



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO Y CONTROL
DE RUIDO EN LA PLANTA DE FAENAMIENTO DE LA EMPRESA POFASA**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
Para optar por el título de
Ingeniero de Sonido y Acústica.

Profesor guía:
Ing. Miguel Ángel Chávez Avilés

Autor:
Giovanny Francisco Masabanda Campaña

AÑO
2011

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema y tomando en cuenta la Guía de Trabajos de Titulación correspondiente”.

.....
Ing. Miguel Ángel Chávez Avilés
CI. 1710724848

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE:

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

.....
Giovanny Francisco Masabanda Campaña

CI. 171596240-1

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a todas aquellas personas que a lo largo de esta etapa de mi vida me han apoyado directa e indirectamente; en especial a mis padres que fueron, son y serán, un grandísimo apoyo moral, y afectivo. Sin el cual, esto simplemente hubiese sido una utopía. Sepan Padres que esto es apenas un peldaño más de la difícil cima, pero soy consciente también que gracias a ustedes he comprendido que con esfuerzo, coraje y dedicación las cimas no son inalcanzables, que la palabra quimera jamás tendrá un significado en mi vocabulario.

A mis hermanos, de quienes me siento orgulloso, y son para mí un ejemplo a seguir.

Agradezco en especial la ayuda brindada durante el desarrollo de este trabajo al Ing. Patricio Moreno, Gerente de la planta POFASA; al Ing. Miguel Chávez tutor de tesis. Agradezco a mis profesores, compañeros, amigos por ser parte de este proceso de crecimiento.

A Dios, por los momentos buenos y malos de mi vida, por su infinita sabiduría, por permitirme realizar mis sueños y por entregarme el regalo más preciado: la vida.

RESUMEN

La contaminación acústica en la ciudad de Quito, es un problema cuya importancia y preocupación ha ido en aumento con el tiempo. El ruido puede causar grandes daños en la calidad de vida de las personas, pues un prolongado tiempo de exposición a ellos, causa serias afectaciones en la salud auditiva, física y mental de las personas.

Normativas como la Ordenanza Metropolitana No.213, el Decreto Ejecutivo No. 2393, “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”, las OSHAS 18000 o la ISO 1999:1990, el TULAS libro VI, Anexo V, surgen debido a la necesidad de contar con mecanismos que regulen la contaminación acústica en el entorno laboral y ambiental.

La empresa POFASA, dedicada al faenamiento de aves en el Distrito Metropolitano de Quito, pretende realizar un estudio para cumplir con las normativas mencionadas, asociadas a la generación de ruido.

El presente proyecto es una propuesta de diseño de estrategias técnicas, cuyo objetivo principal sea la mitigación de los niveles de ruido que se generan en la empresa POFASA. Se evaluaron las emisiones de ruido de la planta, determinándose las áreas críticas, para posteriormente plantear mecanismos que coadyuven a la empresa a certificarse en el cumplimiento de normativas ambientales e higiene industrial para ruido.

ABSTRACT

The acoustic contamination in the city of Quito is a problem whose importance and preoccupation have increased with time. The noise can cause great damages in the quality of the life of the people, because a prolonged exposure time causes serious effects in the auditory health, physical health and mental health of the people.

Norms like the Metropolitan Decree No.213, Executive Decree no. 2393 "Regulation of security and health of the workers and improvement of the work environment", the OSHAS the 18000 or the ISO 1999:1990, the book VI of the TULAS, Annex V, arise due to the necessity to count on mechanisms that regulate the acoustic contamination in the work surroundings and environmental surroundings.

The company POFASA, dedicated to the faenamiento of birds in the Metropolitan District of Quito, wants to make a study in order to fulfill the mentioned norms, associated to the noise generation.

The present project is a design proposal of technical strategies, whose primary target is the mitigation of the noise levels which they are generated in POFASA Company. The emissions of noise of the plant were evaluated, determining the critical areas, to later raise mechanisms that would help to the company to be certify in the fulfillment of the environmental norms and industrial hygiene for noise.

ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
1.- Introducción.....	1
1.2.- Antecedentes.....	1
1.3.- Hipótesis.....	1
1.5.- Justificación:.....	2
1.6.- Alcance.....	2
1.7 Objetivos del Proyecto.....	2
1.7.1.- Objetivo General.....	2
1.7.2.- Objetivos Específicos.....	3
1.8.- Metodología a utilizar:.....	3
CAPITULO II.....	4
2.- Marco Teórico.....	4
2.1.- Efectos del Ruido en el hombre.....	4
2.2.- Ruido y pérdida de audición.....	4
2.3.- Criterios para la pérdida de audición.....	5
2.4.- Curvas y criterios para la evaluación del ruido.....	5
2.4.1.- Curvas de valoración NR (Noise Rating):.....	6
2.4.2.- Curvas de valoración NC (Noise Criteria):.....	6
2.4.3.- Curvas de valoración PNC (<i>Preferred Noise Criteria</i>):.....	6
2.5.- Instrumentos para análisis de ruido.....	7
2.5.1.- Señales de Ruido.....	8
2.5.2.- Nivel de presión sonora.....	8
2.6.- Curvas de ponderación.....	8
2.7.- Instrumentos para la medición de ruido.....	9
2.8.- Medida y Análisis de ruido de la maquinaria.....	11
2.8.1 Técnicas de medición de ruido de maquinarias.....	12
2.8.2.- Potencia acústica y Nivel de potencia acústica.....	13

2.8.3.- Relación entre presión y potencia acústica	13
2.9.- Tiempo de reverberación.....	13
2.10.- Aislamiento del ruido.....	14
2.10.1.-Pérdida de transmisión (TL).....	15
2.10.2.- Fenómeno de coincidencia.-	16
2.11.- Aislamiento del sonido transmitido por aire	18
2.11.1.- Atenuación por barreras acústicas.-	18
2.11.2.- Encierros Acústicos	20
2.11.3.- Encierro acústico completo	20
2.12.- Silenciadores	23
2.12.1.- Silenciadores Resistivos.....	23
2.12.2.- Cámara de expansión simple.	25
2.13.- Materiales de aislamiento sonoro	26
2.13.1.- Materiales Absorbentes.-.....	27
2.13.2.- Resistividad al flujo del aire	28
2.13.3.- Porosidad (h).-.....	30
2.13.4.- Factor estructural (S).-	31
2.14.- Encierro dentro de una fábrica.-.....	31
2.15.- Encierro en Campo libre.-	32
CAPITULO III	34
3.- DESARROLLO	34
3.1.- Descripción de la situación actual.....	34
3.2.- Metodología utilizada.-.....	35
3.3.- Determinación de puntos de medición.....	35
3.4- Evaluación	37
3.4.1.- Fuentes evaluadas.....	37
3.4.2.- Nivel de potencia acústica de la maquinaria en el área de pelado.....	37
3.4.3.- Nivel de potencia acústica del generador eléctrico.....	39
3.4.4.- Nivel de potencia acústica en el área de compresores.	40
3.4.5.- Nivel de potencia acústica de la maquinaria en ponderación A.....	42
3.5.- Medida del tiempo de reverberación de la planta.	43

3.5.1.- Tiempo de reverberación en el área de compresores	46
3.5.2.- Tiempo de reverberación en el área de pelado	48
3.5.3.- Tiempo de reverberación en el área de evisceración, empaque y pelado de patas.	49
3.6.- Ruido interior de la planta	50
3.7.- Ruido al exterior de la planta	54
CAPITULO IV	59
4.- PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	59
4.1.- Exposición de ruido del trabajador	59
4.2.- Ruido en el área de compresores.-.....	60
4.2.1.- Cálculo del encierro acústico	60
4.3.- Ruido en el área del generador eléctrico.-	63
4.3.1.- Cálculo del encierro acústico	64
4.4.- Propuesta de solución en el área de pelado.-.....	66
4.4.1.- Cálculo del encierro acústico	67
CAPITULO V	74
5.- ANALISIS DE COSTOS.	74
5.1.- Área de compresores.....	74
5.2.- Área del generador eléctrico.	75
5.3.- Área de pelado.....	75
5.4.- Detalle del costo total para la implementación del proyecto	76
CAPITULO VI	77
6.1.- CONCLUSIONES.	77
6.2.- RECOMENDACIONES.....	78
7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	79
8.- ANEXOS	82

INDICE DE ANEXOS:

Anexo 1. Cálculos del Capítulo III (Evaluación).....	83
Anexo 2. Ordenanza Metropolitana No. 213. Registro Oficial 10 de septiembre de 2007. CAPITULO 2.	100
Anexo 3. Resolución Número 0002-Dirección Metropolitana Ambiental -2008 ..	109
Anexo 4. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Ambiente del Trabajo. Decreto 2393	115

INDICE DE TABLAS:

Tabla 2.1.- Valores máximos de índices de ruido permitido.....	7
Tabla 2.2.- Clasificación de los sonómetros en función de su grado de precisión.....	11
Tabla 2.3.- Pérdida de transmisión de diversos materiales en función de la frecuencia, y clase de transmisión sonora.....	27
Tabla 3.1.- Tiempo de exposición permisible.....	51
Tabla 3.2.- Resultados de mediciones realizadas.....	52
Tabla 3.3.- Niveles máximos de ruido permisibles según tipo de zona según uso de suelo.....	55
Tabla 3.4.- Corrección por nivel de ruido de fondo.....	55
Tabla 3.5.- Resultados de mediciones (Ruido exterior diurno).....	56
Tabla 3.6.- Resultados de mediciones (Ruido exterior nocturno).....	57
Tabla 3.7.- NPS equivalente corregido horario nocturno.....	58
Tabla 4.1.- NWS (dBA) total en área de compresores.....	61
Tabla 4.2.- Perdida de transmisión del encierro acústico.....	62
Tabla 4.3.- NPS fuera del encierro.....	62
Tabla 4.4.- NWS (dBA) en el área del Generador eléctrico.....	64
Tabla 4.5.- Perdida de transmisión del encierro acústico.....	65
Tabla 4.6.- NPS a 3 metros del encierro acústico.....	65
Tabla 4.7.- NWS (dBA) total en el área de Pelado.....	67
Tabla 4.8.- Perdida de transmisión del Encierro acústico.....	68
Tabla 4.9.- Nivel de Presión Sonora fuera del encierro.....	69

Tabla 4.10.- NPS máximos y calculados en entorno laboral.....	70
Tabla 4.11.- NPS máximos y calculados en entorno ambiental.....	70
Tabla 4.12.- NPS esperados al interior de la planta con la implementación de las propuestas técnicas de control de ruido.....	72
Tabla 4.13.- NPS esperados al exterior de la planta con la implementación de las propuestas técnicas de control de ruido.....	73
Tabla 5.1.- Detalle de costos de fabricación del silenciador.....	74
Tabla 5.2.- Detalle de costos encierro en el área de compresores.....	74
Tabla 5.3.- Detalle de costos encierro en el área del generador eléctrico.....	75
Tabla 5.4.- Detalle de costos encierro en el área de pelado.....	75
Tabla 5.5.- Detalle de costos total del proyecto.....	76

INDICE DE FIGURAS:

Figura 2.1.- Pérdida de audición por edad.....	5
Figura 2.2.- Curvas de ponderación para los filtros A, B, C.....	9
Figura 2.3.- Modelo de Barrera Acústica.....	19
Figura 2.4.- Distancias para cálculo de número de Fresnel.....	20
Figura 2.5.- Espectro en bandas de octava del ruido en un receptor.....	21
Figura 2.6.- Encierro completo con entradas para aberturas de ventilación.....	22
Figura 2.7.- Silenciador acústico tipo Splitter.....	22
Figura 2.8.- Modelos de Encierros acústicos parciales.....	23
Figura 2.9.- TL Cámara de expansión Simple.....	25
FIGURA 2.10.- Material absorbente hecho a base de espuma de poliuretano.....	28
Figura 2.11.- TL Cámara de expansión Simple.....	30
Figura 3.1.- Nivel de Potencia acústica en el área de Pelado.....	38
Figura 3.2.- Nivel de potencia acústica en generador emergente.....	40
Figura 3.3.- Nivel de Potencia acústica en Área de Compresores.....	41

Figura 3.4.- Nivel de Potencia acústica en ponderación A de la maquinaria.....	42
Figura 3.5.- Nivel de Potencia acústica total en ponderación A de la maquinaria...	43
Figura 3.6.- Entorno de trabajo mediante software SpectraPLUS 5.0.....	46
Figura 3.7.- Tiempo de reverberación – Área de compresores.....	47
Figura 3.8.- Tiempo de reverberación promedio – Área de compresores.....	47
Figura 3.9.- Tiempo de reverberación - Área de Pelado.....	48
Figura 3.10.- Tiempo de reverberación promedio – Área de compresores.....	49
Figura 3.11.- Tiempo de reverberación - Área de Galpón Principal.....	49
Figura 3.12.- Tiempo de reverberación promedio - Área de Galpón Principal.....	50
Figura 4.1.- Tipos de protectores auditivos.....	59
Figura 4.2.- NPS reverberante antes y después del encierro.....	63
Figura 4.3.- NPS antes y a 3m del encierro.....	66
Figura 4.4.- NPS reverberante antes y después del encierro.....	69

INDICE DE FOTOGRAFÍAS:

Fotografía 2.1.- Sonómetro Integrador Marca Solo – Metravib.....	11
Fotografía 3.1.- Vista Lateral de POFASA.....	34
Fotografía 3.2.- Área de Pelado.....	37
Fotografía 3.3.- Área del generador eléctrico.....	39
Fotografía 3.4.- Área de compresores.....	41

INDICE DE ESQUEMAS:

