no se lo hace no serviría de nada las medidas que anteriormente se han tomado. Es por esto que a continuación se presenta una breve explicación de lo que se debería informar en las capacitaciones, de acuerdo a la organización internacional del trabajo (OIT).

➤ **Los empleadores deberían asegurarse de que se informe a los trabajadores que cumplen tareas en medios ruidosos sobre:**

- a) Los resultados de sus pruebas audiométricas.
- b) Los factores que dan lugar a una pérdida de la audición a causa del ruido y las consecuencias que esta entraña para el trabajador afectado, incluidas las

consecuencias que tal pérdida tiene en otras esferas, entre ellas, la esfera social especialmente cuando se trata de trabajadores jóvenes.

- c) Las precauciones necesarias, en especial aquellas que requieran la intervención del trabajador o el uso de dispositivos de protección auditiva (ver también normas y códigos).
- d) Los efectos que un ambiente ruidoso puede tener en la seguridad general de los trabajadores.
- e) Los síntomas de los efectos perjudiciales de la exposición a niveles altos de ruido y vibración.

5.2.1.3. Audiometrías

Las audiometrías ayudan a determinar el grado de audición de un trabajador por medio de tonos puros a diferentes frecuencias. Para precautelar la salud de los mismos y siguiendo los parámetros expuestos en el **REAL DECRETO 1316/1989**, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo, establece:

Trabajadores expuestos a un nivel de ruido entre 85 y 90 dBA la empresa deberá:

- Establecer periódicamente (cada 3 años) controles médicos auditivos (audiometrías) iniciales y posteriores.
- Realizar una evaluación de la exposición al ruido cada año.

CAPÍTULO 6

6. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS

Una vez hecho el análisis para saber los niveles de ruido en la empresa y la forma de combatirlos, se procedió a determinar los costos que se incurrirán en caso de llevar a cabo el proceso de mitigación.

Para hacer esto se ha considerado presentar un diagrama con todos los costos relacionados con el ruido. De éste diagrama solo serán tomadas las alternativas que están involucradas con las mejoras que se han presentado a la compañía.

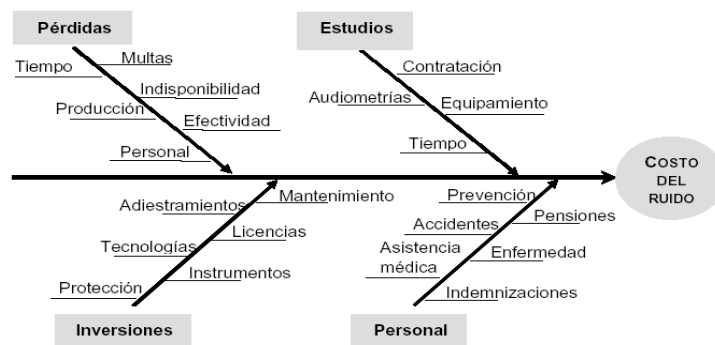


FIGURA 6.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA (8)

6.1. Costos de los controles de ingeniería

De la espina de Ishikawa de la figura 6.1 se ha escogido los costos relacionados con los controles de ingeniería, los mismos que se presentan a continuación.

- Costo del estudio de tiempo.
- Costo del estudio con sonómetro.
- Costos del diseño del encapsamiento de las cortadoras y costos de los EPP.

➤ Costo del estudio de tiempo

En este proyecto fue de vital importancia conocer el tiempo y el proceso de cada una de las operaciones, puesto que sin estos datos no se podía hacer las mediciones con el sonómetro. El costo de este estudio está dentro del costo del estudio con sonómetro.

➤ Costo del estudio con sonómetro

Actualmente existen varias compañías que realizan estudios para evaluar los niveles de ruido, el mismo que tiene un costo estimado de 50 a 80 dólares por punto.

En este trabajo se midieron alrededor de 200 puntos para evaluar el ruido de una forma más científica y hacer un mapa de ruido de

toda la planta, con el fin de obtener una mayor precisión de la contaminación acústica. Pero para mediciones donde solo se quiera conocer dosis y tiempo de exposición no es necesario hacer todo un mapa acústico, sino enfocarse en los puntos donde el trabajador permanezca la mayor cantidad de tiempo.

➤ **Costos del diseño del encapsulamiento de las cortadoras y costos de los equipos de protección personal**

Luego que se diseñó el encapsulamiento de la cortadora se encontró que se requerían los siguientes materiales:

TABLA 13
COSTO DEL DISEÑO DEL ENCAPSULAMIENTO DE LA CORTADORA SDR3

LISTA DE MATERIALES	CANTIDAD	COSTO TOTAL(\$)
Plancha de acero 1,5mx6mx6mm	2	940
Soldadura(Kg.)	3	6,6
Costos de corte en plancha	21	10,5
Mano de obra (días)	5	50
Planchas de corcho	21	377,58
TOTAL		1384,68

Aquí no se han tomado en cuenta los costos de los accesorios como las chapas y bisagras. En lo que respecta al corcho este se encuentra en planchas de 60.9 cm x 121 cm x 4 mm, con un alfa (α)

de 0.1, el mismo que tiene un costo de 17.98 dólares teniendo en cuenta que se necesitan 16 m² aproximadamente para cubrir toda la parte interna de la caja.

➤ **Costos de los controles administrativos**

Los equipos de protección personal que se están utilizando actualmente de acuerdo a la evaluación que se realizó, en el capítulo 5 y con una tasa de reducción de ruido (NRR) de 21 dB, si son los apropiados, pero no todos los trabajadores de la planta cuentan con estos auriculares. Solo en el área de trefilación y corte se les proporcionó estos equipos, mientras que en el área de extrusión no se les ha proporcionada estas protecciones. A continuación se presenta el costo que se incurrirá en el caso de proporcionarles estas protecciones a los trabajadores del área de extrusión:

TABLA 14

LISTA DE EQUIPOS (EPP)

Artículos	Cantidad	Costo (\$)
Auriculares	2 unid	30

➤ **Costos de las audiometrías**

Hacer una audiometría requiere de tiempo y de dinero. Antes de hacer una audiometría los trabajadores deben haber estado fuera de exposición de ruido un tiempo mínimo de 12 horas, para que el oído este descansado. El costo de la audiometría es de 12 dólares por trabajador.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que a continuación se presentan han sido ordenadas para cada área de trabajo.

- **CONCLUSIONES**

1. En el área de trefilación, punto número 6 y punto número 49, se encontró un nivel de presión sonora de 93.8 dBA y 93.1 dBA, que sumados dan una dosis de 1.4, incumpliendo con la Norma Ecuatoriana que indica que esta debe ser menor a 1.
2. En el área de corte, los operadores de las máquinas REL-3 y SDR-3, están expuestos a dosis de ruido de 6.7 en el punto 59 y 7.99, en el punto 55 respectivamente, incumpliendo con la Norma Ecuatoriana de exposición al ruido industrial. El ruido es incrementado significativamente por dos factores que se pueden

identificar como: El uno es cuando la varilla sale cortada y cae por gravedad hacia un cestón metálico donde se produce un ruido de impacto que sobrepasa los 100 dBApico. El otro factor muy importante es que cuando el trabajador saca los palillos de la bandeja metálica, los empareja en un yunque provocando el roce de las varillas metálicas con el yunque, aumentando una vez más el nivel de ruido. Además cabe mencionar que también deja caer las varillas emparejadas a un cesto para ser llevado a la alimentadora de varillas.

3. En el área de extrusión se ha encontrado que el ruido es incrementado significativamente por dos factores principales los cuales son: El primero es que en el punto 208 el operario de la alimentadora de varillas golpea con una placa metálica las puntas que sobresalen para que bajen uniformemente y el segundo factor es que en el punto 240 se produce un roce entre la bandeja que lleva los electrodos y la bancada de la transportadora.
4. En el área de empaque no se ha hecho observaciones y podemos decir que es un área que depende de las modificaciones y mejoras que se hagan en el resto de áreas.
5. En cuanto a las áreas de pre-mezcla, mezcla húmeda, y tochera, podemos recalcar que se encuentran dentro de los límites

permisibles y es por eso que no se ha expuesto con gráficos, pero que en las tablas adjuntas se encuentran las mediciones, los tiempos permisibles y las dosis de ruido obtenidas para estas áreas (*Ver Apéndice C*).

6. Con las conclusiones antes presentadas y con el gráfico de comparación de la Figura 4.15 se determinaron las áreas que mayor ruido generan, las cuales fueron: El área de Trefilación, el área de Corte y el área de Extrusión
7. El ruido encontrado en la planta tiene un comportamiento de tipo variable debido a que pasó de 5 dBA cuando se hizo la resta entre los NPS máximo y mínimo en cada área de trabajo
8. Respecto al análisis de vibraciones se puede concluir que existe mucha vibración en la base de la máquina cortadora SDR3 debido a que sus puntos de anclaje se encuentran flojos. Además se encontró un valor de vibración de 1.15 m/s^2 que comparado en la norma ISO 2631-1 (*Ver Apéndice A*) se llega a la conclusión de que este sitio es inconfortable para el trabajador.
9. Respecto a los equipos de protección personal podemos concluir que las orejeras que actualmente se están utilizando son las

adecuadas, dado que de acuerdo al análisis hecho, estas atenúan muy bien en las frecuencias donde el ruido es más intenso.

- **RECOMENDACIONES**

1. En el área de corte y extrusión, se recomienda cubrir las superficies metálicas con algún tipo de caucho o suela, para evitar el contacto entre metal y metal. Las superficies que deberían cubrirse son las siguientes:

- (a) Yunque que se encuentran en los puntos 55 y 59, en el área de corte.

- (b) Bandeja que recoge los palillos cortados, en el área de corte.