Esquema 3.1.- Puntos de Medición al interior de la planta.....	36
Esquema 3.2.- Conexión de Instrumentación utilizada para medida de tiempo de reverberación.....	45
Esquema 3.3.- Mapa de ruido al interior de la planta	53
Esquema 3.4.- Puntos de medición – ruido externo.....	56
Esquema 4.1.- Encierro acústico para compresores.....	60
Esquema 4.2.- Encierro acústico para generador eléctrico.....	64
Esquema 4.3.- Encierro acústico para el área de pelado.....	67
Esquema 4.4.- Barrera Acústica finita.....	71

INDICE DE ECUACIONES:

(EC.2.1).- Ecuación de Nivel de Presión Sonora.....	8
(EC.2.2).- Suma de Niveles de Presión Sonora.....	8
(EC.2.3).- Nivel de Potencia acústica.....	12
(EC.2.4).- Tiempo de reverberación.....	14
(EC.2.5).- Perdida de transmisión.....	15
(EC.2.6).- Coeficiente de transmisión.....	15
(EC.2.7).- Perdida de transmisión relacionado con el coeficiente de transmisión...	15
(EC.2.8).- Ley de la Masa.....	16
(EC.2.9).- STC relacionado a la ley de la Masa.....	16
(EC.2.10).- Fenómeno de coincidencia.....	16
(EC.2.11).- TL debajo de la frecuencia de resonancia mecánica del panel.....	17
(EC.2.12).- TL en la frecuencia de resonancia mecánica del panel.....	17
(EC.2.13).- TL encima de la frecuencia de resonancia mecánica y debajo de la frecuencia crítica.....	17
(EC.2.14).- TL encima de la frecuencia de coincidencia.....	17
(EC.2.15).- Frecuencia crítica.....	17
(EC.2.16).- Atenuación producida por una barrera acústica.....	19
(EC.2.17).- Atenuación producida por una barrera acústica.....	19
(EC.2.18).- Número de Fresnel.....	19
(EC.2.19).- Presión acústica.....	23
(EC.2.20).- Atenuación producida por un silenciador resistivo.....	24

(EC.2.21).- Atenuación producida por un silenciador resistivo según Sabine.....	24
(EC.2.22).- Pérdida de transmisión en una cámara de expansión simple.....	25
(EC.2.23).- Frecuencia natural.....	25
(EC.2.24).- Resistividad al flujo de aire.....	28
(EC.2.25).- Resistividad específica de flujo.....	29
(EC.2.26).- Relación entre coeficiente de absorción y la resistividad al flujo.....	29
(EC.2.27).- Constante k	29
(EC.2.28).- Constante ψ	29
(EC.2.29).- Porosidad.....	30
(EC.2.30).- NPS reverberante antes del encierro acústico para un encierro dentro de una fábrica.....	31
(EC.2.31).- NPS reverberante dentro del encierro para un encierro dentro de una fábrica.....	31
(EC.2.32).- NPS fuera del encierro para un encierro dentro de una fábrica.....	31
(EC.2.33).- NPS reverberante dentro del encierro en un encierro en campo libre..	32
(EC.2.34).- NPS fuera del encierro para un encierro en campo libre.....	32
(EC.2.35).- NPS a una distancia l para un encierro en campo libre.....	32
(EC.2.36).- Nivel de potencia sonora.....	32
(EC.4.1).- Pérdida de transmisión total para un encierro acústico de varias superficies.....	61

CAPITULO I

1.- Introducción

La importancia de la preservación del medio ambiente, específicamente en lo que tiene que ver con las emisiones de ruido, ha venido tomando fuerza con el tiempo. La exposición al ruido excesivo durante largos períodos de tiempo puede producir daños irreversibles en el sistema auditivo y nervioso.

La empresa POFASA, con el afán de cumplir con las exigencias de las normas ambientales, requiere realizar un estudio de contaminación acústica en la planta, y de esta manera contar con una solución a esta problemática.

La existencia de normas ambientales como la Ordenanza Metropolitana No. 213 y el Reglamento sobre seguridad y salud de los trabajadores, Decreto Ejecutivo No. 2393, hacen necesarias la implementación de mecanismos que garanticen el cumplimiento de estas normativas.

1.2.- Antecedentes.

En la planta de faenamiento perteneciente a la empresa POFASA se generan altos niveles de ruido, afectando a los trabajadores que allí laboran y a las personas que viven en los alrededores; problemática que hasta el momento no ha sido solucionada.

La Planta, se encuentra en proceso de certificación con las normas de seguridad industrial y medio ambiental, lo cual hace necesario un estudio serio sobre el tema, para encontrar soluciones prácticas a esta situación.

1.3.- Hipótesis

Diseñar sistemas de aislamiento acústico y control de ruido que puedan utilizarse para que la planta de faenamiento perteneciente a la empresa POFASA cumpla con las normativas existentes, tanto en el tema ambiental

como en el de higiene industrial; ya que mediante herramientas propias de la Ingeniería Acústica, pueden atenuarse Niveles de Presión Sonora con el fin de que se encuentren dentro de los rangos aceptables que las diferentes normativas existentes recomiendan; ya que en la actualidad, existe presencia de contaminación acústica que hace necesarias políticas para mitigar esta situación.

Las propuestas, entregarían resultados que aseguren un ambiente de trabajo desarrollado bajo condiciones de niveles de ruido permitidos, que no afecten la salud del personal tanto productivo como administrativo, lo cual garantiza un mejor rendimiento en las actividades diarias.

1.4.- Justificación

El estudio pretende establecer un mecanismo para controlar la emanación de ruido de la empresa, con el objetivo de que cumpla con las normativas vigentes tanto en el tema ambiental como en el de higiene industrial, y alcance su certificación.

1.5.- Alcance

El propósito del proyecto es evaluar la emisión de ruido al medio ambiente y el impacto que tiene sobre el personal que trabaja en la planta de faenamiento. Se analizarán las fuentes de ruido y las condiciones de operación de la maquinaria para establecer el diseño de soluciones que mitiguen las emanaciones de ruido transmitidas. No se considera la implementación de las medidas propuestas, por lo que su evaluación se realizará mediante modelos teóricos.

1.6 Objetivos del proyecto

1.6.1.- Objetivo General.

Desarrollar un sistema de aislamiento acústico y control de ruido en la planta de faenamiento de la empresa POFASA, conforme al cumplimiento de la normativa ambiental y de salud ocupacional vigente.

1.6.2.- Objetivos Específicos.

- Evaluar las fuentes de emisión de ruido de la planta de faenamiento de la empresa POFASA.
- Evaluar las condiciones acústicas iniciales en los distintos puestos de trabajo.
- Elaborar un mapa del ruido interno de la planta.
- Diseñar sistemas de aislamiento y control de ruido con el fin de mitigar y cumplir la normativa ambiental vigente.
- Diseñar sistemas de control de ruido con el fin de mitigar y cumplir la normativa de salud ocupacional vigente.
- Evaluar la propuesta planteada, mediante cálculos de pérdida de transmisión, clase de transmisión sonora y exposición de ruido laboral.

1.7.- Metodología a utilizar:

1. Reconocimiento del sector donde funciona la planta de faenamiento e identificación de las fuentes de ruido más significativas.
2. Evaluación del ruido de las fuentes.
3. Mediciones de niveles de ruido en diferentes puntos de la planta.
4. Análisis comparativo de datos recopilados con normativas existentes.
5. Diseño de soluciones para el control de ruido, para alcanzar los objetivos planteados.

CAPITULO II

2.- Marco Teórico

2.1.- Efectos del Ruido en el hombre

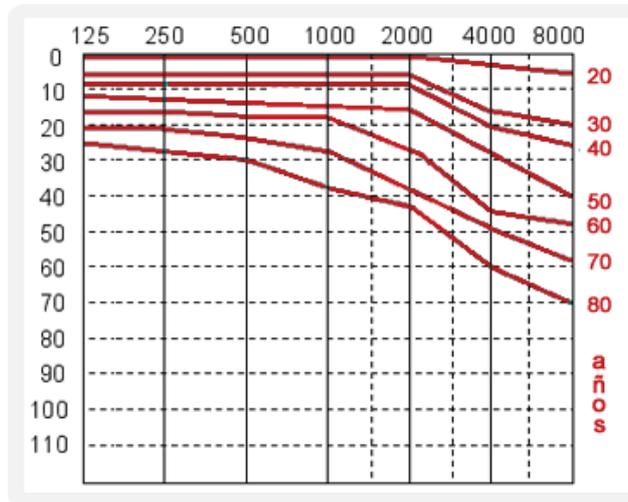
Un prolongado tiempo de exposición al ruido pueden ocasionar serios efectos tales como: aceleración del pulso, aumento de la presión sanguínea y estrechamiento de los vasos sanguíneos. Pudiendo ocasionar además una sobrecarga del corazón causando secreciones anormales de hormonas y tensiones musculares. El efecto de dichas alteraciones se muestra en forma de nerviosismo, cansancio mental, frustración, dificultad en el desempeño laboral, entre otras. Existen también indicios de alteraciones mentales y emocionales como irritabilidad, fatiga y mal comportamiento, conflictos interpersonales entre el personal expuesto al ruido.

2.2.- Ruido y pérdida de audición.

La exposición prolongada a niveles de ruido altos daña las células de la cóclea. Raramente el tímpano es dañado por el ruido industrial. Existe otro tipo de pérdida de audición causada principalmente por el envejecimiento, especialmente en altas frecuencias. En la Figura 2.1 se muestra valores típicos de pérdida de audición en varias frecuencias, en función de la edad. En general se empieza a perder audición a partir de los 20 años. Es un proceso natural llamado PRESBIACUSIA, que se hace mucho más evidente a partir de los 50 años.

Uno de los primeros efectos fisiológicos de exposición a niveles de ruido altos, es la pérdida de audición en la banda de frecuencias comprendida entre los 4 KHz a 6 KHz. El efecto, generalmente es acompañado por la sensación de percepción de ruido después de abandonar el lugar ruidoso. Este efecto es temporal y es denominado cambio temporal del umbral de audición (Temporary Threshold Shift – TTS). Pero si la exposición al ruido es constante antes de una completa recuperación, la pérdida puede tornarse permanente. Las células nerviosas del oído interno se ven gravemente afectadas, por lo que la pérdida de audición es irreversible.

Figura 2.1.- Pérdida de audición por edad



Fuente: [12]

2.3.- Criterios para la pérdida de audición

La mayoría de investigaciones referentes a la pérdida de audición mencionan los siguientes criterios:

- La función primordial del oído humano es oír y entender conversaciones.
- Para pérdidas de audición mayores a 25 dB (valor medio en frecuencias de 500 Hz, 1KHz y 2 KHz) se dice que en este caso existe una dificultad significativa en la recepción del sonido.
- Por debajo de 80 dB(A), para el 90 % de la población, no es causa de dificultad en la interpretación del sonido.
- La pérdida de audición por exposición a niveles de presión sonora superiores a 80 dB(A) depende de la distribución de los niveles con el tiempo de exposición y de la sensibilidad del sujeto.

2.4.- Curvas y criterios para la evaluación del ruido

Los países en general poseen sus propias normas y recomendaciones sobre los niveles de ruido para varios ambientes. Como por ejemplo la BS 4141 (1976) (British Standard), la NFS (Association Francaise de Normalitazion) 31-

010 (1974), IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) – Resolución Conama 001y 002 del 17 de agosto de 1990, el Decreto Supremo N°129 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del 7 de febrero de 2003 (Chile).

El Ecuador no es la excepción, actualmente rigen normativas que regulan las emanaciones de ruido para varios ambientes como la Ordenanza Metropolitana No. 213. Registro Oficial 10 de septiembre de 2007 (Anexo 1) que rige para todo el Distrito metropolitano de Quito o el Decreto Ejecutivo No. 2393 “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo” (Anexo 2) que en su capítulo V, artículo 55 establece parámetros de exposición al ruido en el ambiente laboral.

2.4.1.- Curvas de valoración NR (Noise Rating):

Las curvas NR establecen límites de confortabilidad en diferentes ambientes en el que existen niveles de ruido estables y permiten asignar al espectro de frecuencias de un ruido, medido en bandas de octava, un solo número NR, esto según el método establecido en la ISO R-1996 y UNE 74-022, que corresponde a la curva que se encuentra en la parte superior de los puntos que representan los niveles de presión sonora obtenidos en cada banda del ruido analizado.

2.4.2.- Curvas de valoración NC (Noise Criteria):

Índice desarrollado por L.L Beranek en 1957, evalúa de manera objetiva el grado de molestia que provoca el ruido de fondo sobre los oyentes. Con este índice se pretende relacionar el espectro de frecuencias de un ruido con la perturbación que este causa en la comunicación verbal, considerando los niveles de interferencia de la palabra y los niveles de sonoridad.

2.4.3.- Curvas de valoración PNC (*Preferred Noise Criteria*):

A las curvas NC obtenidas en 1957, se le realizaron una serie de modificaciones que dieron lugar en el año de 1971 a las curvas de valoración PNC. Estas curvas poseen valores menos 1 dB en las frecuencias 125, 250,

500 y 1 KHz con respecto a las curvas NC. De 4 a 5 dB hacia abajo, en la frecuencia de 63 Hz y en tres frecuencias superiores 2KHz, 4 KHz y 8 KHz. A pesar de que estas curvas no son reconocidas internacionalmente, su uso se encuentra ampliamente difundido. En la Tabla 2.1 se muestra los valores máximos de índice de ruido permitidos para curvas NC, NR, PNC, dB y dB(A).

Tabla 2.1.- Valores máximos de índices de ruido permitido

Tipo de recinto	Índices de ruido			Nivel de ruido	
	NR	NC	PNC	dB	dB (A)
Estudios de radio, televisión	30	20	30	30	25
Salas de música, auditorios	25	25	20	35	25
Teatros	25	30	20	35	40
Hospitales	20	35	40	40	45
Iglesias	35	30	35	40	45
Viviendas, hoteles	45	35	40	45	45
Salas lectura, aulas	30	35	40	40	45
Salas de conferencia pequeñas	35	30	40	45	50
Oficinas, restaurantes	45	45	45	45	50
Juzgados	40	35	40	40	45
Oficinas medias	50	50	50	45	50
Bibliotecas	40	35	40	40	45
Bancos, tiendas, oficinas grandes	55	45	45	50	55
Gimnasios, salas deporte y piscinas	50	45	45	55	60
Cines	35	35	35	35	45

Fuente: [13]

2.5.- Instrumentos para análisis de ruido

Las mediciones de ruido permiten un análisis y cuantificaciones precisas de las condiciones ambientales molestas. Las mediciones de ruido y vibraciones son herramientas de mucha utilidad, indispensables en el control de ruido y vibraciones.

2.5.1.- Señales de Ruido

Micrófonos, parlantes, acelerómetros y excitadores electro-dinámicos, son transductores que transforman sonidos y vibraciones en señales eléctricas o viceversa.

2.5.2.- Nivel de presión sonora

Para cuantificar el nivel de presión sonora, debido a la respuesta del oído se utiliza una magnitud logarítmica. Matemáticamente se define el nivel de presión sonora (NPS):

$$NPS = 20 \log \left(\frac{P}{P_o} \right) \quad (\text{EC.2.1})$$

Donde:

P = presión Sonora instantánea

Po = presión de referencia (20x10⁻⁶ [N/m²])

Mediante la siguiente ecuación se realiza el proceso de suma de niveles:

$$NPS_{TOTAL} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{NPS_i}{10}} \right) \quad (\text{EC.2.2})$$

Donde:

N= número de fuentes

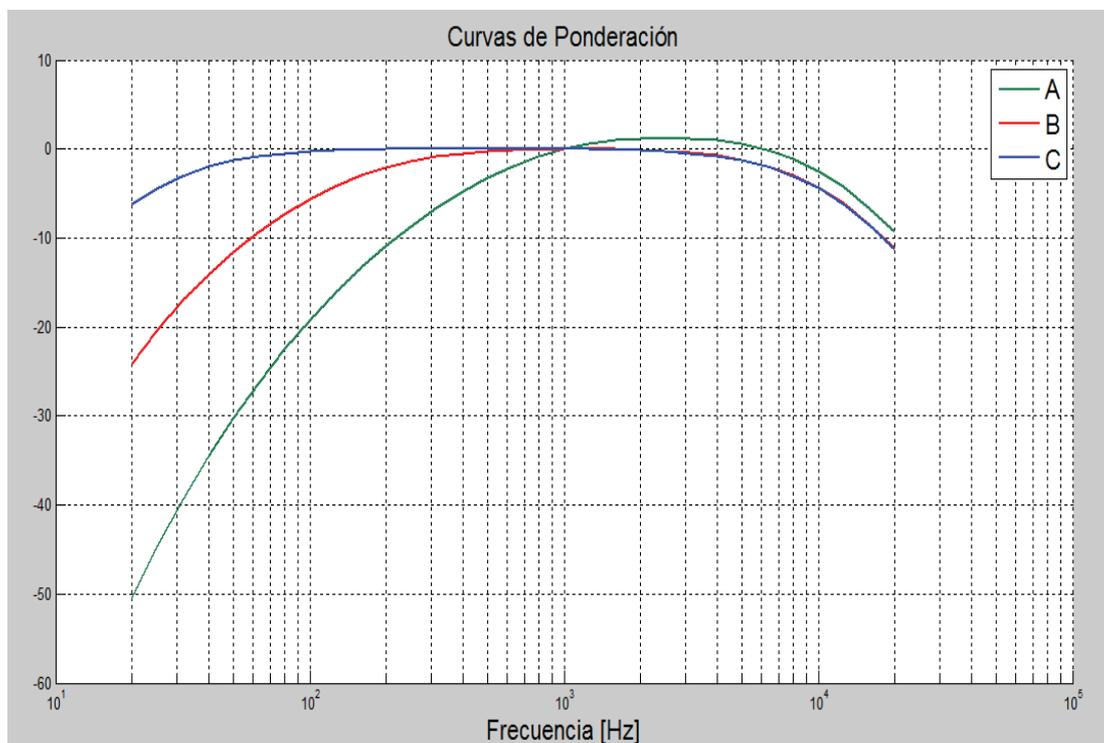
2.6.- Curvas de ponderación

El nivel de presión sonora en ponderación A está establecido y es aceptado internacionalmente. La curva del filtro en ponderación A corresponde aproximadamente a la inversa de la curva isofónica que posee un nivel de 40

dB en 1 KHz, las frecuencias altas y bajas poseen mucha menor importancia sobre el valor dB(A) que las frecuencias medias. La curva de ponderación B es aproximada a la curva isofónica de 70 fon y es adecuada para ruidos de intensidad media, esta curva se encuentra muy poco difundida. La curva de ponderación C es aproximada a la curva isofónica de 70 fon y es utilizada para ruidos de intensidad elevada y extendida para la medición de ruidos graves. La curva de ponderación D se utiliza generalmente y de manera casi exclusiva para estudiar el nivel de ruido generado por los aviones.

En la Figura 2.2 se muestra las diferentes curvas de ponderación.

Figura 2.2.- Curvas de ponderación para los filtros A, B, C



Fuente: Elaboración propia mediante Software Matlab.

2.7.- Instrumentos para la medición de ruido

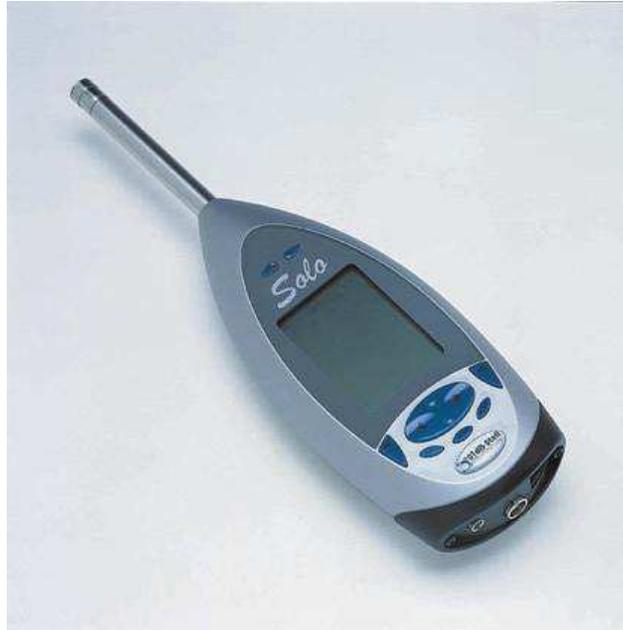
Es importante para un análisis acústico realizar mediciones de nivel de presión sonora. El instrumento que se utiliza para este fin es denominado sonómetro, existiendo de varias clases que van de la 0 a la 3. La medición puede ser

manual o programada de antemano, en si depende del modelo del sonómetro. Pese a que cada equipo de medición del sonido es distinto, básicamente todos están conformados por un transductor (generalmente un micrófono) que convierte la presión acústica en señal eléctrica. Esta señal de pequeña amplitud pasa por un pre- amplificador lineal y diferentes circuitos de compensación (A, B, C o D) y filtros pasa bandas. Posteriormente pasa por otra amplificación variable y detector RMS, con algunos tiempos de medidas, pues, la señal debe mostrar si la medida es en dB, dB(A), dB pico o dB impulso, y finalmente por una unidad de visualización que puede ser digital o analógica. Un instrumento derivado del sonómetro es el dosímetro que mide el nivel de presión sonora en función del tiempo de exposición y es utilizado para evaluar el riesgo de exposición de sonidos intensos principalmente en el campo de la salud y la seguridad industrial.

La medición de niveles de presión sonora es un procedimiento básico e imprescindible utilizado para conocer la distribución de la energía acústica a través de un análisis espectral. Para determinar la intensidad del sonido normalmente se adopta una escala logarítmica cuya unidad de medida es el decibelio.

El análisis espectral es muy útil para el diseño y optimización de medidas de control de ruido, cabe recalcar que en estas mediciones se utilizan curvas de niveles de presión sonora en ponderación A que en la gran mayoría de los casos se encuentran establecidas y aceptadas internacionalmente, por otra parte son muy utilizadas las curvas de clasificación de niveles de presión sonora tales como NC, NR y PNC que son curvas que definen el límite, por cada banda de octava de frecuencias, que el espectro de un ruido no deba rebasar para lograr un nivel que sea aceptable. En la fotografía 2.1 se muestra al Sonómetro Integrador Marca Solo – Metravib.

Fotografía 2.1.- Sonómetro Integrador
Marca Solo – Metravib



Fuente: Manual de usuario Sonómetro Solo-Metravib

Tabla 2.2.- Clasificación de los sonómetros en función de su grado de precisión

Sonómetro	Utilización
Clase 0	Utilizado en laboratorios para obtener niveles de referencia
Clase 1	Utilizado para trabajos en campo con gran precisión
Clase 2	Utilizado para realizar mediciones generales en trabajos de campo
Clase 3	Utilizado para realizar mediciones aproximadas y reconocimientos, es el menos preciso.

Fuente: [14]

2.8.- Medida y Análisis de ruido de la maquinaria

Para Cyril M. Harris. Cuando se realiza un análisis de ruido de la maquinaria suele ser con el propósito de cumplir con los siguientes objetivos:

- “Verificar que la máquina satisface un requisito legal o cumple una norma específica”.

- “Desarrollar una base de datos de medidas del ruido de máquinas que pertenecen nominalmente al mismo tipo: estos datos sirven de base de comparación para nuevas máquinas”.
- “Reducir el ruido de la maquinaria”
- “Evaluar los efectos del ruido de la maquinaria sobre las personas”.
- “Realizar un control del estado y un análisis diagnóstico de la maquinaria”
- “Desarrollar un modelo del proceso de emisión del ruido de una máquina: este modelo resulta útil para la investigación y desarrollo”. [1]

2.8.1 Técnicas de medición de ruido de maquinarias.

No es fácil determinar cuán ruidosa es una máquina, ya que para este fin no basta solamente medir la cantidad de nivel de presión sonora medida a cierta distancia de la fuente. Una forma más precisa de medir el ruido producido por una fuente es a través de la determinación de la potencia acústica, la potencia acústica no es más que la energía acústica expresada en watts , de una forma más conveniente es expresada en nivel de potencia acústica (L_w), donde matemáticamente (L_w) está expresado como:

$$L_w = 10 \log \left(\frac{w}{w_0} \right) \text{ [dB]} \quad (\text{EC.2.3})$$

Donde:

w = potencia acústica radiada por la fuente

w_0 = potencia acústica de referencia = 10^{-12} watts

La potencia acústica es determinada por la amplitud de la onda, ya que en cuanto mayor sea la amplitud de onda, mayor es la potencia acústica que genera, se utiliza el nivel de potencia acústica debido principalmente a que el nivel de presión sonora depende del patrón de radiación de la fuente y del ambiente acústico donde se halle.

(1) Cyril M. Harris, Manual de Medidas acústicas y control del ruido, p. 38.1

2.8.2.- Potencia acústica y Nivel de potencia acústica

La potencia acústica es la cantidad de energía emitida por una fuente determinada. El nivel de potencia Acústica es la cantidad de energía total emitida en un segundo y se mide en w. La referencia es $1p_w = 1E-12 w$.

Para determinar la potencia acústica que emite una fuente se utiliza un sistema de medición alrededor de la fuente sonora a fin de poder determinar la energía total.

La potencia acústica es un valor propio de la fuente y no depende del local donde se halle. Es como una bombilla, puede tener 100 w y siempre tendrá 100 w la pongamos en nuestra habitación o la pongamos dentro de una aeronave su potencia siempre será la misma. Con la potencia acústica ocurre lo mismo, el valor no varía por estar en un local reverberante o en uno seco. Al contrario de la Presión Acústica que si varía cuando varían las características del local donde se halle la fuente sonora, la distancia etc.

2.8.3.- Relación entre presión y potencia acústica

Todos los métodos para determinar la potencia acústica están basados en la medición de la presión sonora ya que se puede medir con facilidad y exactitud, El L_p de una fuente sonora varía según su patrón de direccionalidad y su ambiente acústico, por ejemplo el L_p de una fuente sonora a campo libre será muy diferente a la misma fuente en una superficie altamente reflectante.

Es usual por todo lo expuesto anteriormente medir la presión sonora, utilizando algunos tipos de L_p promediados en el espacio. Las características de promedio espacial y temporal dependen del tipo de sonido y del ambiente.

2.9.- Tiempo de reverberación.

El tiempo de reverberación es el tiempo transcurrido (expresado en segundos) entre una vez que cesa la emisión de la fuente hasta que el valor del nivel de presión sonora sea la millonésima parte su valor primitivo. Es decir el tiempo de

reverberación es el intervalo de tiempo que transcurre al disminuir 60 decibelios del nivel de presión sonora.

El valor óptimo del tiempo de reverberación depende de las condiciones de uso del local. Para una sala destinada a escuchar música por ejemplo su tiempo de reverberación es mayor al de una sala destinada para conferencias. Ésto debido a que para una sala de conferencias se requiere claridad mientras que para una sala destinada para escuchar música las reflexiones enriquecen los diferentes tonos.

El físico Wallace Clement Sabine desarrolló una fórmula para calcular el tiempo de reverberación de un recinto en el que el material absorbente este distribuido de forma uniforme, la formula está expresada mediante la siguiente ecuación matemática:

$$T_{60} = 0,161 \left(\frac{V}{A} \right) \quad (\text{EC.2.4})$$

Donde:

$$A = S \cdot \bar{\alpha}$$

V = volumen de la sala $[m^3]$

A = Área de absorción

S = Superficie de la sala

$\bar{\alpha}$ = coeficiente de absorción medio

2.10.- Aislamiento del ruido

El aislamiento se encarga de prevenir, disminuir, eliminar cualquier vibración que se propague por una estructura sólida o por el aire. Se define como la capacidad de oponerse al paso de la energía acústica a través de su estructura.