- (c) Placa que sirve para emparejar los palillos en la alimentadora.

- (d) Bancada de la transportadora.

Recubriendo estas partes se estima que el nivel de ruido disminuya por lo menos unos 10 dBA, lo cual es significativo.

2. En el área de trefilación se debe equilibrar la carga de trabajo cuando los operarios de las trefiladoras se trasladan del punto 6 al 49 con el objetivo de disminuir la dosis de ruido.

3. En el área de corte se recomienda reubicar a los trabajadores de las cortadoras debido a que están ubicados en los puntos 55 y 59 que es donde la energía sonora es demasiado intensa.
4. Usar obligatoriamente dispositivos de protección individual contra el ruido (tapones y/o orejeras) en el área de trefilación, corte, alimentadora de varillas, y momentáneamente en el puesto de los bandejeros.
5. También sería muy conveniente capacitar a los trabajadores de la planta para tratar de que tengan un criterio formado de los riesgos que corren si no toman las debidas precauciones en áreas donde se requiera protección auditiva; además se recomienda hacer una campaña interna en la empresa para en lo posible disminuir los niveles de ruido y formar una cultura de ruido en el trabajador.

- **Audiometría**

- Se recomienda establecer periódicamente (cada 3 años) controles médicos auditivos (audiometrías) iniciales y posteriores.
- Realizar una evaluación de la exposición al ruido cada año.

APÉNDICES

APÉNDICE A

NORMAS Y CÓDIGOS

CÓDIGO DEL TRABAJO

(25) Reglamento de Seguridad y salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de trabajo

Título II- Capítulo V

Medio ambiente y riesgos laborales por factores físicos, químicos y biológicos.

Artículo 53. Condiciones Generales Ambientales: Ventilación, Temperatura y Humedad.

4. En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y solo cuando resulten técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizaran los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.

Artículo 55. Ruidos y Vibraciones

1. La prevención de riesgos por ruido y vibraciones se efectuara aplicando la metodología expresada en el apartado 4 del artículo 53.
2. El anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos o vibraciones se efectuará con las técnicas que permitan lograr su óptimo equilibrio estático y dinámico, aislamiento de la estructura o empleo de soportes antivibratorios.
3. las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un

programa de mantenimiento adecuado que aminore en lo posible la emisión de tales contaminantes físicos.

4. se prohíbe instalar máquinas o aparatos que produzcan ruidos o vibraciones, adosados a paredes o columnas, excluyéndose los dispositivos de alarma o señales acústicas
5. Los conductos con circulación forzada de gases, líquidos o sólidos en suspensión, especialmente cuando estén conectados directamente a máquinas que tengan partes en movimiento, siempre y cuando contribuyan notablemente al incremento del ruido y vibraciones estarán provistos de dispositivos que impidan la transmisión de las vibraciones mediante materiales absorbentes en sus anclajes y en las partes de su recorrido que atraviesen muros o tabiques.
6. se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro medido en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso del ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido.
7. Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con ocho horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido.

8. Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Nivel Sonoro / dB (A-lento)	Tiempo de Exposición por jornada / hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

Los distintos niveles sonoros y sus correspondientes tiempos de exposición permitidos señalados, corresponden a exposiciones continuas equivalentes en que la dosis de ruido diaria (D) es igual a 1.

En el caso de exposiciones intermitentes a ruido continuo, debe considerarse el efecto combinados de aquellos niveles sonoros que son iguales o que excedan de 85 dB (A). Para tal efecto la Dosis de Ruido Diaria (D) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula y no debe ser mayor de 1:

$$D = C1/ T1 + C2/ T2.....+ Cn / Tn$$

C= tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico.

T= tiempo total permitido a ese nivel.

En ningún caso se permitirá sobrepasar el nivel de 115 dB (A) cualquiera que sea el tipo de trabajo.

Ruido de impacto.- se considera ruido de impacto a aquel cuya frecuencia de impulso no sobrepasa de un impacto por segundo y aquel cuya frecuencia sea superior, se considera continuo.

Los niveles de presión sonora máxima de exposición por jornada de trabajo de 8 horas dependerán del número total de impactos en dicho periodo de acuerdo con la siguiente tabla:

Número de impulsos o impactos por jornada de 8 horas	Nivel de presión sonora máxima (dB)
100	140
500	135
1000	130
5000	125
10000	120

9. Las máquinas, herramientas que originen vibraciones, tales como martillos neumáticos, apisonadoras, remachadoras, compactadoras y vibradoras o similares, deberán estar provistas de dispositivos amortiguadores y al personal que los utilice se les proveerá de equipo de protección antivibratorio.

Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

“Si no fuese posible la disminución del ruido por debajo de 85 decibeles (A) a través de otras técnicas, por imperativo del proceso industrial, la empresa suministrará a los trabajadores expuestos, los medios de protección personal adecuados o regulará los periodos de actividad, de acuerdo con las tablas de tiempo y exposición permisible.”

Los equipos pesados como tractores, traíllas, excavadoras o análogas que produzcan vibraciones, estarán provistas de asientos con amortiguadores y suficiente apoyo para la espalda.

TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

Limites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y FUENTES MÓVILES, y para vibraciones

0 INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.
- Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.
- Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.

1 OBJETO

La presente norma tiene como objetivo el preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece además los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como disposiciones generales en lo referente a la prevención y control de ruidos.

Se establecen también los niveles de ruido máximo permisibles para vehículos automotores y de los métodos de medición de estos niveles de ruido. Finalmente, se proveen de valores para la evaluación de vibraciones en edificaciones.

2 DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, y las que a continuación se indican:

2.1 Decibel (dB)

Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

2.2 Fuente Fija

En esta norma, la fuente fija se considera como un elemento o un conjunto de elementos capaces de producir emisiones de ruido desde un inmueble, ruido que es emitido hacia el exterior, a través de las colindancias del predio, por el aire y/o por el suelo. La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o social.

2.3 Generadores de Electricidad de Emergencia

Para propósitos de esta norma, el término designa al conjunto mecánico de un motor de combustión interna y un generador de electricidad, instalados de manera estática o que puedan ser transportados e instalados en un lugar específico, y que es empleado para la generación de energía eléctrica en instalaciones tales como edificios de oficinas y/o de apartamentos, centros comerciales, hospitales, clínicas, industrias. Generalmente, estos equipos no operan de forma continua. Esta norma no es aplicable a aquellas instalaciones de generación de energía eléctrica destinadas al sistema nacional de transmisión de electricidad, y que utilizan tecnología de motores de combustión interna.

2.4 Nivel de Presión Sonora

Expresado en decibeles, es la relación entre la presión sonora siendo medida y una presión sonora de referencia, matemáticamente se define:

$$NPS = 20 \log_{10} \left[\frac{PS}{20 * 10^{-6}} \right]$$

Donde *PS* es la presión sonora expresada en Pascales (N/m²).

2.5 Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)

Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido.

2.6 Nivel de Presión Sonora Corregido

Es aquel nivel de presión sonora que resulte de las correcciones establecidas en la presente norma.

2.7 Receptor

Persona o personas afectadas por el ruido.

2.8 Respuesta Lenta

Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

2.9 Ruido Estable

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

2.10 Ruido Fluctuante

Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.

2.11 Ruido Imprevisto

Es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

2.12 Ruido de Fondo

Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

2.13 Vibración

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento de un sistema mecánico, y la cual puede ser el desplazamiento, la velocidad y la aceleración.

2.14 Zona Hospitalaria y Educativa

Son aquellas en que los seres humanos requieren de particulares condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora en un día.

2.15 Zona Residencial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos, de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial, corresponden a residencial, en que los seres humanos requieren descanso o dormir, en que la tranquilidad y serenidad son esenciales.

2.16 Zona Comercial

Aquella cuyos usos de suelo permitidos son de tipo comercial, es decir, áreas en que los seres humanos requieren conversar, y tal conversación es esencial en el propósito del uso de suelo.

2.17 Zona Industrial

Aquella cuyos usos de suelo es eminentemente industrial, en que se requiere la protección del ser humano contra daños o pérdida de la audición, pero en que la necesidad de conversación es limitada.

2.18 Zonas Mixtas

Aquellas en que coexisten varios de los usos de suelo definidos anteriormente. Zona residencial mixta comprende mayoritariamente uso residencial, pero en que se presentan actividades comerciales. Zona mixta comercial comprende un uso de suelo predominantemente comercial, pero en que se puede verificar la presencia, limitada, de fábricas o talleres. Zona mixta industrial se refiere a una zona con uso de suelo industrial predominante, pero en que es posible encontrar sea residencias o actividades comerciales.

3 CLASIFICACIÓN

Esta norma establece los niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece la presente clasificación:

1. Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas
 - a. Niveles máximos permisibles de ruido
 - i. Medidas de Prevención y Mitigación de Ruidos
 - ii. Consideraciones generales
 - b. De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija
 - c. Consideraciones para generadores de electricidad de emergencias
 - d. Ruidos producidos por vehículos automotores
 - e. De las vibraciones en edificaciones

4 REQUISITOS

4.1 Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas

4.1.1 Niveles máximos permisibles de ruido

4.1.1.1 Los niveles de presión sonora equivalente, NPS_{eq} , expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, no podrán exceder los valores que se fijan en la Tabla 1.

TABLA 1
NIVELES MÁXIMOS DE RUIDO PERMISIBLES SEGÚN USO DEL SUELO

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

4.1.1.2 Los métodos de medición del nivel de presión sonora equivalente, ocasionado por una fuente fija, y de los métodos de reporte de resultados, serán aquellos fijados en esta norma.

4.1.1.3 Para fines de verificación de los niveles de presión sonora equivalente estipulados en la Tabla 1, emitidos desde la fuente de emisión de ruidos objeto de evaluación, las mediciones se realizarán, sea en la posición física en que se localicen los receptores externos a la fuente evaluada, o, en el límite de propiedad donde se encuentra ubicada la fuente de emisión de ruidos.