El aislamiento acústico se encuentra dividido en dos ramas: El aislamiento acústico para ruido de transmisión aérea y El aislamiento acústico para ruido de transmisión estructural.

2.10.1.-Perdida de transmisión (TL)

Este parámetro cuantifica la capacidad de una partición para aislar el sonido transmitido por vía aérea. Matemáticamente se define como la relación logarítmica entre la energía incidente y la energía transmitida a través de la partición.

$$TL = 10 \log \left(\frac{I_I}{I_T} \right) \quad (\text{EC.2.5})$$

Donde:

I_I = intensidad de energía incidente, expresada en $[W_{AC}/m^2]$

I_T = intensidad de energía transmitida, expresada en $[W_{AC}/m^2]$

Se define el coeficiente de transmisión como:

$$\tau = \left(\frac{I_T}{I_I} \right) \quad (\text{EC.2.6})$$

Por lo tanto se tiene que:

$$TL = 10 \log(\tau^{-1}) \quad (\text{EC.2.7})$$

Se conoce como Ley de la Masa a la expresión semi empírica que puede usarse para predecir el TL de particiones delgadas homogéneas y simples. Matemáticamente expresada como:

$$TL = 20\log(\rho_s f) - 47,4[dB] \quad (EC.2.8)$$

Donde:

ρ_s = densidad superficial [Kg/m²]

f = frecuencia del frente incidente

De la ecuación anterior se deduce que:

1. Para una frecuencia fija el TL aumenta 6 dB cada vez que se duplica la densidad superficial.
2. El TL aumenta 6 dB cada vez que la frecuencia sube una octava para una densidad superficial constante.

La Ley de masa se relaciona con el STC mediante la siguiente ecuación:

$$STC = 20\log(\rho_s) + 10dB \quad (EC.2.9)$$

2.10.2.- Fenómeno de coincidencia.-

La condición de coincidencia ocurre cuando la longitud de la onda acústica proyectada en la estructura es igual a la longitud de la onda de flexión libre del panel. ⁽²⁾

$$\lambda_f = \frac{\lambda}{\text{sen}\phi} \quad \text{o} \quad k_f = k\text{sen}\phi \quad (EC.2.10)$$

(2) Gerges, Samir N (1998). "Ruido Fundamentos y Control". Edeme Indústria Gráfica e Comunicação S.A. Florianópolis. Brasil. PÁG 199.

Considerando el fenómeno de coincidencia, matemáticamente se expresa el TL bajo 4 casos puntuales:

- a. Debajo de la frecuencia de resonancia mecánica del panel

$$TL = 20 \log \frac{K}{f} - 74,2 \quad (\text{EC.2.11})$$

- b. En la frecuencia de resonancia mecánica del panel

$$TL = 20 \log \left(1 + \frac{C}{2\rho c} \right) \quad (\text{EC.2.12})$$

- c. Encima de la frecuencia de resonancia mecánica y debajo de la frecuencia crítica.

$$TL = 20 \log(\rho_s f) - 47,4[\text{dB}] \quad (\text{EC.2.13})$$

- d. Encima de la frecuencia de coincidencia.

$$TL = 10 \log \left[1 + \left(\frac{Dk_f^4 \text{sen}^4 \phi \cos \phi}{2c\rho\omega} \right)^2 \right] \quad (\text{EC.2.14})$$

Donde:

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad ; \quad f_c = \frac{c^2}{1,8c_1 h} \quad ; \quad c_1^2 = \left[\frac{E}{\rho_m (1 - \nu^2)} \right] \quad (\text{EC.2.15})$$

ρ_s = densidad superficial [Kg/m²]

C= amortiguamiento mecánico.

ρ_m = densidad del material.

ϕ = ángulo de incidencia.

D = $Eh^3/12(1-\nu^2)$ Rigidez a flexión, placa homogénea.

E = Módulo de Young.

h = Espesor de la placa.

ν = Coeficiente de Poisson.

c = velocidad del sonido.

k = número de onda de flexión libre.

ρ = densidad de aire.(1,18 Kg/m)

K = rigidez del material.

2.11.- Aislamiento del sonido transmitido por aire

2.11.1.- Atenuación por barreras acústicas.-

La barrera acústica es una estructura colocada entre la fuente (generador) y receptor. El principio de funcionamiento es simple. La barrera acústica genera una zona donde la fuente no es percibida. Generalmente a esta zona se la conoce como Sombra Acústica. Para evitar los efectos de difracción se coloca material absorbente en la parte superior de la barrera, la cual debe ser lo suficientemente larga para evitar transmisión por los bordes. Con barreras acústicas generalmente se consigue una atenuación en el rango de los 0 – 10 dB y deben ser localizadas cerca de la fuente o cerca del receptor con el fin de engrandecer la sombra acústica.

Figura 2.3.- Modelo de Barrera Acústica



Fuente: [15]

La atenuación de una barrera acústica matemáticamente está expresada mediante la siguiente ecuación:

$$AT = 20 \log \left[\frac{\sqrt{2\pi N}}{\operatorname{tgh} \sqrt{2\pi N}} \right] + 5 \text{ [dB]} \quad \text{para: } N > -0,2 \quad (\text{EC.2.16})$$

$$AT = 0 \quad \text{para } N \leq -0,2 \quad (\text{EC.2.17})$$

Donde:

N = número de Fresnel y está expresado como:

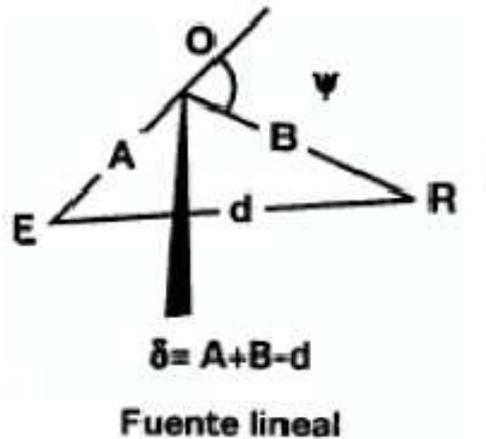
$$N = \frac{2(A+B-d)}{\lambda} \quad (\text{EC.2.18})$$

A= distancia entre la fuente y el borde de la barrera.

B= distancia entre el receptor y el borde de la barrera.

d= distancia entre la fuente y el receptor.

Figura 2.4.- Distancias para cálculo de número de Fresnel



Fuente: [16]

2.11.2.- Encierros Acústicos

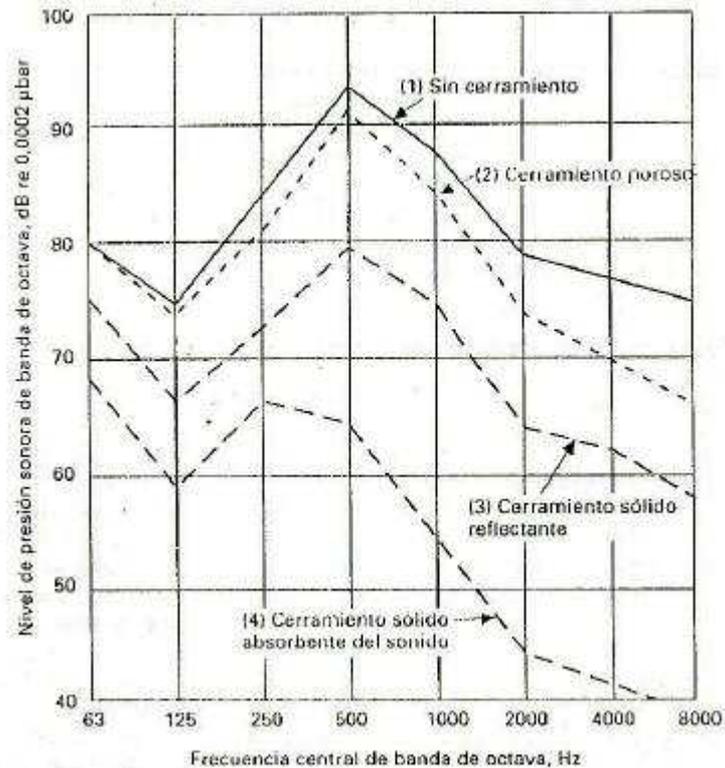
2.11.3.- Encierro acústico completo.- El propósito de un encierro acústico completo es absorber la energía acústica irradiada por la fuente.

Para realizar un cerramiento acústico es importante utilizar un material sólido en vez de uno poroso, esto principalmente para conseguir una mayor atenuación, además para evitar la acumulación de energía producto de las múltiples reflexiones es aconsejable revestirlo cuanto sea posible con material absorbente.

En la Figura 2.5 se observa un espectro en bandas de octava del ruido en un receptor y como el NPS (Nivel de presión sonora) va variando de acuerdo al diseño utilizado en la construcción del encierro acústico completo, se observa por ejemplo una mayor atenuación en un cerramiento sólido reflectante que un cerramiento poroso, además se aprecia que mediante un cerramiento sólido revestido con material absorbente se obtiene la máxima atenuación, en este ejemplo ilustrativo no existe ventilación y no hay grietas por las cuales pueda transmitirse el sonido. Los encierros acústicos proveen una alta atenuación del

ruido que están dentro del los 15 – 20 dB, cabe recalcar que cuando se realiza un encierro acústico este debe estar acompañado de un programa de mantenimiento.

Figura 2.5.- Espectro en bandas de octava del ruido en un receptor.

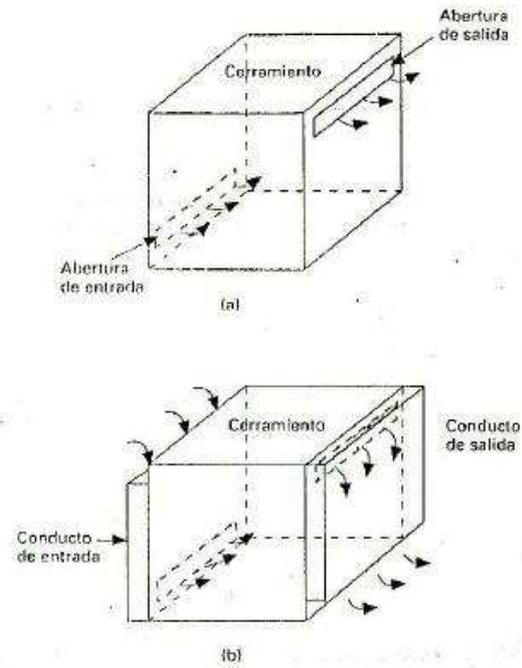


Fuente: [1]

Un cerramiento completo precisa de ventilación para evitar el recalentamiento de la maquinaria. Se utiliza para ello ventilación, que a más de permitir el flujo de aire, no permiten la salida del sonido al exterior. Para este fin se utiliza dentro del campo de la Ingeniería acústica los denominados silenciadores, pudiendo ser de diferentes tipos como: silenciadores Louvre, silenciadores splitter, silenciadores absorbivos, silenciadores reactivos.

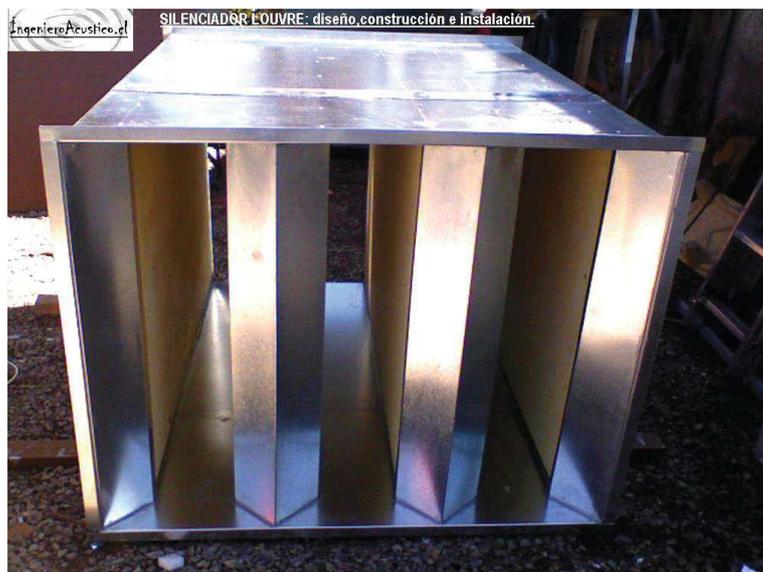
En la figura 2.6 se puede observar un encierro completo. Se aprecia aberturas de entrada y salida sin tratamiento, mientras que en la figura b se observa aberturas de entrada y salida con tratamiento acústico, es decir con los diferentes silenciadores antes mencionados. Un silenciador acústico tipo Splitter se muestra en la figura 2.7.

Figura 2.6.- Encierro completo con entradas
para aberturas de ventilación

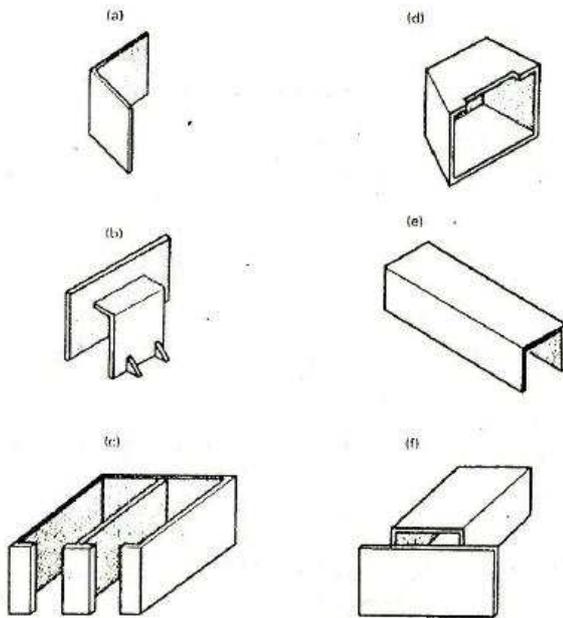


Fuente: [1]

Figura 2.7.- Silenciador acústico tipo Splitter



Fuente: [17]



Además de encierros completos es también factible desarrollar encierros parciales. El diseño depende principalmente de cuánta atenuación se quiera obtener del sistema.