4.1.1.4 En las áreas rurales, los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de una fuente fija, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no deberán superar al nivel ruido de fondo en diez decibeles A [10 dB(A)].

4.1.1.5 Las fuentes fijas emisoras de ruido deberán cumplir con los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos correspondientes a la zona en que se encuentra el receptor.

4.1.1.6 En aquellas situaciones en que se verifiquen conflictos en la definición del uso de suelo, para la evaluación de cumplimiento de una fuente fija con el presente reglamento, será la Entidad Ambiental de control correspondiente la que determine el tipo de uso de suelo descrito en la Tabla 1.

4.1.1.7 Se prohíbe la emisión de ruidos o sonidos provenientes de equipos de amplificación u otros desde el interior de locales destinados, entre otros fines, para viviendas, comercios, servicios, discotecas y salas de baile, con niveles que sobrepasen los límites determinados para cada zona y en los horarios establecidos en la presente norma.

4.1.1.8 Medidas de prevención y mitigación de ruidos:

- a) Los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido de 85 decibeles A o mayores, determinados en el ambiente de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a fin de prevenir la transmisión de vibraciones hacia el exterior del local. El operador o propietario evaluará aquellos procesos y máquinas que, sin contar con el debido aislamiento de vibraciones, requieran de dicha medida.
- b) En caso de que una fuente de emisión de ruidos desee establecerse en una zona en que el nivel de ruido excede, o se encuentra cercano de exceder, los valores máximos permisibles descritos en esta norma, la fuente deberá proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o ambas medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el operador u propietario de la nueva fuente.

4.1.1.9 Consideraciones generales:

- a) La Entidad Ambiental de Control otorgará la respectiva autorización o criterio favorable de funcionamiento para aquellos locales comerciales que utilicen amplificadores de sonido y otros dispositivos que produzcan ruido en la vía pública.
- b) En proyectos que involucren la ubicación, construcción y operación de aeródromos públicos o privados, el promotor del proyecto proveerá a la Entidad Ambiental de Control del debido estudio de impacto ambiental, el cual requerirá demostrar las medidas técnicas u operativas a implementarse a fin de alcanzar cumplimiento con la presente norma para niveles de ruido. Además, el estudio evaluará cualquier posible o potencial afectación, no solamente para seres humanos, sino también para flora y fauna.
- c) La Entidad Ambiental de Control no permitirá la instalación y funcionamiento de circos, ferias y juegos mecánicos en sitios colindantes a establecimientos de salud, guarderías, centros educacionales, bibliotecas y locales de culto.
- d) Los fabricantes, importadores, ensambladores y distribuidores de vehículos y similares, serán responsables de que las unidades estén provistas de silenciadores o cualquier otro dispositivo técnico, con eficiencia de operación demostrada y aprobada por la autoridad de tránsito. Se prohibirá cualquier alteración en el tubo de escape del vehículo, o del silenciador del mismo, y que conlleve un incremento en la emisión de ruido del vehículo. La matriculación y/o permiso de circulación que se otorgue a vehículos considerará el cumplimiento de la medida descrita.

- e) En lo referente a ruidos emitidos por aeronaves, se aplicarán los conceptos y normas, así como las enmiendas que se produzcan, que establezca el Convenio sobre Aviación Civil Internacional (OACI).

4.1.2 De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija

4.1.2.1 La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuará mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). Lo anterior podrá acreditarse mediante certificado de fábrica del instrumento.

4.1.2.2 El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

4.1.2.3 Medición de Ruido Estable.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de 1 (un) minuto de medición en el punto seleccionado.

4.1.2.4 Medición de Ruido Fluctuante.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de, por lo menos, 10 (diez) minutos de medición en el punto seleccionado.

4.1.2.5 Determinación del nivel de presión sonora equivalente.- la determinación podrá efectuarse de forma automática o manual, esto según el tipo de instrumento de medición a utilizarse. Para el primer caso, un sonómetro tipo 1, este instrumento proveerá de los resultados de nivel de presión sonora equivalente, para las situaciones descritas de medición de ruido estable o de ruido fluctuante. En cambio, para el caso de registrarse el nivel de presión sonora equivalente en forma manual, entonces se recomienda utilizar el procedimiento descrito en el siguiente artículo.

4.1.2.6 Se utilizará una tabla, dividida en cuadrículas, y en que cada cuadro representa un decibel. Durante un primer período de medición de cinco (5) segundos se observará la tendencia central que indique el instrumento, y se asignará dicho valor como una marca en la cuadrícula. Luego de esta primera medición, se permitirá una pausa de diez (10) segundos, posterior a la cual se realizará una segunda observación, de cinco segundos, para registrar en la cuadrícula el segundo valor. Se repite sucesivamente el período de pausa de diez segundos y de medición en cinco segundos, hasta conseguir que el número total de marcas, cada una de cinco segundos, totalice el período

designado para la medición. Si se está midiendo ruido estable, un minuto de medición, entonces se conseguirán doce (12) marcas en la cuadrícula. Si se está midiendo ruido fluctuante, se conseguirán, por lo menos, ciento veinte (120) marcas en la cuadrícula.

Al finalizar la medición, se contabilizarán las marcas obtenidas en cada decibel, y se obtendrá el porcentaje de tiempo en que se registró el decibel en cuestión. El porcentaje de tiempo P_i , para un decibel específico NPS_i , será la fracción de tiempo en que se verificó el respectivo valor NPS_i , calculado como la razón entre el tiempo en que actuó este valor y el tiempo total de medición. El nivel de presión sonora equivalente se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$NPS_{eq} = 10 * \log * \sum (P_i) 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

4.1.2.7 De los Sitios de Medición.- Para la medición del nivel de ruido de una fuente fija, se realizarán mediciones en el límite físico o lindero o línea de fábrica del predio o terreno dentro del cual se encuentra alojada la fuente a ser evaluada. Se escogerán puntos de medición en el sector externo al lindero pero lo más cerca posible a dicho límite. Para el caso de que en el lindero exista una pared perimetral, se efectuarán las mediciones tanto al interior como al exterior del predio, conservando la debida distancia de por lo menos 3 metros a fin de prevenir la influencia de las ondas sonoras reflejadas por la estructura física. El número de puntos será definido en el sitio pero se corresponderán con las condiciones más críticas de nivel de ruido de la fuente evaluada. Se recomienda efectuar una inspección previa en el sitio, en la que se determinen las condiciones de mayor nivel de ruido producido por la fuente.

4.1.2.8 De Correcciones Aplicables a los Valores Medidos.- A los valores de nivel de presión sonora equivalente, que se determinen para la fuente objeto de evaluación, se aplicará la corrección debido a nivel de ruido de fondo. Para determinar el nivel de ruido de fondo, se seguirá igual procedimiento de medición que el descrito para la fuente fija, con la excepción de que el instrumento apuntará en dirección contraria a la fuente siendo evaluada, o en su lugar, bajo condiciones de ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación. Las mediciones de nivel de ruido de fondo se efectuarán bajo las mismas condiciones por las que se obtuvieron los valores de la fuente fija. En cada sitio se determinará el nivel de presión sonora equivalente, correspondiente al nivel de ruido de fondo. El número de sitios de medición deberá corresponderse con los sitios seleccionados para evaluar la fuente fija, y se recomienda utilizar un período de medición de 10 (diez) minutos y máximo de 30 (treinta) minutos en cada sitio de medición.

Al valor de nivel de presión sonora equivalente de la fuente fija se aplicará el valor mostrado en la Tabla 2:

TABLA 2
CORRECCIÓN POR NIVEL DE RUIDO DE FONDO

DIFERENCIA ARITMÉTICA ENTRE NPSEQ DE LA FUENTE FIJA Y NPSEQ DE RUIDO DE FONDO (DBA)	CORRECCIÓN
10 ó mayor	0
De 6 a 9	- 1
De 4 a 5	- 2
3	- 3
Menor a 3	Medición nula

Para el caso de que la diferencia aritmética entre los niveles de presión sonora equivalente de la fuente y de ruido de fondo sea menor a 3 (tres), será necesario efectuar medición bajo las condiciones de menor ruido de fondo.

4.1.2.9 Requerimientos de Reporte.- Se elaborará un reporte con el contenido mínimo siguiente:

- a) Identificación de la fuente fija (Nombre o razón social, responsable, dirección);
- b) Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de predios vecinos;
- c) Ubicación aproximada de los puntos de medición;
- d) Características de operación de la fuente fija;
- e) Tipo de medición realizada (continua o semicontinua);
- f) Equipo de medición empleado, incluyendo marca y número de serie;
- g) Nombres del personal técnico que efectuó la medición;
- h) Fecha y hora en la que se realizó la medición;
- i) Descripción de eventualidades encontradas (ejemplo: condiciones meteorológicas, obstáculos, etc.);
- j) Correcciones Aplicables;
- k) Valor de nivel de emisión de ruido de la fuente fija;
- l) Cualquier desviación en el procedimiento, incluyendo las debidas justificaciones técnicas.

4.1.3 Consideraciones para generadores de electricidad de emergencia

4.1.3.1 Aquellas instalaciones que posean generadores de electricidad de emergencia, deberán evaluar la operación de dichos equipos a fin de determinar si los niveles de ruido cumplen con la normativa y/o causan molestias en predios adyacentes o cercanos a la instalación. La Entidad Ambiental de Control podrá solicitar evaluaciones mayores, y en caso de juzgarse necesario, podrá solicitar la implementación de medidas técnicas destinadas a la reducción y/o mitigación de los niveles de ruido provenientes de la operación de dichos equipos.