En la Figura 2.8 se presenta algunos modelos de encierros acústicos parciales.

Figura 2.8.- Modelos de

Encierros acústicos parciales. (Fuente: [1])

2.12.- Silenciadores

2.12.1.- Silenciadores Resistivos.

Los silenciadores resistivos son utilizados en las salidas y/o entradas de ventiladores, extractores, etc. Este tipo de silenciadores aportan una considerable reducción del ruido en medias y altas frecuencias. Sus paredes internas se encuentran revestidas con materiales absorbentes acústicos.

Para frecuencias donde el ancho o radio del ducto es menor que $\frac{\lambda}{4}$ (solamente existen ondas planas), la reducción de la presión acústica cuadrada está dada por:

$$\Delta P = e^{\alpha \cdot x} \quad (\text{EC.2.19})$$

Donde:

α = coeficiente de absorción sonora de los materiales de revestimiento

x = longitud de los materiales

La atenuación AT expresada en dB por metro está expresada matemáticamente como:

$$AT = 10\alpha \log e = 4,34\alpha \left[\frac{dB}{m} \right] \quad (\text{EC.2.20})$$

Para esta ecuación solamente fueron consideradas ondas acústicas planas, sin reflexión. En la práctica existen además ondas incidentes, reflejadas y transversales en el ducto. Por lo que según Sabine la AT expresada en $\left[\frac{dB}{m} \right]$ está dada por la siguiente ecuación:

$$AT = 1,05\alpha^{1,4} \left(\frac{D}{S} \right) \quad (\text{EC.2.21})$$

Donde:

α = coeficiente de absorción (a dimensional)

D = Perímetro del revestimiento interno del ducto (m)

S = Área de la sección interna abierta del revestimiento (m^2)

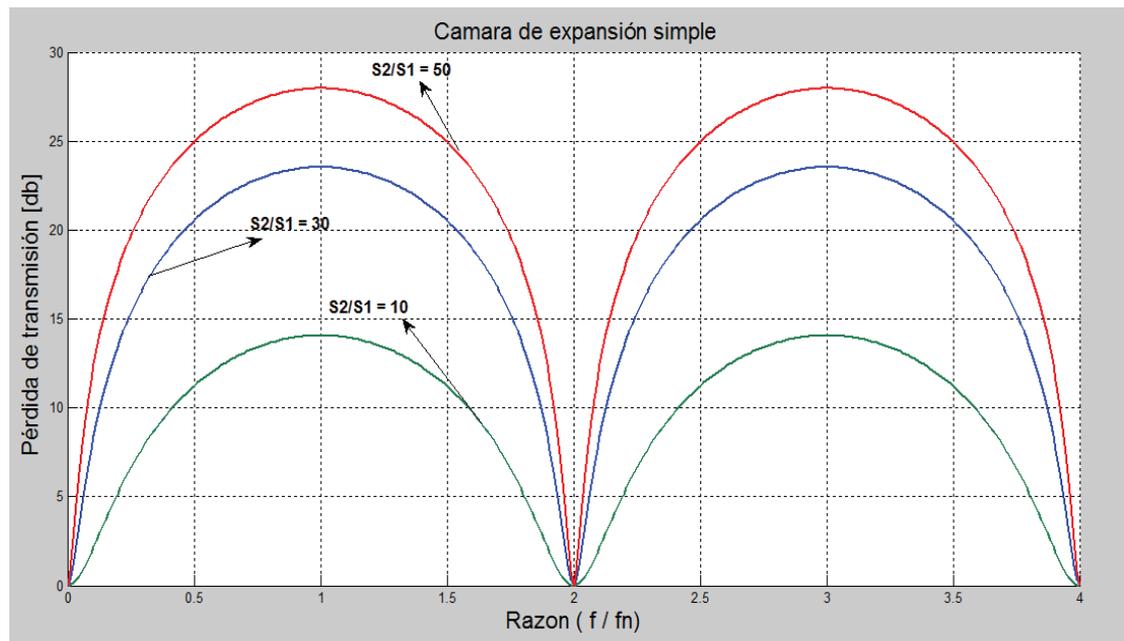
La ecuación posee las siguientes restricciones:

1. el ancho l debe tener valores entre $50 \geq l \geq 15$ cm
2. La razón altura/ancho debe ser equivalente entre 1 a 2
3. Velocidad de flujo de aire $\leq 15 \frac{m}{s}$
4. $\alpha \leq 0,8$
5. Precisión alrededor del 10%

2.12.2.- Cámara de expansión simple.

La cámara de expansión simple es un tipo de silenciador reactivo, donde existe una discontinuidad en el área de sección transversal de S_1 a S_2 , una diferencia de impedancia acústica imposibilita la transferencia del sonido hacia el lugar donde se desea atenuar, tal como se muestra en la figura

Figura 2.9.- TL Cámara de expansión Simple



Fuente: Elaboración propia mediante Software Matlab.

La cámara de expansión actúa como un filtro tipo rechaza banda, donde la pérdida de transmisión está expresada por la siguiente ecuación:

$$PT = 10 \log \left[\cos^2 \left(\frac{\pi f}{2f_n} \right) + 0,25 \left(\frac{S_2}{S_1} + \frac{S_1}{S_2} \right)^2 \operatorname{sen}^2 \left(\frac{\pi f}{2f_n} \right) \right] \quad (\text{EC.2.22})$$

Donde $f_n = \frac{c}{4l}$ (EC.2.23)

Una variación leve entre las uniones del ducto y la cámara de expansión implica pérdidas de transmisión inferiores. Por lo que se recomienda que la variación sea lo más abrupta posible.

La respuesta de frecuencia se puede ajustar variando la longitud de la cámara y el valor de pérdida de transmisión mediante el cambio de sección. El ancho de banda se puede describir mediante $\Delta f = f_{1+} - f_{1-}$, que es la distancia a la izquierda y derecha del máximo respectivamente.

Un factor muy importante en el diseño de este tipo de silenciadores es la temperatura de los gases, una variación produce un desfase en la gráfica de pérdidas de transmisión. Los efectos de la temperatura y del tipo de gas deben ser tomados en cuenta al momento de calcular la velocidad del sonido.

2.13.- Materiales de aislamiento sonoro

Ciertos materiales poseen una alta capacidad para atenuar el sonido que los atraviesa, es decir poseen un alto TL.

Materiales rígidos y no porosos suelen ser buenos aislantes acústicos. Materiales que poseen una alta densidad superficial son excelentes aislantes sonoros. El plomo debido a su alta densidad superficial es uno de los mejores aislantes acústicos.

Materiales como el hormigón, acero, terrazo son buenos aislantes sonoros ya que son los suficientemente rígidos y no porosos. Particiones con cámaras de aire o recubiertas con material absorbente suele ser una excelente alternativa de aislamiento acústico.

En la tabla 2.3 se muestra algunos materiales utilizados en el aislamiento sonoro con su respectivo rango de atenuación (TL), así como su correspondiente STC (Clase de transmisión sonora).

Tabla 2.3.- Pérdida de transmisión de diversos materiales en función de la frecuencia, y clase de transmisión sonora

Material o estructura	STC	PT a la frecuencia					
		125	250	500	1000	2000	4000
Hormigón (90 mm)	37	30	30	37	35	38	41
Hormigón (140 mm)	45	30	34	41	48	56	55
Hormigón (190 mm)	53	37	46	46	54	59	60
Hormigón (290 mm)	50	33	41	45	51	57	61
Hormigón (90 mm) + aire (25 mm) + fibra de vidrio (65 mm) + hormigón (90 mm) + placa de yeso (16 mm)	62	49	54	57	66	71	81
Placa de yeso (Durlock) (12 mm)	28	15	20	25	29	32	27
Placa de yeso (Durlock) (2×12 mm)	31	19	26	30	32	29	37
Placa de yeso (12 mm) + aire (90 mm) + placa de yeso (12 mm)	33	12	23	32	41	44	39
Placa de yeso (2×12 mm) + aire (90 mm) + placa de yeso (12 mm)	37	16	26	36	42	45	48
Placa de yeso (2×12 mm) + aire (70 mm) + placa de yeso (2×12 mm)	45	23	30	45	49	52	52
Placa de yeso (12 mm) + aire (20 mm) + fibra de vidrio (50 mm) + placa de yeso (12 mm)	45	21	35	48	55	56	43
Placa de yeso (2×12 mm) + aire (40 mm) + fibra de vidrio (50 mm) + placa de yeso (2×12 mm)	55	34	47	56	61	59	57
Vidrio (6 mm)	31	25	28	31	34	30	37
Vidrio laminado (6 mm)	35	26	29	32	35	35	43
Vidrio (3mm) + aire (50 mm) + vidrio (3 mm)	38	18	26	38	43	48	35
Vidrio (3mm) + aire (100 mm) + vidrio (6 mm)	45	29	35	44	46	47	50
Puerta madera maciza (24 kg/m ²) sin burlete	22	19	22	26	24	23	20
Puerta madera maciza con burlete	26	22	25	29	25	26	28
Puerta de madera maciza (24 kg/m ²) + aire (230 mm) + Puerta acero chapa # 18 hueca (26 kg/m ²) + burlete magnético en el marco	49	35	44	48	44	54	62

Fuente: [18]

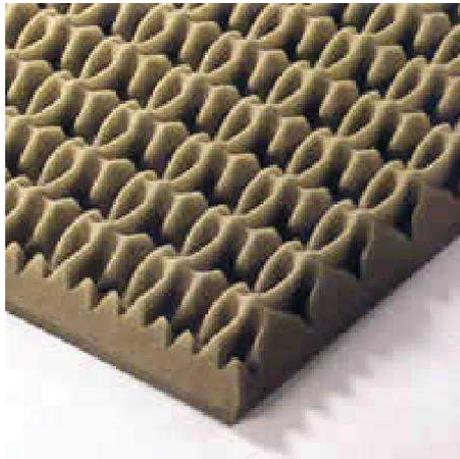
2.13.1.- Materiales Absorbentes.-

Los materiales absorbentes de uso común se dividen en:

- **Materiales Porosos:** para frecuencia medias y altas (fibra de vidrio, lana mineral)
- **Absortores Resonadores:**
 - a. Resonador Oscilante o Diafragmático (frecuencias. bajas: 500 [Hz] ↓)

- b. Resonador Unitario (frecuencias. bajas y medias bajas: 500 [Hz] ↓)
- c. Resonador Perforado (frecuencias. medias y medias altas: 500 [Hz] a 2 [kHz])
- d. Resonador a Base de Listones (frecuencias. medias y medias altas: 300 [Hz] a 2 [kHz])

FIGURA 2.10.- Material absorbente hecho a base de espuma de poliuretano



Fuente: [19]

Para cuantificar las características internas de los materiales en general se utilizan tres parámetros:

2.13.2.- Resistividad al flujo del aire ³

Matemáticamente la resistividad al flujo del aire R_s , está definida por:

$$R_s = \frac{\Delta P}{\mu} \quad (\text{EC.2.24})$$

Donde:

ΔP = diferencia de presión de aire medida entre los dos lados de una muestra de material por la cual se fuerza el paso del aire [N/m^2]

μ = velocidad del aire normal a la superficie de la muestra

Se define R como la resistividad específica de flujo por unidad de espesor del material, expresado mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{R_s}{d} \quad (\text{EC.2.25})$$

Donde:

d = es el espesor de la muestra del material

El valor típico de R es de aproximadamente 10^4 [Rayl / m]

En materiales de alta porosidad la relación entre el coeficiente de absorción, para onda incidente normal y la resistividad al flujo, está expresada por la siguiente ecuación:

$$\alpha_n = \frac{4k}{(k+1)^2 + \psi^2} \quad (\text{EC.2.26})$$

Donde:

$$k = 1 + 0,0571 \left(\frac{\rho f}{R} \right)^{-0.754} \quad (\text{EC.2.27})$$

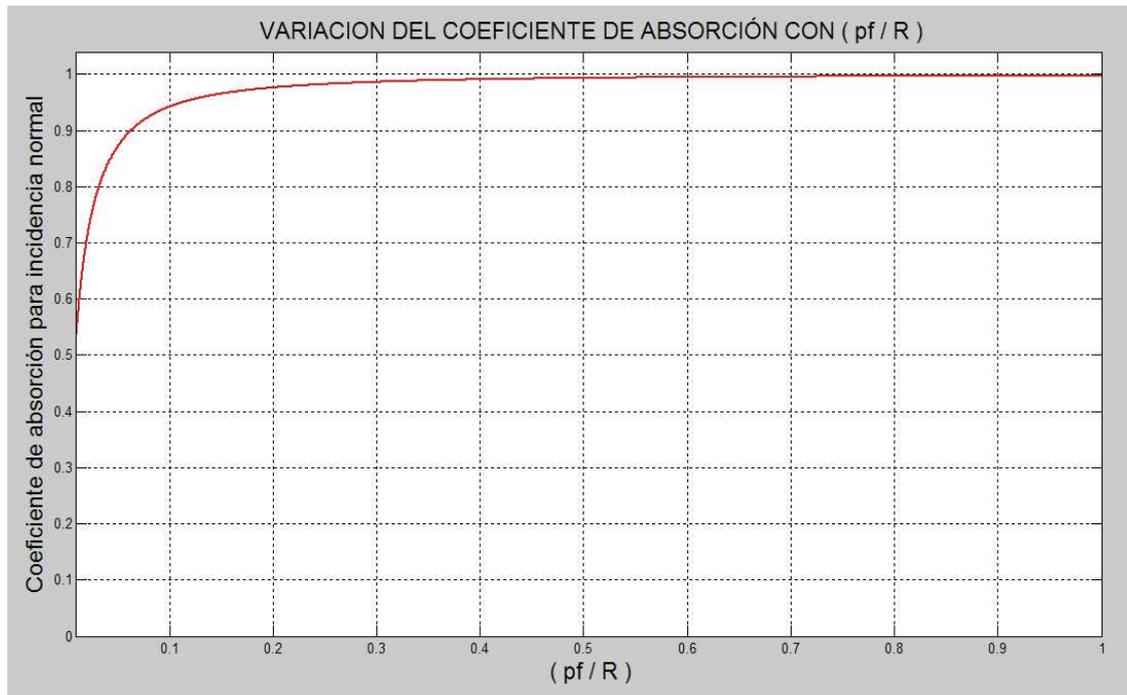
$$\psi = -0,0870 \left(\frac{\rho f}{R} \right)^{-0.732} \quad (\text{EC.2.28})$$

f = frecuencia [Hz]

ρ = densidad del aire [kg/m^3]

En la figura 2.11 se muestra la relación entre el coeficiente de absorción para incidencia normal y $\left(\frac{\rho f}{R}\right)$.