4.1.4 Ruidos producidos por vehículos automotores

4.1.4.1 La Entidad Ambiental de Control establecerá, en conjunto con la autoridad policial competente, los procedimientos necesarios para el control y verificación de los niveles de ruido producidos por vehículos automotores.

4.1.4.2 Se establecen los niveles máximos permisibles de nivel de presión sonora producido por vehículos, los cuales se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3
NIVELES DE PRESIÓN SONORA MÁXIMOS PARA VEHÍCULOS AUTOMOTORES

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	NPS MÁXIMO (dBA)
Motocicletas:	De hasta 200 centímetros cúbicos.	80
	Entre 200 y 500 c. c.	85
	Mayores a 500 c. c.	86
Vehículos:	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor.	80
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3,5 toneladas.	81
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3,5 toneladas.	82
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3,5 toneladas, y potencia de motor mayor a 200 HP.	85
Vehículos de Carga:	Peso máximo hasta 3,5 toneladas	81
	Peso máximo de 3,5 toneladas hasta 12,0 toneladas	86
	Peso máximo mayor a 12,0 toneladas	88

4.1.4.3 De la medición de niveles de ruido producidos por vehículos automotores.- las mediciones destinadas a verificar los niveles de presión sonora arriba indicados, se efectuarán con el vehículo estacionado, a su temperatura normal de funcionamiento, y acelerado a $\frac{3}{4}$ de su capacidad. En la medición se utilizará un instrumento decibelímetro, normalizado, previamente calibrado, con filtro de ponderación A y en respuesta lenta. El micrófono se ubicará a una distancia de 0,5 m del tubo de escape del vehículo siendo

ensayado, y a una altura correspondiente a la salida del tubo de escape, pero que en ningún caso será inferior a 0,2 m. El micrófono será colocado de manera tal que forme un ángulo de 45 grados con el plano vertical que contiene la salida de los gases de escape. En el caso de vehículos con descarga vertical de gases de escape, el micrófono se situará a la altura del orificio de escape, orientado hacia lo alto y manteniendo su eje vertical, y a 0,5 m de la pared más cercana del vehículo.

4.1.4.4 Consideraciones generales.- en la matriculación de vehículos por parte de la autoridad policial competente, y en concordancia con lo establecido en las reglamentaciones y normativas vigentes, se verificará que los sistemas de propulsión y de gases de escape de los vehículos se encuentren conformes con el diseño original de los mismos; que se encuentren en condiciones adecuadas de operación los dispositivos silenciadores, en el caso de aplicarse; y permitir la sustitución de estos dispositivos siempre que el nuevo dispositivo no sobrepase los niveles de ruido originales del vehículo.

4.1.4.5 La Entidad Ambiental de Control podrá señalar o designar, en ambientes urbanos, los tipos de vehículos que no deberán circular, o deberán hacerlo con restricciones en velocidad y horario, en calles, avenidas o caminos en que se determine que los niveles de ruido, debido a tráfico exclusivamente, superen los siguientes valores: nivel de presión sonora equivalente mayor a 65 dBA en horario diurno, y 55 dBA en horario nocturno. La definición de horarios se corresponde con la descrita en esta norma.

4.1.5 De las vibraciones en edificaciones

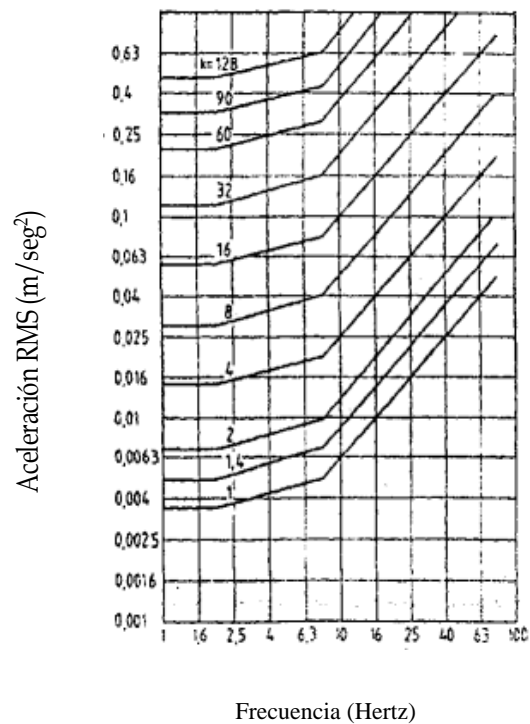
4.1.5.1 Ningún equipo o instalación podrá transmitir, a los elementos sólidos que componen la estructura del recinto receptor, los niveles de vibración superiores a los señalados a continuación (Tabla 4).

TABLA 4
LÍMITE DE TRANSMISIÓN DE VIBRACIONES

USO DE EDIFICACIÓN	PERÍODO	CURVA BASE
Hospitalario, Educativo y Religioso	Diurno	1
	Nocturno	1
Residencial	Diurno	2
	Nocturno	1,4
Oficinas	Diurno	4
	Nocturno	4
Comercial	Diurno	8
	Nocturno	8

4.1.5.2 La determinación de vibraciones se efectuará de acuerdo a lo establecido en la norma ISO-2631-1. La medición se efectuará con instrumentos acelerómetros, y se reportará la magnitud de la vibración como valor eficaz (rms), en unidades de metros por segundo cuadrado (m/s^2), y corregida con los factores de ponderación establecidos en la norma en referencia.

FIGURA 1
CURVAS BASE PARA LÍMITE DE TRANSMISIÓN DE VIBRACIONES



EXTRACTO DE LA NORMA ISO 2631-1/1978 Para la evaluación de vibraciones de cuerpo entero

Para la evaluación de la exposición humana a las vibraciones globales de cuerpo entero se ha considerado necesario presentar las normas **ISO-2631/1978** parte 1 que señala lo siguiente:

Para mediciones de seguridad, confort y percepción se debe considerar las frecuencias entre 0.5 hz y 80 hz.

- Cálculo del valor cuadrático medio (VCM) total ponderado para la aceleración

$$A_{wx} = \sqrt{\sum (W_k A_{kx})^2} \quad (1)$$

En donde:

A_{wx} = v.c.m. total ponderado de la aceleración para el eje X.

W_k = Factor de ponderación para el eje X a cada frecuencia de la banda de 1/3 de octava de 1 a 80

Ponderación global de todos los VCM

$$A_{wt} = \sqrt{(1,4 A_{wx})^2 + (1,4 A_{wy})^2 + (A_{wz})^2}$$

El factor 1,4 que multiplica a los VCM totales ponderados en los ejes X e Y, es la relación de los valores de las curvas longitudinales y transversales de igual respuesta en los rangos de mayor sensibilidad de respuesta humana.

Factores de ponderación relativos al rango de sensibilidad máxima a la aceleración A. (adaptado de la ISO-2631)

TABLA 1

FACTORES DE PONDERACIÓN PARA CADA NIVEL DE FRECUENCIA DE 1 A 80 HZ

Factores de ponderación

Frecuencia Hz	Factores de ponderación	
	Vibraciones longitudinales Z (Figura 1)	Vibraciones transversales X, Y (Figura 2)
1,0	0,50	1,00
1,25	0,56	1,00
1,6	0,63	1,00
2,0	0,71	1,00
2,5	0,80	0,80
3,15	0,90	0,63
4,0	1,00	0,5
5,0	1,00	0,4
6,3	1,00	0,31
8,0	1,00	0,25
10,0	0,80	0,2
12,5	0,63	0,16
16,0	0,50	0,12
20,0	0,40	0,1
25,0	0,315	0,08
31,5	0,25	0,063
40,0	0,20	0,05
50,0	0,16	0,04
63,0	0,125	0,0315
80,0	0,1	0,025

a) 4 a 8 Hz en el caso de \pm az vibraciones de resonancia.
1 a 2 Hz en el caso de \pm ay ó a x vibraciones de resonancia.

- Valores numéricos para la aceleración az (adaptado según ISO-2631)

TABLA 2

VALORES QUE DEFINEN EL VALOR LÍMITE EN TÉRMINO DE LOS VCM

Los valores definen el valor limite en términos de v.c.m. de una frecuencia de vibración única pura (sinusoidal) o los v.c.m. de la banda de un tercio de octava para la distribución de la vibración (adaptado según ISO 2631)

Aceleración m/s ²									
Frecuencia	Tiempos de exposición								
	Hz	24h	16h	8h	4h	2,5h	1h	25min	16min
1,00	0,280	0,383	0,63	1,06	1,40	2,36	3,55	4,25	5,60
1,25	0,250	0,338	0,56	0,95	1,26	2,12	3,15	3,75	5,00
1,60	0,224	0,302	0,50	0,85	1,12	1,90	2,80	3,35	4,50
2,00	0,200	0,27	0,45	0,75	1,00	1,70	2,50	3,00	4,00
2,50	0,180	0,239	0,40	0,67	0,90	1,50	2,24	2,65	3,55
3,15	0,160	0,212	0,355	0,60	0,80	1,32	2,00	2,35	3,15
4,00	0,140	0,192	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
5,00	0,140	0,192	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
6,30	0,140	0,192	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
8,00	0,140	0,192	0,315	0,53	0,71	1,18	1,80	2,12	2,80
10,00	0,180	0,239	0,40	0,67	0,90	1,50	2,24	2,65	3,55
12,50	0,224	0,302	0,50	0,85	1,12	1,90	2,80	3,35	4,50
16,00	0,280	0,383	0,63	1,06	1,40	2,36	3,55	4,25	5,60
20,00	0,355	0,477	0,80	1,32	1,80	3,00	4,50	5,30	7,10
25,00	0,450	0,605	1,00	1,70	2,24	3,75	5,60	6,70	9,00
31,50	0,560	0,765	1,25	2,12	2,80	4,75	7,10	8,50	11,2
40,00	0,710	0,955	1,60	2,65	3,55	6,00	9,00	10,6	14,0
50,00	0,900	1,19	2,00	3,35	4,50	7,50	11,20	13,2	18,0
63,00	1,120	1,53	2,50	4,25	5,60	9,50	14,00	17,0	22,4
80,00	1,400	1,91	3,15	5,30	7,10	11,80	18,00	21,2	28,0