Figura 2.11.- TL Cámara de expansión Simple



Fuente: Elaboración propia mediante Software Matlab.

2.13.3.- Porosidad (h).-

Matemáticamente la porosidad está definida como la relación entre el volumen de vacíos de los poros del material en relación al volumen total de la muestra:

$$h = \frac{V_v}{V_t} \quad (\text{EC.2.29})$$

Donde:

V_v = volumen de vacíos de la muestra del material

V_t = volumen total de la muestra del material

Según Samir N. Y. Gerges materiales de buena absorción acústica poseen una porosidad que fluctúa entre 85 a 95 %.

2.13.4.- Factor estructural (S).-

Este parámetro describe la influencia de la geometría de la estructura interna del material sobre la densidad efectiva y compresibilidad del fluido. Por lo general no es posible estimar teóricamente el valor de S.

Algunas formas internas de la estructura de los materiales absorbentes pueden ser: cavidades laterales, variación del área de la sección transversal, canales axiales.

2.14.- Encierro dentro de una fábrica.-

Para un encierro dentro de una fábrica las ecuaciones para el cálculo del Nivel de Presión Sonora reverberante antes del encierro (NPS_a), Nivel de Presión Sonora reverberante dentro del encierro (NPS_{rev}) y el Nivel de Presión Sonora fuera del encierro (NPS_{ext}) están dadas por las siguientes ecuaciones:

1. Nivel de Presión Sonora reverberante antes del encierro

$$NPS_a = NWS + 10 \log \left(\frac{4}{R_f} \right) \quad (\text{EC. 2.30})$$

2. Nivel de Presión Sonora reverberante dentro del encierro

$$NPS_{rev} = NWS + 10 \log \frac{4}{R} \quad (\text{EC.2.31})$$

3. Nivel de Presión Sonora fuera del encierro

$$NPS_{ext} = NPS_a - PT + 10\log S_e - 10\log R \quad (\text{EC.2.32})$$

Donde:

NWS es el nivel de potencia sonora de la fuente en dB (ref. 10^{-12} watts)

R Es una constante de la sala.

S_e Es el área interna total del encierro

PT Es la Perdida de transmisión del encierro

2.15.- Encierro en Campo libre.-

Para este caso las ecuaciones para el cálculo del Nivel de Presión Sonora reverberante dentro del encierro (NPS_{rev}), el Nivel de Presión Sonora fuera del encierro (NPS_{ext}) y el Nivel de Presión Sonora a una distancia l (NPS_l) están dadas por las siguientes ecuaciones:

1. Nivel de Presión Sonora reverberante dentro del encierro

$$NPS_{rev} = NWS + 10\log \frac{4}{R} \quad (\text{EC.2.33})$$

2. Nivel de Presión Sonora fuera del encierro (NPS_{ext})

$$NPS_{ext} = NPS_{rev} - PT - 6 \quad (\text{EC.2.34})$$

3. Nivel de Presión Sonora a una distancia l (NPS_l)

$$NPS_l = NWS_r - 10\log 2\pi.l^2 \quad (\text{EC.2.35})$$

Donde:

$$NWS_r = NPS_{ext} + 10 \log A \quad (\text{EC.2.36})$$

A es el área externa del encierro, que aproximadamente es igual al área interna del encierro.

l es la distancia que se desea predecir con respecto a las paredes del encierro.

Para el Nivel de Presión Sonora a una distancia determinada se considera que el sonido se propaga en forma de una semiesfera.

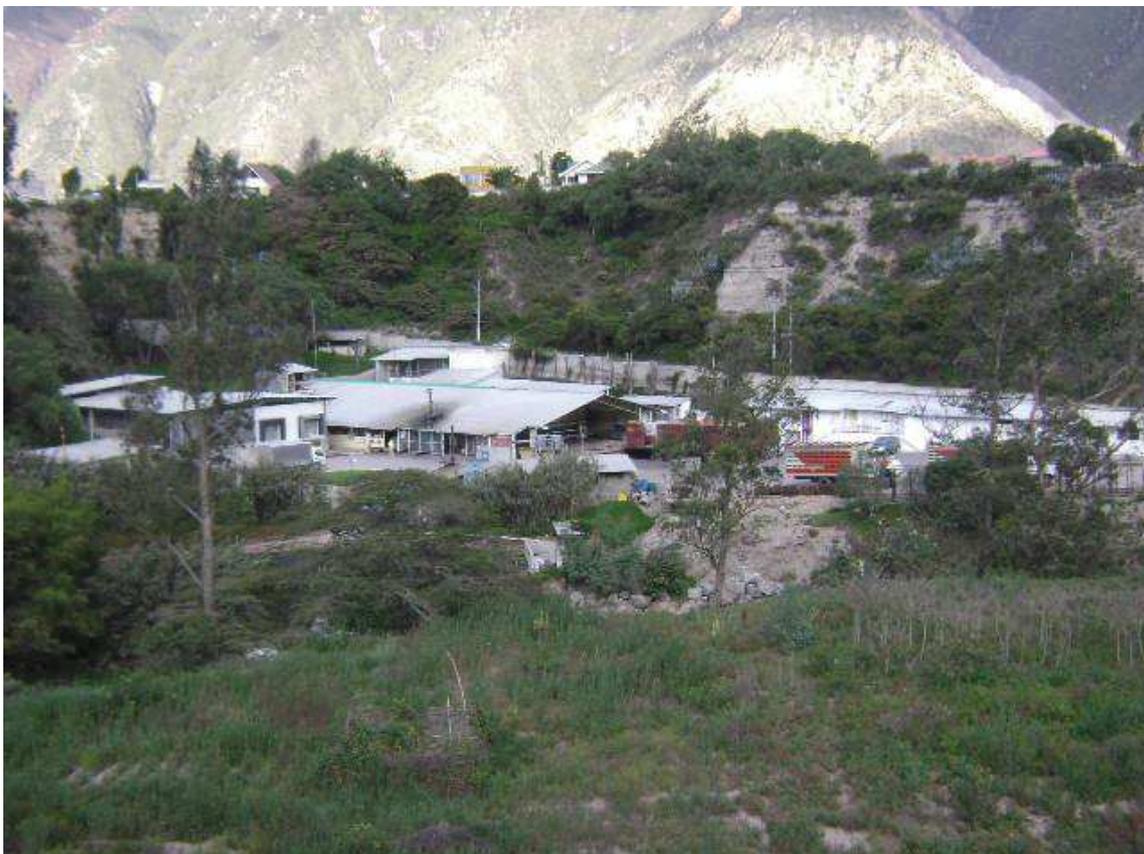
CAPITULO III

3.- DESARROLLO

3.1.- Descripción de la situación actual

La planta de faenamiento de aves POFASA está ubicada al noreste de la ciudad de Quito, en la Avenida Manuel Córdova Galarza sector de Santa Rosa de Pomasqui, en la vía de acceso al Club de la Liga Deportiva Universitaria. La planta procesa alrededor de 3000 pollos por hora. Cuenta con alrededor de 120 empleados.

Fotografía 3.1.- Vista Lateral de POFASA



Fuente: Elaboración propia

3.2.- Metodología utilizada.-

La Metodología utilizada para la realización de las mediciones se basa en la ISO 3746 y en la Ordenanza Metropolitana No. 213 con Registro Oficial 10 de septiembre de 2007. Las mediciones del tiempo de reverberación se basaron en la norma ISO 3382.

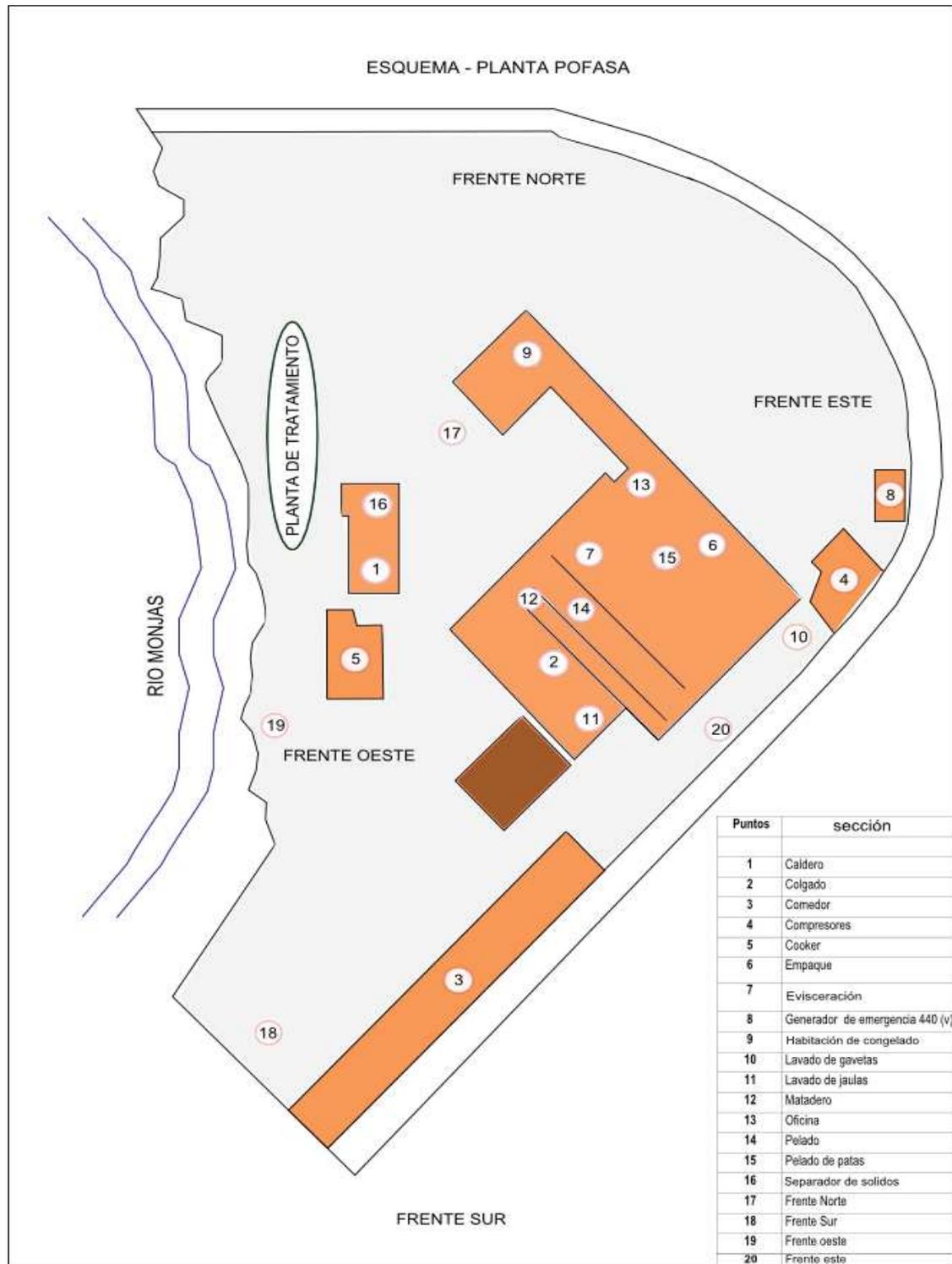
Para realizar las mediciones se dividió a la planta en secciones con el fin de establecer zonas críticas. Se analizó las mediciones comparándolas con normativas existentes como la del decreto ejecutivo 2393 (Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo) para alcanzar los objetivos planteados mediante diseños de elementos de control de ruido.

3.3.- Determinación de puntos de medición

Para la medición se utilizó una superficie de prueba basada en la normativa ISO 3746, la cual se utiliza para determinar la potencia acústica de máquinas pequeñas. La superficie de prueba utilizada fue un paralelepípedo, en el cual los micrófonos fueron ubicados en la mitad de cada lado, exceptuando las superficies reflectantes. Para el análisis del ruido interior (dentro de los predios de la planta) se dividió a la planta en un total de 20 puntos, localizados alrededor de las diferentes áreas que componen la planta de faenamiento (ver esquema 3.1).

Para el análisis del ruido exterior se determinaron 4 puntos fuera del predio de la planta de faenamiento (ver esquema 3.4).