- Valores numéricos para la aceleración a_x ó a_y (adaptado según ISO-2631)

TABLA 3

VALORES NUMÉRICOS PARA LA ACELERACIÓN DE VIBRACIÓN EN DIRECCIÓN X Ó Y

Los valores definen el TLV en términos de v.c.m. de una frecuencia de vibración única pura (sinusoidal) o los v.c.m. de la banda de un tercio de octava para la distribución de la vibración (adaptado según ISO 2631)

Aceleración m/s ²									
Frecuencia	Tiempos de exposición								
	Hz	24h	16h	8h	4h	2,5h	1h	25min	16min
1,00	0,100	0,135	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,00
1,25	0,100	0,135	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,00
1,60	0,100	0,135	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,00
2,00	0,100	0,135	0,224	0,355	0,50	0,85	1,25	1,50	2,00
2,50	0,125	0,171	0,280	0,450	0,63	1,06	1,6	1,9	2,5
3,15	0,160	0,212	0,355	0,560	0,8	1,32	2,0	2,36	3,15
4,00	0,200	0,270	0,450	0,710	1,0	1,70	2,5	3,0	4,0
5,00	0,250	0,338	0,560	0,900	1,25	2,12	3,15	3,75	5,0
6,30	0,315	0,428	0,710	1,12	1,6	2,65	4,0	4,75	6,3
8,00	0,40	0,54	0,900	1,40	2,0	3,35	5,0	6,0	8,0
10,00	0,50	0,675	1,12	1,80	2,5	4,25	6,3	7,5	10,0
12,50	0,63	0,855	1,40	2,24	3,15	5,30	8,0	9,5	12,5
16,00	0,80	1,06	1,80	2,80	4,0	6,70	10,0	11,8	16,0
20,00	1,00	1,35	2,24	3,25	5,0	8,5	12,5	15,0	20,0
25,00	1,25	1,71	2,80	4,50	6,3	10,6	15,0	19,0	25,0
31,50	1,60	2,12	3,55	5,60	8,0	13,2	20,0	23,6	31,5
40,00	2,00	2,70	4,50	7,10	10,0	17,0	25,0	30,0	40,0
50,00	2,50	3,38	5,60	9,00	12,5	21,2	31,5	37,5	50,0
63,00	3,15	4,28	7,10	11,2	16,0	26,5	40,0	45,7	63,0
80,00	4,00	5,4	9,00	14,0	20,0	33,5	50,0	60,0	80,0

➤ **Sensación de confort**

Para la sensación de confort, la normativa ISO 2631-1 presenta unos valores de referencia en su anexo C. en este caso el dato que marca según esta normativa la sensación de confort de la persona es la aceleración.

TABLA 4

TABLA DE VALORES DE CONFORT PARA UN DETERMINADO NIVEL DE VIBRACIÓN

Valores m/s ²	Estado
Valores inferiores a 0.315	Confortable
De 0.315 a 0.63	Un poco inconfortable
De 0.5 a 1.0	Bastante inconfortable
De 0.8 a 1.6	Inconfortable
De 1.25 a 2.5	Muy inconfortable
Valores superiores a 2.0	Extremadamente inconfortable

REAL DECRETO 1316/1989

PROTECCIÓN DE TRABAJADORES FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

El real decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo (basado en la directiva del Consejo Europeo 86/ 188/ CEE de 12 mayo), establece los cuatro grupos de riesgos siguientes en función del nivel diario equivalente de exposición y del nivel máximo (pico).

- **Grupo 1:** Trabajos expuestos a un nivel diario menor o igual a 80dBA y un nivel máximo menor o igual a 130 dBA.
 1. La empresa establece un plan general para reducir el ruido al más bajo nivel razonablemente posible, habida cuenta del proceso técnico y la disponibilidad de medidas del control del ruido, trabajando especialmente de la reducción en origen.

- **Grupo 2:** Trabajadores expuestos a un nivel diario de entre 80 y 85 dBA. La empresa deberá:
 1. Informar y formar al trabajador sobre riesgos y el modo de protegerse
 2. Darle protección individual auditiva si lo solicita.
 3. Establecer periódicamente (cada 5 años) controles médicos auditivos iniciales y posteriores.

4. Realizar una evaluación de exposición al ruido cada tres años.

➤ **Grupo 3:** Trabajadores expuestos a un nivel diario de entre 85 y 90 dBA. La empresa deberá:

1. Informar y formar al trabajador sobre riesgos y medios de protección.
2. Dar protección individual auditiva a todos los trabajadores.
3. Realizar periódicamente (cada tres años) controles médicos auditivos iniciales y posteriores.
4. Realizar una evaluación de exposición al ruido cada año.

➤ **Grupo4:** Trabajadores expuestos a un nivel diario superior a 90 dBA o a un nivel máximo superior a 130 dBA. La empresa deberá:

1. Informar y formar al trabajador sobre riesgos y medios de protección.
2. Establecer un programa de mejora en la reducción del ruido con objetivos y fechas de consecución.
3. Señalizar las zonas de ruido y obligar a los trabajadores expuestos al uso de protección individual auditiva. Los puestos de trabajos serán delimitados y objeto de una restricción de acceso.
4. Realizar control médico auditivo y evaluación de exposición al ruido cada año.

APÉNDICE C

TABLAS DE LAS MEDICIONES CON SONÓMETRO Y CÁLCULOS REALIZADOS

TABLA	TÍTULO
C-1	Trefilación
C-2	Trefilación
C-3	Trefilación
C-4	Trefilación
C-5	Trefilación
C-6	Corte
C-7	Extrusión
C-8	Extrusión
C-9	Cercana a Corte
C-10	Empaque
C-11	Empaque
C-12	Empaque
C-13	Horno
C-14	Trefilación de Electrodos para el año 2005
C-15	Corte de electrodos para el año 2005
C-16	Extrusión de electrodos para el año 2005
C-17	Promedio de los tiempos utilizados
C-18	Matriz con la ubicación de los puntos
C-19	Matriz con tiempos permisibles y dosis de ruido
C-20	Mapa acústico (dBA)
C-21	Puntos para la toma de datos

APÉNDICE D

DETALLE DE EQUIPOS Y MATRIZ DE DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS

TABLA	TÍTULO
D-1	Detalle de Equipos
D-2	Matriz de descripción de sistemas
D-3	Plano para el cálculo de paneles

APÉNDICE E

REGISTRO Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES

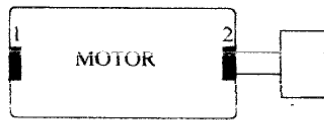
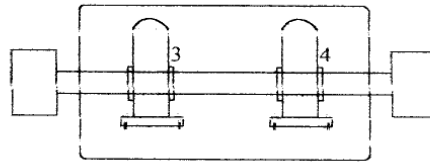
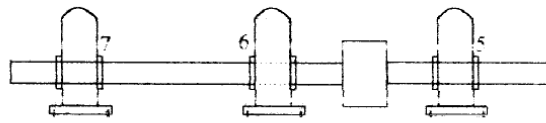
Informe de la Última Medición

30-MAY-05

**CORTADORA
SDR - 3**

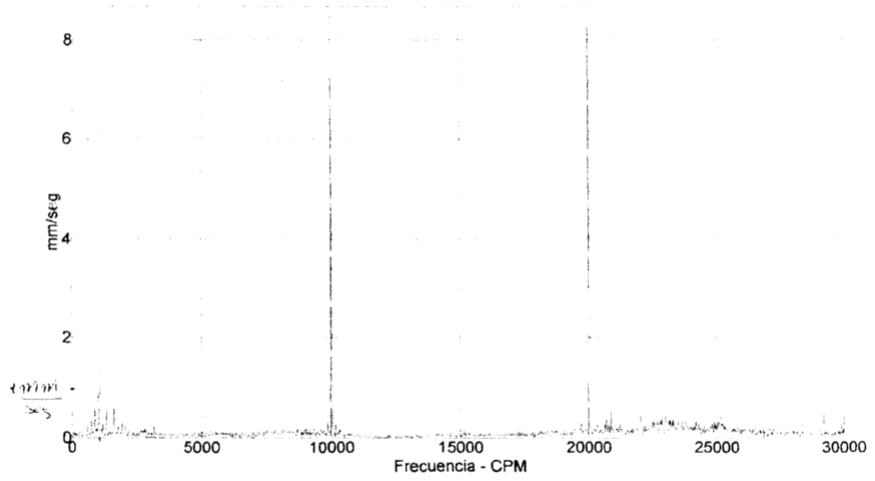
Últimas Mediciones

ID	Unidades	Fecha	Últ. Valor	Fcha Hora	Valor Medio
Máquina: CORTADOR SDR-3 01207 Desc:					
1H	mm/seg	---	---	---	---
ENV 1H	gE	---	---	---	---
1V	mm/seg	---	---	---	---
1A	mm/seg	---	---	---	---
2H	mm/seg	---	---	---	---
ENV 2H	gE	---	---	---	---
2V	mm/seg	---	---	---	---
2A	mm/seg	---	---	---	---
3H	mm/seg	---	---	---	---
ENV 3H	gE	---	---	---	---
3V	mm/seg	---	---	---	---
3A	mm/seg	---	---	---	---
4H	mm/seg	---	---	---	---
ENV 4H	gE	---	---	---	---
4V	mm/seg	---	---	---	---
4A	mm/seg	---	---	---	---
5H	mm/seg	24-MAY-05	11.85	24-MAY-05 12:14:34	11.8519 ✓
ENV 5H	gE	24-MAY-05	55.35	24-MAY-05 12:14:44	55.3484 ✓
5V	mm/seg	24-MAY-05	15.18	24-MAY-05 12:15:17	15.1799 ✓
5A	mm/seg	24-MAY-05	7.423	24-MAY-05 12:15:58	7.42286 ✓
6H	mm/seg	24-MAY-05	22.6	24-MAY-05 12:16:43	22.5997 ✓
ENV 6H	gE	24-MAY-05	88.74	24-MAY-05 12:16:54	88.7387 ✓
6V	mm/seg	24-MAY-05	7.574	24-MAY-05 12:17:23	7.57355 ✓
6A	mm/seg	24-MAY-05	8.706	24-MAY-05 12:17:49	8.70579 ✓
7H	mm/seg	24-MAY-05	68.4	24-MAY-05 12:18:32	68.4034 ✓
ENV 7H	gE	24-MAY-05	100	24-MAY-05 12:18:46	100 ✓
7V	mm/seg	24-MAY-05	32.56	24-MAY-05 12:19:10	32.5571 ✓
7A	mm/seg	24-MAY-05	21.71	24-MAY-05 12:19:39	21.7078 ✓



DIBUJO ESQUEMATICO
CORTADORA DE ALAMBRE
SDR-3

CORTADORA
SDR - 3
 Gráfica Espectro Simple



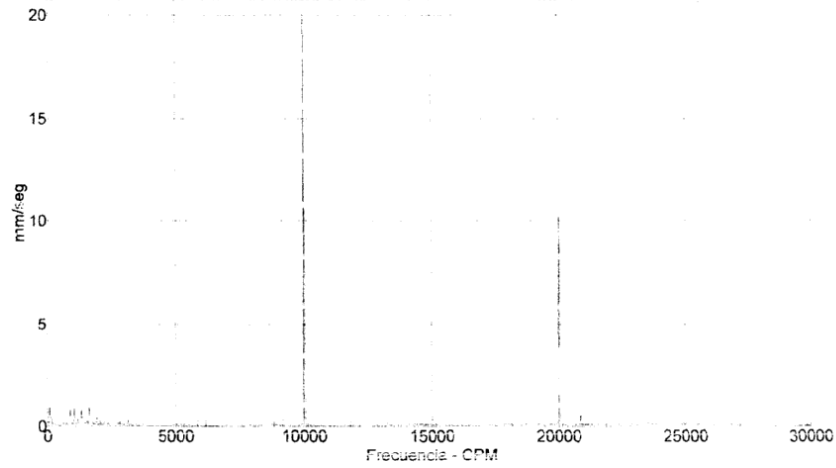
1: 5H
 Velocidad (Ac 9 Vel) (RMS)
 24-MAY-05 12:14:34

Id Cnj: CORTADOR SDR-3 01207		Id PUNTO: 5H	Desc:	
Fecha: 24-MAY-05 12:14:34	Ventana: Hanning	Velocidad: 1800.000 RPM	Global: 11.854	
Frec.: 0.0 - 30000.0 CPM	Lin.: 1600	Umbral: 2.100000	Sinc.: 0.676	
Detect.: RMS	Media: 2	Unidades: mm/seg	SubSync: 1.751	
	Tipo: FFT		NonSync: 11.704	

Picos Espect. Encima de Umbral								
Amplitud	Frec. (CPM)	Orden	Amplitud	Frec. (CPM)	Orden	Amplitud	Frec. (CPM)	Orden
7.233	10012.500	5.563	6.256	20025.000	11.125			

**CORTADORA
SDR - 3**

Gráfica Espectro Simple

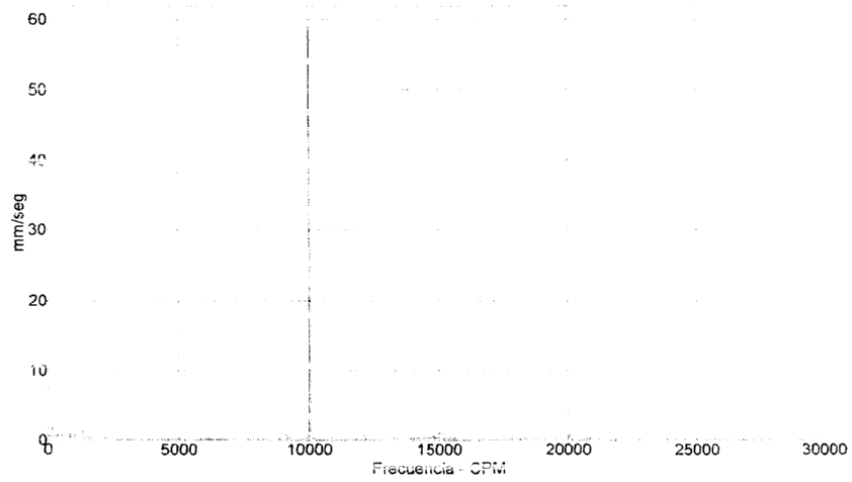


1: 6H
Velocidad (Ac a Vel) (RMS)
24-MAY-05 12:16:43

Id Cij: CORTADOR SDR-3 01207	Id PUNTO: 6H	Desc:	Velocidad: 1800.000 RPM	Global: 22.604
Fecha: 24-MAY-05 12:16:43	Ventana: Hanning	Lin.: 1600	Umbral: 2.100000	Sinc.: 0.437
Frec.: 0.0 - 30000.0 CPM	Media: 2	Unidades: mm/seg	SubSync: 2.564	NonSync: 22.454
Detect.: RMS	Tipo: FFT			

Picos Espect. Encima de Umbral								
Amplitud	Frec. (CPM)	Orden	Amplitud	Frec. (CPM)	Orden	Amplitud	Frec. (CPM)	Orden
19.810	10012.500	5.563	10.215	20025.000	11.125			

CORTADORA
SDR - 3
 Gráfica Espectro Simple



1: 7H
 Velocidad (Ac a Vel) (RMS)
 24-MAY-05 12:18:32

Id Cnj: CORTADOR SDR-3 01207	Id PUNTO: 7H	Desc:	
Fecha: 24-MAY-05 12:18:32	Ventana: Hanning	Velocidad: 1800.000 RPM	Global: 68.416
Frec: 0.0 - 30000.0 CPM	Lin.: 1600	Umbral: 2.100000	Sinc.: 1.147
Detect: RMS	Media: 2	Unidades: mm/seg	SubSync: 4.994
	Tipo: FFT		NonSync: 68.223

Picos Espect. Encima de Umbral								
Amplitud	Frec. (CPM)	Orden	Amplitud	Frec. (CPM)	Orden	Amplitud	Frec. (CPM)	Orden
58.981	10031.250	5.573						

APÉNDICE B

ENCUESTA PARA EVALUAR EL RUIDO

Encuestador: Rubén Alfredo Tarira.

Empresa: AGA-Planta de electrodos.

Área de trabajo:.....

Nombre del encuestado:.....

Tiempo en su puesto:.....

Hora:.....

Marque con una x lo que usted crea conveniente

1. ¿Consideras que en tu puesto de trabajo, el ruido supone un riesgo grave para tu salud?

SI

NO

2. ¿Cual de las siguientes áreas consideras que genera más ruido?
Evalualas de acuerdo a la siguiente escala:

1=Insoportable con protección

2=Insoportable sin protección

3=soportable con protección

4=soportable sin protección.

❖ Dec laminado	1	2	3
❖ Trefilado	1	2	3
❖ Corte	1	2	3
❖ Prensa	1	2	3
❖ Horno	1	2	3
❖ Mezclado	1	2	3
❖ Empacado	1	2	3

3. En tu puesto de trabajo ¿Se ha medido alguna vez el ruido?

SI

NO

Si su respuesta es "sí" pase a la siguiente pregunta

4. ¿La empresa ha aplicado alguna medida preventiva para evitar el ruido luego de la medición? De que tipo.

5. ¿La empresa ha hecho alguna vez audiometrías a los trabajadores?

SI

NO

Si su respuesta es "sí" pase a la siguiente pregunta

6. ¿Cada que tiempo se realizan las audiometrías?

Una vez al año

Cada 2 años

Otro:-----

7. ¿Tienes alguna sugerencia para mejorar algun proceso de trabajo con la finalidad de disminuir el ruido intermitente en la fábrica?.Comente.