Esquema 3.1.- Puntos de Medición al interior de la planta



Fuente: elaboración propia mediante Inskape software

3.4- Evaluación

3.4.1.- Fuentes evaluadas

Se evaluaron 5 máquinas ubicadas en 3 áreas consideradas de interés: el área de pelado, el área de compresores y el área del generador eléctrico. Las fuentes evaluadas aportan en gran medida el ruido producido al interior de la planta. En el área de pelado se encuentran dos máquinas encargadas del desplume de las aves. La peladora Linco con una potencia de 36 Hp y una peladora marca Stork con una potencia eléctrica de 10 Hp. En el noreste de la planta se ubican dos compresores y un generador de emergencia que están en el área de compresores y generador de emergencia respectivamente (Ver Esquema 3.1).

3.4.2.- Nivel de potencia acústica de la maquinaria en el área de pelado.

Fotografía 3.2.- Área de Pelado.

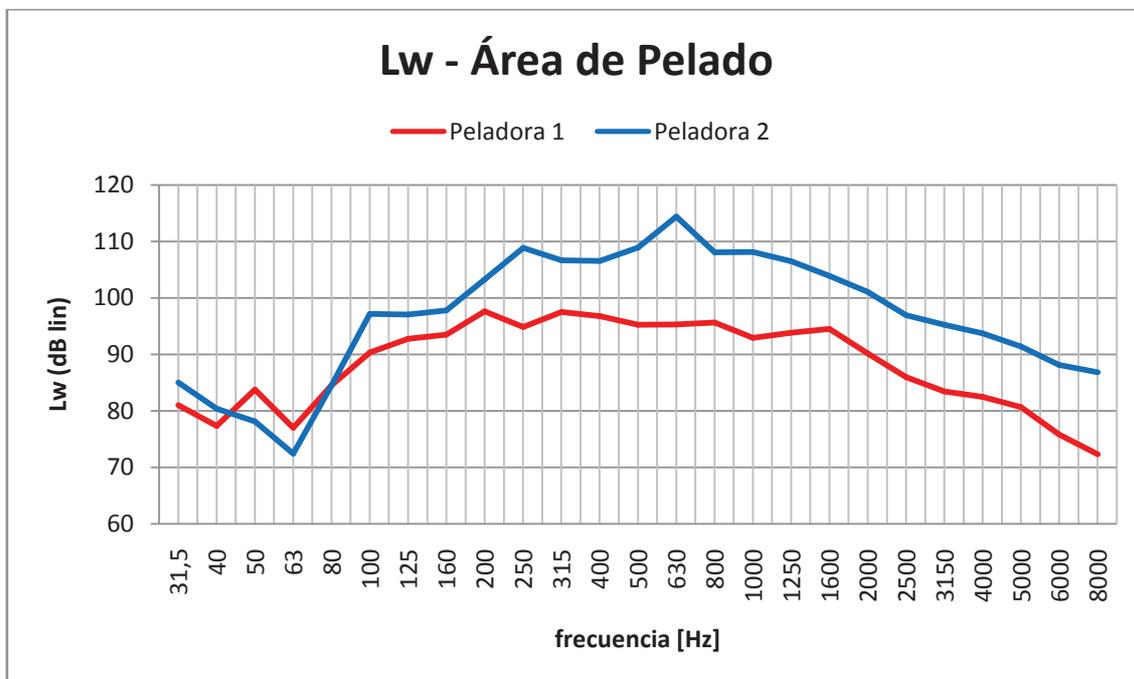


Fuente: Elaboración propia

La medición de potencia acústica se realizó con un sonómetro marca 01dB, modelo Solo 40207, clase dos. Basada en la normativa ISO 3746, se escogió como superficie de prueba un paralelepípedo.

El área de pelado cuenta con dos máquinas encargadas del proceso de desplume de las aves. La peladora Linco con una potencia de 36 Hp (Peladora 2) y una peladora marca Stork con una potencia eléctrica de 10 Hp (Peladora 1). En la figura 3.1 se muestran los resultados del nivel de potencia acústica en dB, obtenidos para la máquina de Pelado 1 y 2.

Figura 3.1.- Nivel de Potencia acústica en el área de Pelado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.1 se observa que el nivel de potencia acústica de la peladora 2 es significativamente mayor que el nivel de la peladora 1. Esto debido a que la peladora 2 es de mayor potencia. La peladora 2 aporta en gran medida al ruido de esta área y puede producir un efecto de enmascaramiento sobre la peladora 1.

En la gráfica se puede observar un valor máximo alrededor de los 200 Hz para la peladora 1 y 630 Hz para el caso de la peladora 2.

3.4.3.- Nivel de potencia acústica del generador eléctrico.

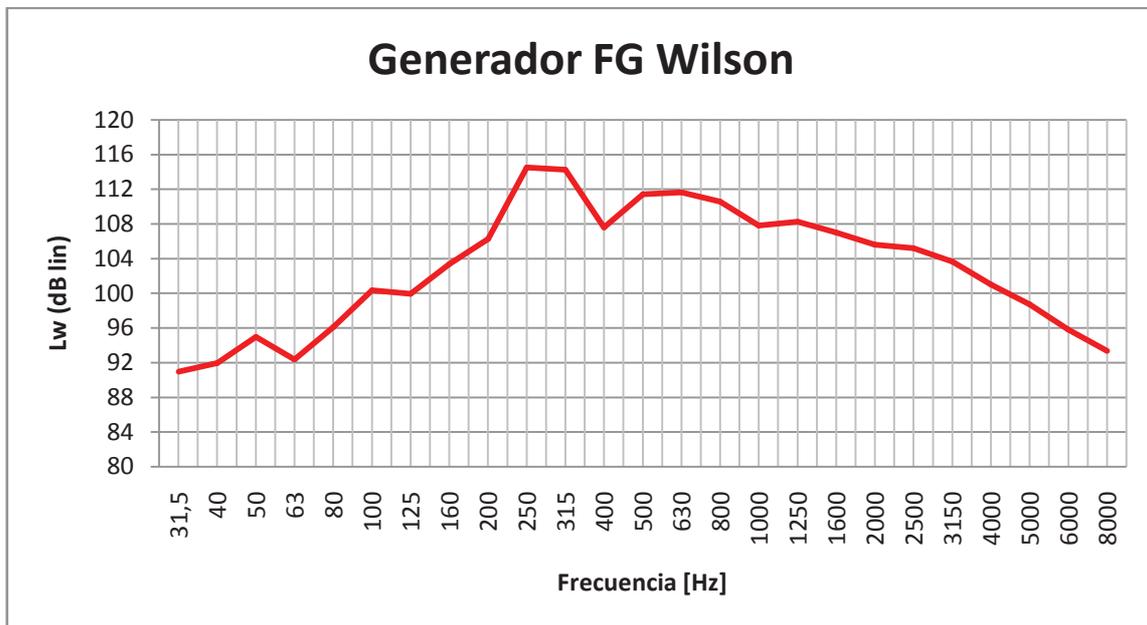
La planta cuenta con un generador de emergencia marca FG Wilson, encargado de generar 440 [v] que posee una potencia eléctrica de 460 KVA. El generador es utilizado para situaciones emergentes. Para medir el nivel de potencia acústica se utilizó el mismo procedimiento utilizado en la sección de Pelado. En la figura 3.2 se muestran los datos obtenidos de nivel de potencia acústica en dB para el generador.

Fotografía 3.3.- Área del generador eléctrico.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2.- Nivel de potencia acústica en generador emergente.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.2 se observa un valor máximo alrededor de los 250 Hz.

3.4.4.- Nivel de potencia acústica en el área de compresores.

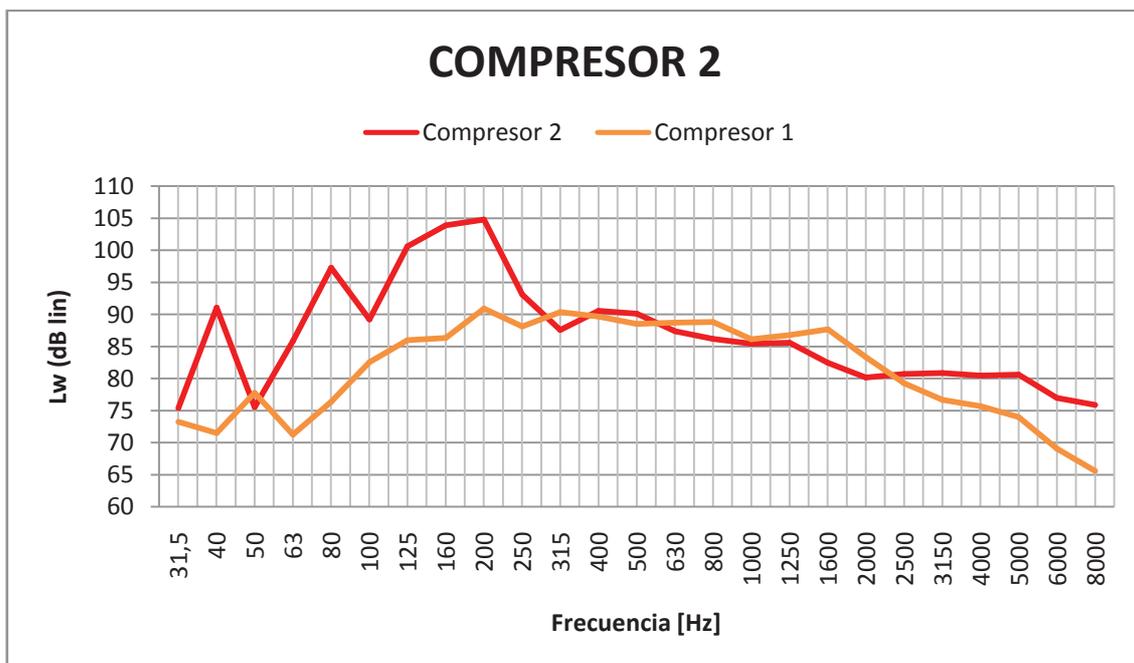
El área de compresores cuenta con dos unidades que suministran aire a presión al sistema de tuberías que actúan en la producción de la planta. Los compresores marca Ingersoll Rand poseen una potencia eléctrica de 10 Hp y 15 Hp respectivamente. Se efectuó la medición de nivel de potencia acústica con el sonómetro. Se estableció como superficie de medición un paralelepípedo basado en la normativa ISO 3746. En la figura 3.3 se muestran los resultados obtenidos de nivel de potencia acústica en dB para el compresor uno y compresor dos respectivamente.

Fotografía 3.4.- Área de compresores



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3.- Nivel de Potencia acústica en Área de Compresores



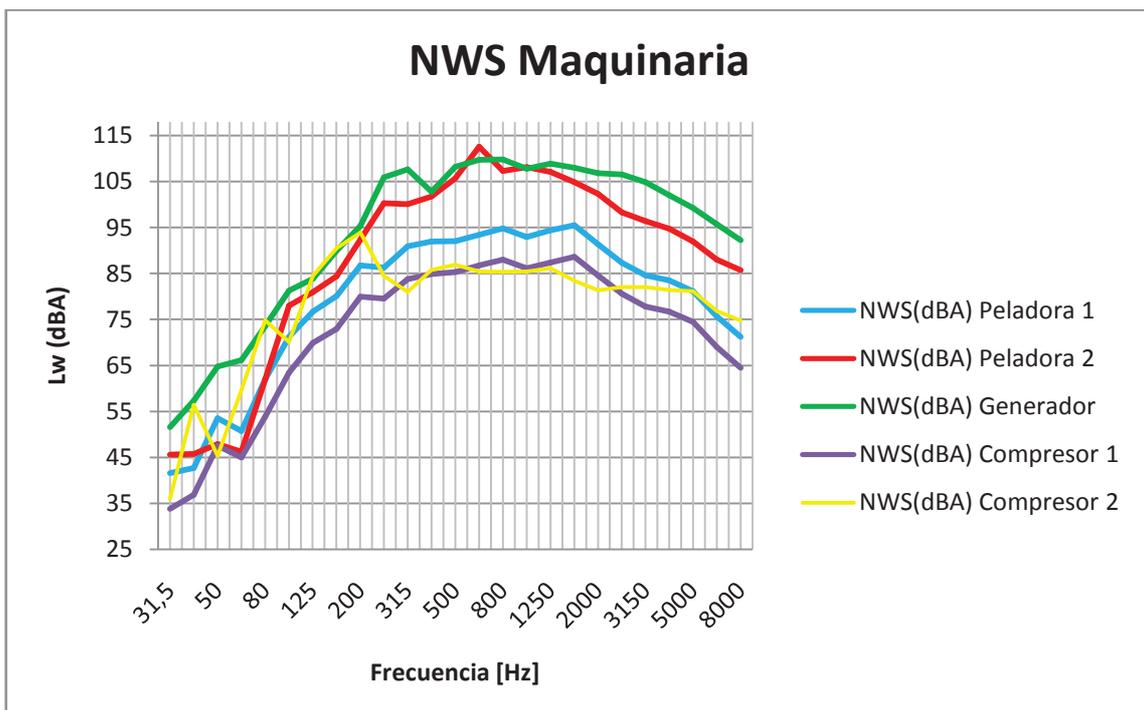
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se puede observar un valor máximo alrededor de los 200 Hz tanto para el compresor 1 como para el compresor 2, teniendo este último componente más marcado alrededor de dicha frecuencia.

3.4.5.- Nivel de potencia acústica de la maquinaria en ponderación A

El cálculo del nivel de potencia acústica de la peladora 1, peladora 2, generador de emergencia, compresor 1 y compresor 2, se realizó con el espectro de frecuencia en tercio de octavas en ponderación lineal. Debido a la aplicación de las normativas, resulta más útil los resultados de NWS en ponderación A. Los resultados del nivel de potencia acústica en dB(A) de las diferentes fuentes de ruido se muestran en la figura 3.4.