APÉNDICE G

MEDICIONES AGA

DESCRIPCIÓN: MEDICIÓN EN BANDAS DE OCTAVA

HORA: 11/04/2006

PUNTO #	COMENTARIO	FRECUENCIAS									
		dBA (slow)	dB (lineal)	31,5	63	125	250	500	1K	2K	4K
6	TREFILADORA(RANDON)	79	79								
6	TREFILACIÓN (FRONTAL)	83	83	53	50	57	72	79	82	87	89
49	TREFILACIÓN (FRONTAL)	79	79	42	54	58	66	76	82	80	75
55	CORTADORA SDR 3 (FRONTAL)	81	80	50	50	60	62	75	75	81	75
59	CORTADORA REL 3 (FRONTAL)	84	82,6	63,4	61,6	61,6	62,6	72,6	77,6	90,1	96,5
208	ALIMENTADORA DE VARILLAS (RANDON)	80	78	32	45	56	59	69	73	73	69
208	ALIMENTADORA DE VARILLAS (FRONTAL)	76	76	46	45	55	59	65	70	71	66
212	EXTRUSORA(RANDON)	75	75	60	63	56	59	65	70	68	66
212	EXTRUSORA(FRONTAL)	75	75	63	57	55	59	64	67	70	66
240	BANDEJEROS	75	73	53	42	54	55	62	68	69	66
125	EMPAQUE(RANDON)	71	71	31	39	48	56	67	74	75	70

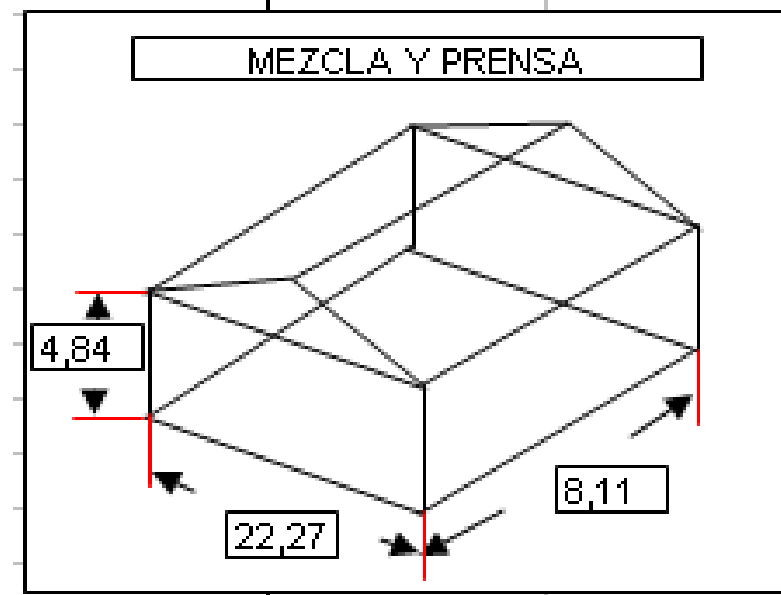
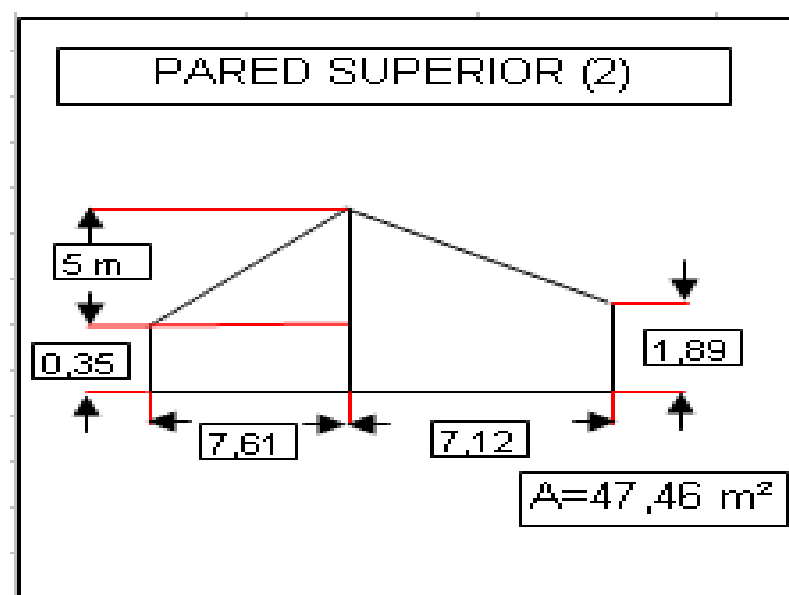
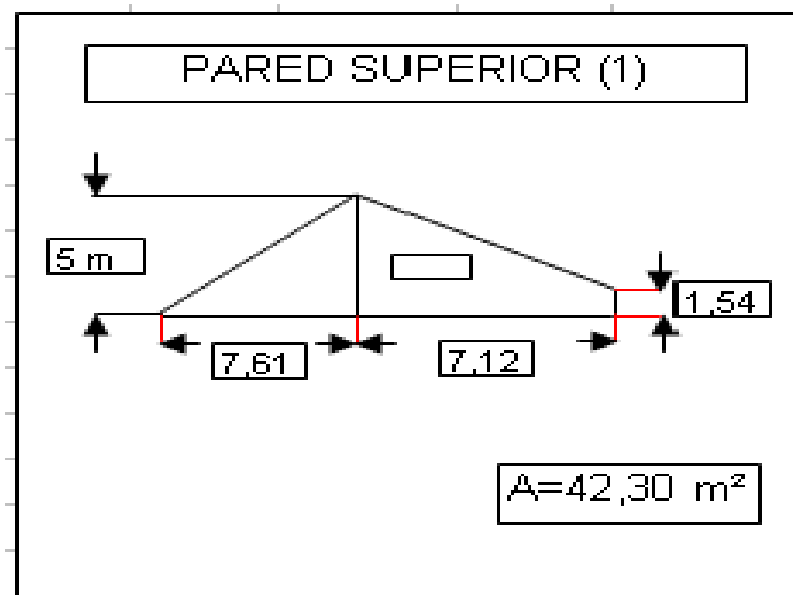
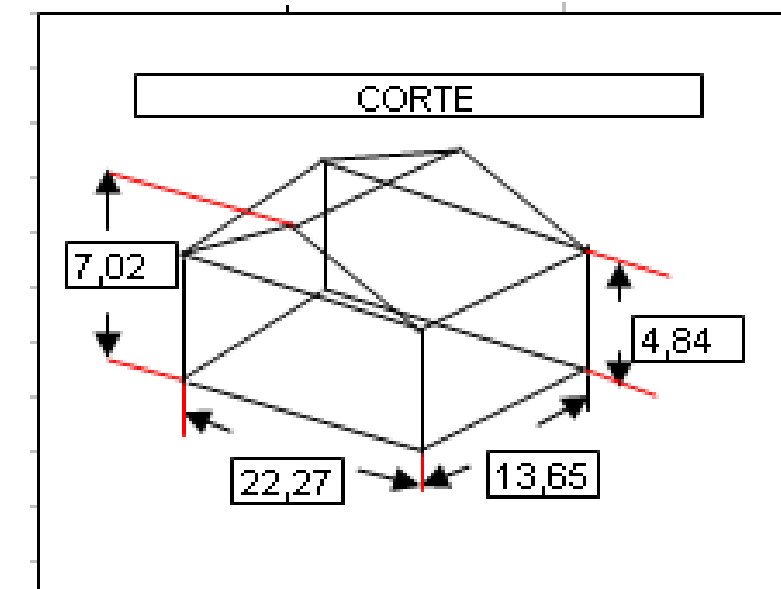
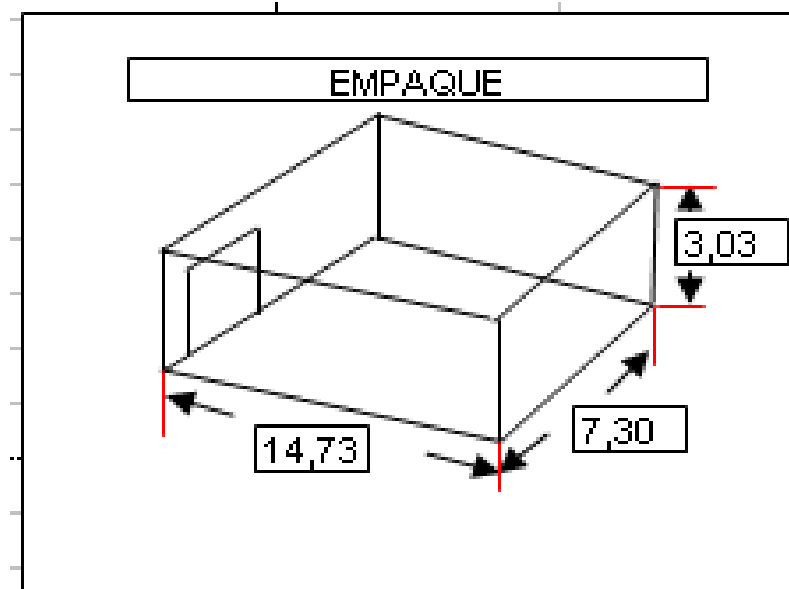
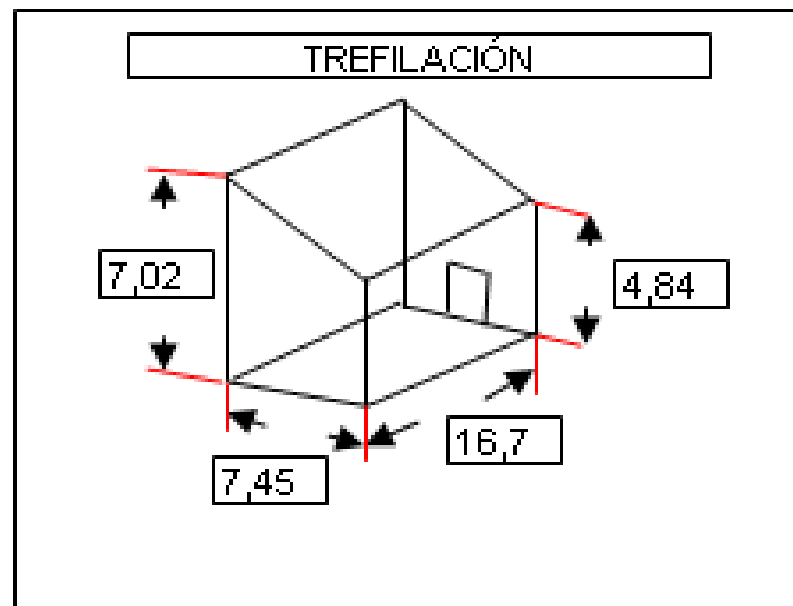
APÉNDICE F
TABLA F-1
TIEMPO DE REVERBERANCIA

									AREA									
TREFILACIÓN	PAREDES			BOQUETE		PILARES			PAREDES	BOQUETE	PILARES FRONTAL	LATERAL DE PILARES	SUELO (m²)	LOSA (m²)	VOLUMEN (m³)	TOTAL (m²)	TIEMPO DE REVERBERANCIA POR ÁREA	RESTA DEL (ΔT)
	ANCHO	ALTO	ALTO (2)	ANCHO	ALTO	ANCHO	ALTO	LATERAL										
LADO IZQUIERDO	m	m		m	m	m	m	m	m²	m²	m²	m²						
	3,44	4,84		3,44	1,05	0,23	4,84	0,11	16,6496	3,612	1,1132	0,5324						
	3,42	4,84		3,42	1,05	0,23	4,84	0,11	16,5528	3,591	1,1132	0,5324						
	3,46	4,84		3,46	1,05	0,23	4,84	0,11	16,7464	3,633	1,1132	0,5324						
	3,46	4,84		3,46	1,05	0,23	4,84	0,11	16,7464	3,633	1,1132	0,5324						
	1,3	4,84		1,3	1,05	0,23	4,84	0,11	6,292	1,365	1,1132	0,5324						
TREFILACIÓN LADO DERECHO	16,7	7,02		3	0,4				117,234	1,2								
	7,45	4,84	7,02	7,45	1,05				44,1785	7,8225								
				0,98	1,35					1,323								
				3	3					9								
TOTAL (m²)									234,3997	35,1795	5,566	2,662	124,415	737,78095	207,45	1,026675503		
ÁREA DE ABSORCIÓN																70,79935975	0,726675503	
ÁREA DE CORTE Y PRENSA	2,27	4,84		1,07	1,05	0,23	4,84	0,11	10,9868	1,1235	1,1132	0,5324						
	3,48	4,84		2,6	1,05	0,23	4,84	0,11	16,8432	2,73	1,1132	0,5324						
	3,5	4,84		2,1	1,05	0,23	4,84	0,11	16,94	2,205	1,1132	0,5324						
	3,48	4,84				0,23	4,84	0,11	16,8432	0	1,1132	0,5324						
				3,5	1					3,5								
				2	1					2								
TOTAL									61,6132	6,0585	4,4528	2,1296						
TOTAL										11,5585								
ÁREA DE EMPAQUE	3,38	3,3		3	0,4	0,23	3,3	0,11	11,154	1,2	0,759	0,363						
	3,38	3,3		0,98	1,35	0,23	3,3	0,11	11,154	1,323	0,759	0,363						
	14,73	3,3		3,96	3,01	0,23	3,3	0,11	48,609	11,9196	0,759	0,363						
	3,38	3,3				0,23	3,3	0,11	11,154	0	0,759	0,363						
	3,38	3,3				0,23	3,3	0,11	11,154	0	0,759	0,363						
						0,23	3,3	0,11	0	0	0,759	0,363						
									0	0	0	0						
TOTAL (m²)									93,225	14,4426	4,554	2,178	107,529	107,5	354,8457	85,514	0,783616554	
ÁREA DE ABSORCIÓN																72,45292575	0,583616554	

**TABLA F-1
TIEMPO DE REVERBERANCIA**

ÁREA DE HORNEADO	3,28	4,84		3,28	1,05	0,23	4,84	0,11	15,8752	3,444	1,1132	0,5324							
	3,51	4,84		2,3	1,05	0,23	4,84	0,11	16,9884	2,415	1,1132	0,5324							
	3,51	4,84		0,7	1,05	0,23	4,84	0,11	16,9884	0,735	1,1132	0,5324							
	3,51	4,84		3,51	1,05	0,23	4,84	0,11	16,9884	3,6855	1,1132	0,5324							
	3,51	4,84		2,4	1,05	0,23	4,84	0,11	16,9884	2,52	1,1132	0,5324							
	3,51	4,84		2,17	1,05	0,23	4,84	0,11	16,9884	2,2785	1,1132	0,5324							
						0,23	4,84	0,11	0	0	1,1132	0,5324							
TOTAL									100,8172	15,078	7,7924	3,7268							
ÁREA DE MEZCLA	4,3	4,84		3,53	1,05				20,812	3,7065									
	4,3	4,84		1,42	1,05				20,812	1,491									
	7,35	4,84							35,574	0									
TOTAL								77,198	5,1975										
ÁREA DE PAREDES (1)									42,3074										
ÁREA DE PAREDES (2)									47,4629										
TOTAL DE CORTE, PRENSA, MEZCLA, Y HORNEADO (m²)												490,055	0	2873,6495	321,17	1,712748458			
TOTAL DE TODA LA PLANTA												721,999	107,5	3966,2762	614,13	133,1598163	1,212748458		
TOTAL DE TODA LA PLANTA															608,63				
TIEMPO DE REVERBERANCIA PARA EL ÁREA DE TREFILACIÓN(SEGUNDOS)															1,0267				
TIEMPO DE REVERBERANCIA PARA EL ÁREA DE EMPAQUE(SEGUNDOS)															0,7836				
TIEMPO DE REVERBERANCIA PARA EL ÁREA DE CORTE, MEZCLA, HORNO Y PRENSA															1,7127	2,785757458			
TIEMPO DE REVERBERACIÓN TOTAL															2,7858	227,8031018	2,285757458		
PROPUESTA PARA EL ÁREA DE CORTE, HORNO, PRENSA Y MEZCLA (BOQUETE ABIERTO)															1,6808				
PROPUESTA PARA TODA LA PLANTA															2,7244	2,724419975	2,224419975		
ÁREA DE ABSORCIÓN PROPUESTA CON LOS BOQUETES ABIERTOS																232,9318518			

FIGURAS F-1
MEDIDAS DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE ELECTRODOS



COEFICIENTES DE ABSORCIÓN DE ALGUNOS MATERIALES

MATERIALES	FRECUENCIAS						α_m
	125	250	500	1000	2000	4000	
Bloque Pintado	0,1	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08	0,068
Concreto	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,016
Techo	0,35	0,25	0,18	0,12	0,08	0,04	0,158
Hormigon	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,018
Lana de roca (Baffles)	0,19	0,5	0,84	0,9	0,99	0,9	0,808

NOTA: Para superficies perfectamente absorbentes se tiene:

α	1
----------	---

CALCULO DEL ALFA PROMEDIO	
AREA DE ABSORCIÓN TOTAL	233
SUPERFICIE TOTAL	1438
ALFA PROMEDIO	0,16

ABSORCIÓN ACÚSTICA DE PANELES DE LANA DE ROCA

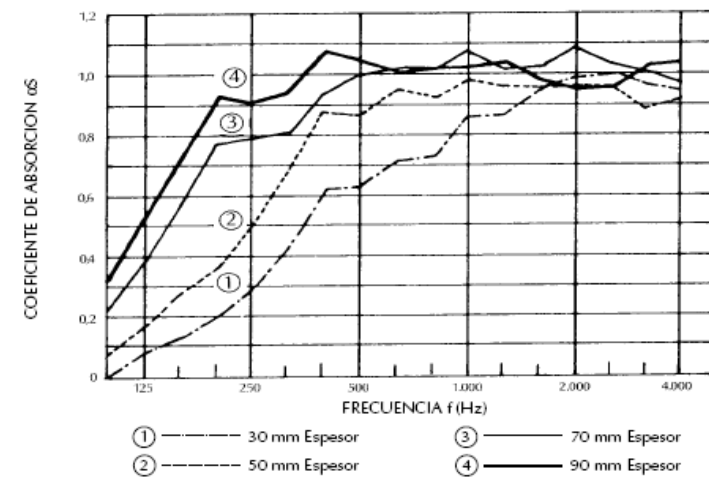


Fig. 9. Absorción acústica de paneles de lana de roca «ROCLAINÉ» de densidad 70 kg/m³ apoyados sobre una superficie rígida.

Metros(m ²)	Baffles	0,84 m ² /Baffle	A(sabines)	$\Delta Lp(\gamma)$
120	317	266,28	215,02	-0,35
608,63	1608	1350,55	1323,50	7,54
kg/m²/cm	Espesor(cm)	m(kg/m²)		
77	3/5	46,20		
77	2/7	23,10		

INCREMENTO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN PARA LOS VALORES INDICADOS

VOLUMEN (m ³)	Δtr (SEGUNDOS)	VOLUMEN (m ³)	Δtr (SEGUNDOS)
200	0,1	6000	0,6
400	0,2	12000	0,7
800	0,3	24000	0,8
1600	0,4	50000	0,9
3000	0,5	100000	1

TIPO DE LOCAL	TIEMPO DE REVERBERACIÓN (ΔTr)
Local reverberante	> 1 segundo
local intermedio	0,4 a 1 segundo
local absorbente	< 0,4 segundos

$$TL = 20 \cdot \log(mf) - C$$

TL = 10 log (1/ τ) = Pérdida por transmisión, dB
 $\tau = \frac{I_t}{I_i}$ = Coeficiente de transmisión de potencia
 m = masa superficial, kg/m²
 f = frecuencia, Hz
 C = 48 (si m en kg/m²)
 C = 34 (si m en lb/pie²)

MATERIALES	FRECUENCIAS							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
20 LOG m	33,29	33,29	33,29	33,29	33,29	33,29	33,29	33,29
K=20Log F-48	-12,01	-6,06	-0,04	5,98	12,00	18,02	24,04	30,06
TL(3/5)	21,28	27,23	33,25	39,27	40,00	40,00	40,00	40,00

MATERIALES	FRECUENCIAS							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
20 LOG m	27,27	27,27	27,27	27,27	27,27	27,27	27,27	27,27
K=20Log F-48	-12,01	-6,06	-0,04	5,98	12,00	18,02	24,04	30,06
TL(2/7)	15,26	21,21	27,23	33,25	39,27	40,00	40,00	40,00