Figura 3.4.- Nivel de Potencia acústica en ponderación A de la maquinaria.

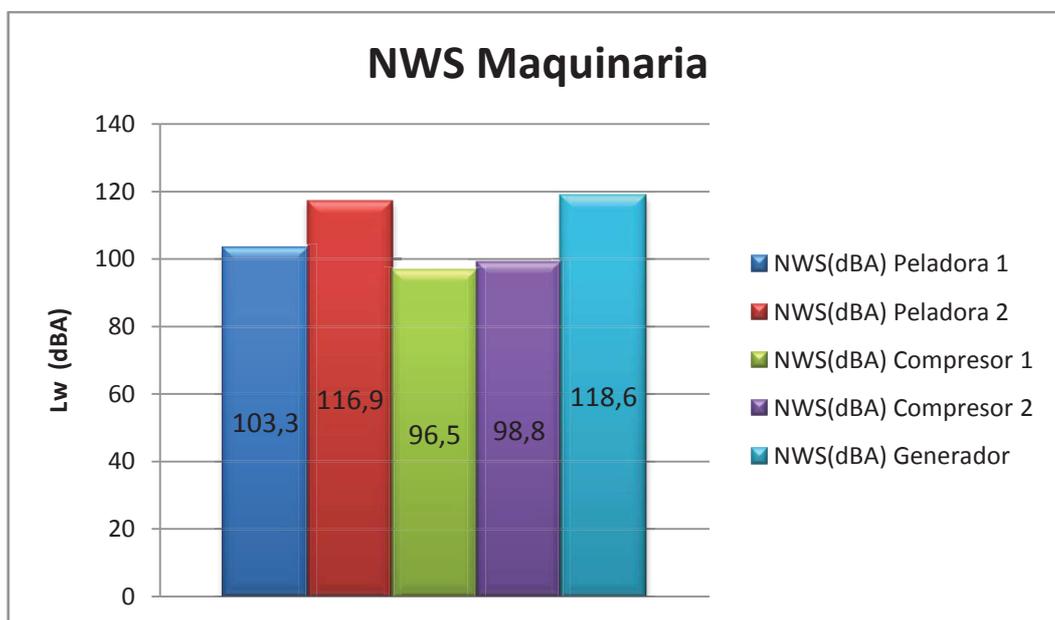


Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.4 se puede observar que dentro de las fuentes de evaluación, el generador tiene el mayor NWS (dB(A)), seguido de las dos peladoras y los dos compresores con características de NWS (dB(A)) similares.

En la figura 3.5 se muestra el nivel de potencia acústica total en dB(A) de cada una de las fuentes evaluadas. El generador de emergencia tiene la mayor contribución de energía. Se observa además que la peladora 2 es aparentemente la principal fuente de ruido en el área de Pelado y podría incluso, en funcionamiento, enmascarar el ruido de la peladora 1. Se observa por último que los dos compresores tienen un NWS total similar.

Figura 3.5.- Nivel de Potencia acústica total en ponderación A de la maquinaria.



Fuente: Elaboración propia

3.5.- Medida del tiempo de reverberación de la planta.

Uno de los parámetros necesarios para el cálculo de los niveles de presión sonora de los diferentes encierros planteados en el capítulo 4 es el tiempo de reverberación.

Para la medida del tiempo de reverberación se utilizó el software SpectraPLUS 5.0 y el procedimiento fue basado en la normativa ISO 3382. La normativa ISO 3382 establece el mecanismo necesario para medir el tiempo de reverberación en una sala.

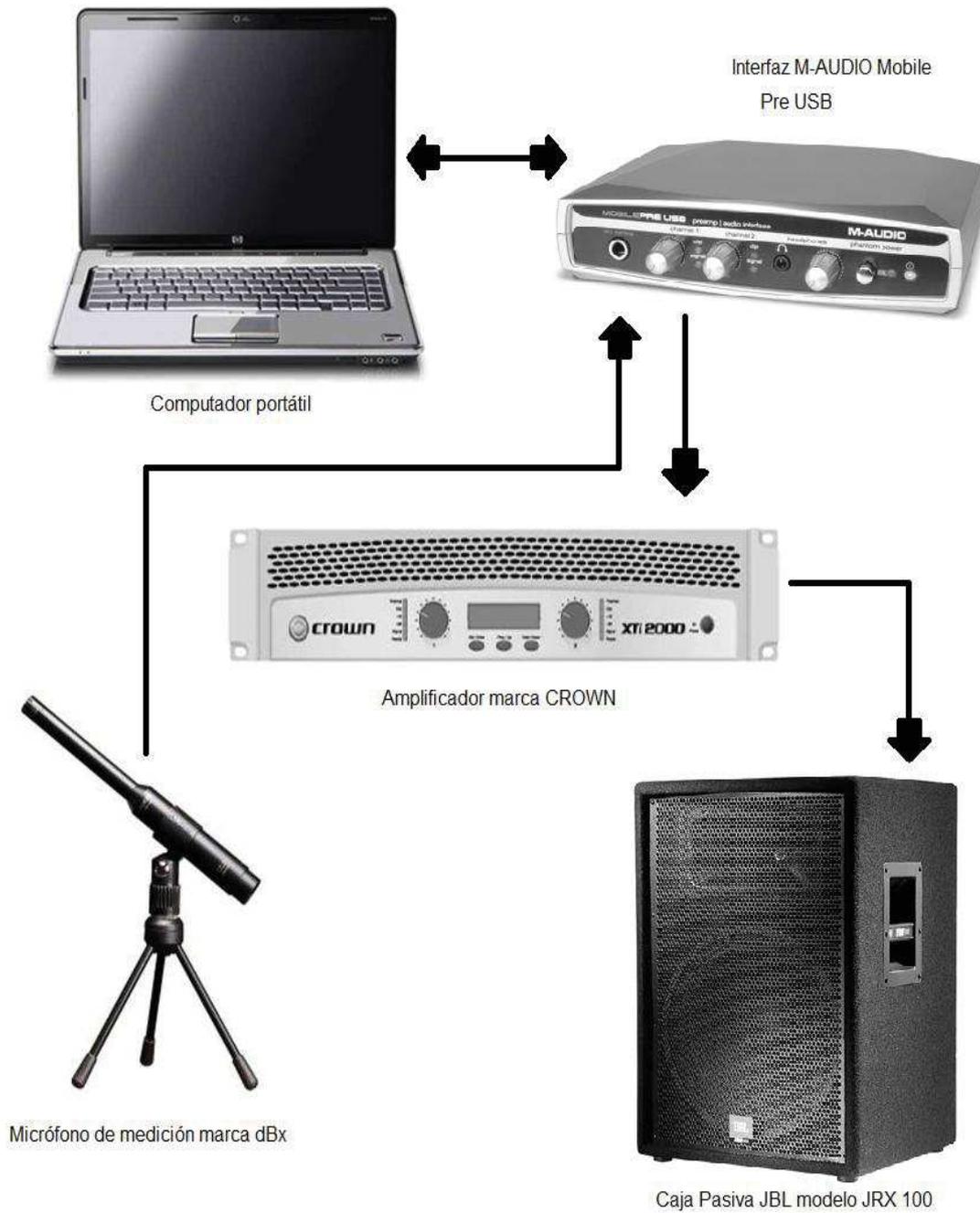
Para realizar esta medición se utilizó la siguiente instrumentación:

- Computador portátil
- Micrófono de medición marca dBx
- Interfaz M-AUDIO Mobile Pre USB
- Amplificador marca CROWN
- Caja Pasiva JBL modelo JRX 100
- Calibrado de micrófono QUEST (114 dB - 1Khz)
- Pedestales
- Cables

Se realizó la medición del tiempo de reverberación en 3 áreas de la planta, en cada área se establecieron tres puntos de medición y en cada punto se realizaron tres (3) repeticiones para posteriormente obtener una media aritmética. El sistema se lo calibró con una señal de 114 dB en 1KHz. Se utilizó además el parámetro Equivalent noise level (Leq), integrado en el software SpectraPLUS 5.0, para establecer una relación señal ruido adecuada, teniendo en cuenta que se encuentra configurado con el método de extrapolación RT-20.

En el Esquema 3.2 se muestra la conexión utilizada para realizar la medición del tiempo de reverberación.

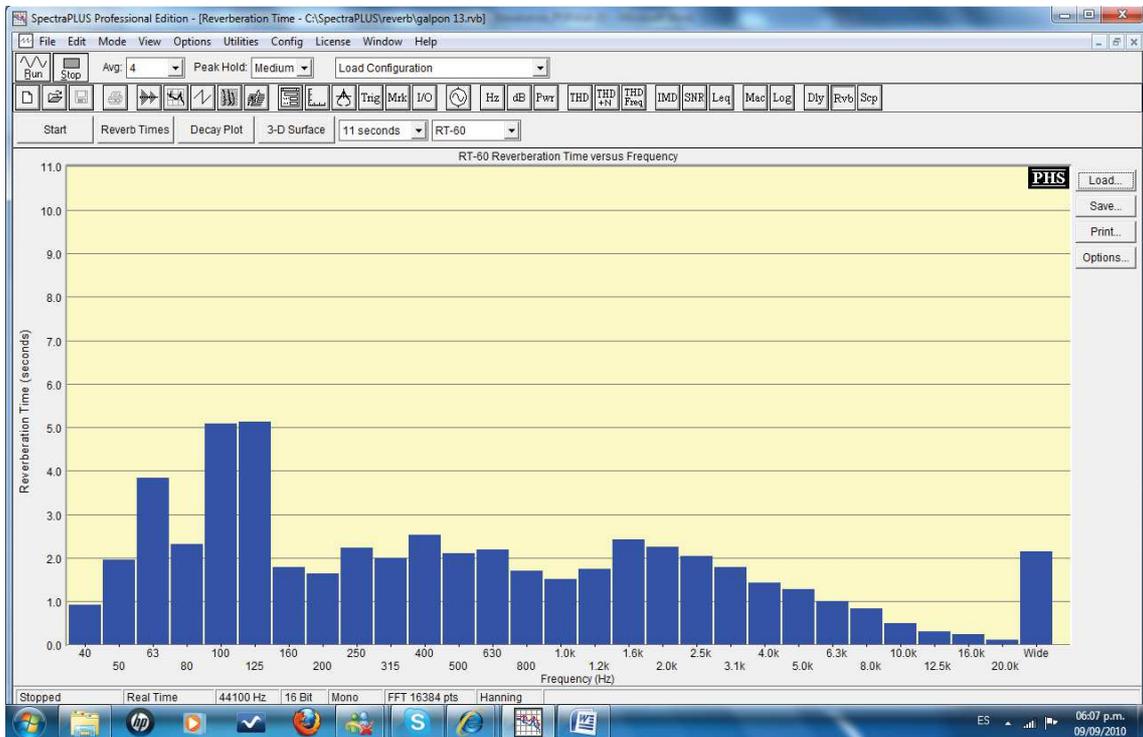
Esquema 3.2.- Conexión de Instrumentación utilizada para medida de tiempo de reverberación.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.6 se muestra el entorno de trabajo del software SpectraPLUS 5.0, software de medición desarrollado por la empresa Pioneer Hill Software LLC.

Figura 3.6.- Entorno de trabajo mediante software SpectraPLUS 5.0

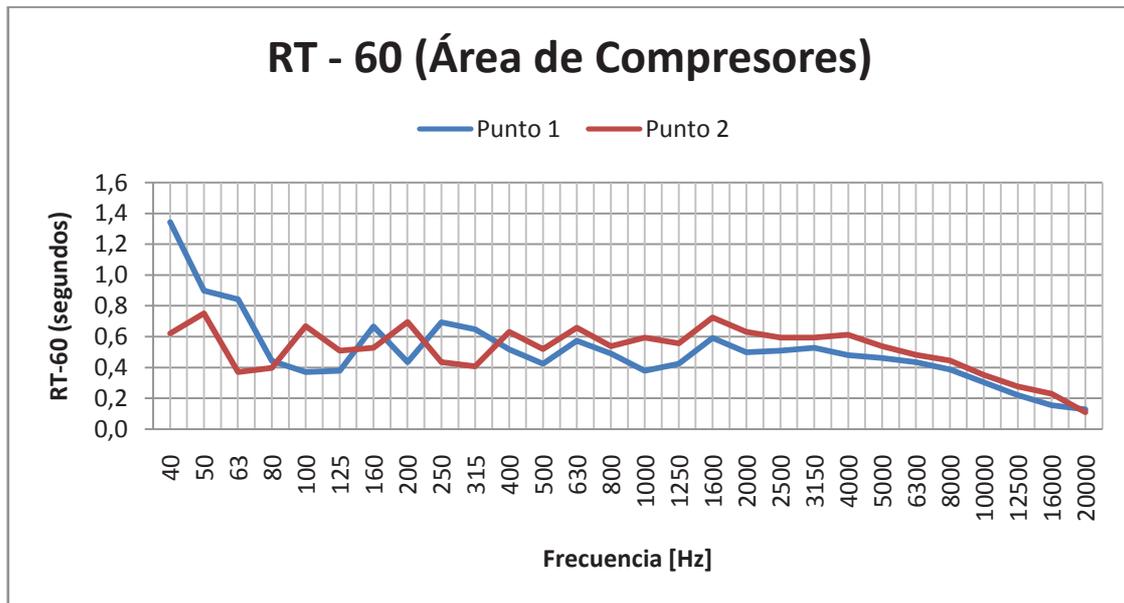


Fuente: Elaboración propia

3.5.1.- Tiempo de reverberación en el área de compresores

Se realizaron medidas de tiempo de reverberación en el área donde se encuentran los dos compresores. Se ubicaron solamente dos puntos de medición, debido principalmente a que es un área pequeña. En cada punto se midió el tiempo de reverberación tres veces. Los resultados del punto 1 y punto 2 se muestran en la figura 3.7.

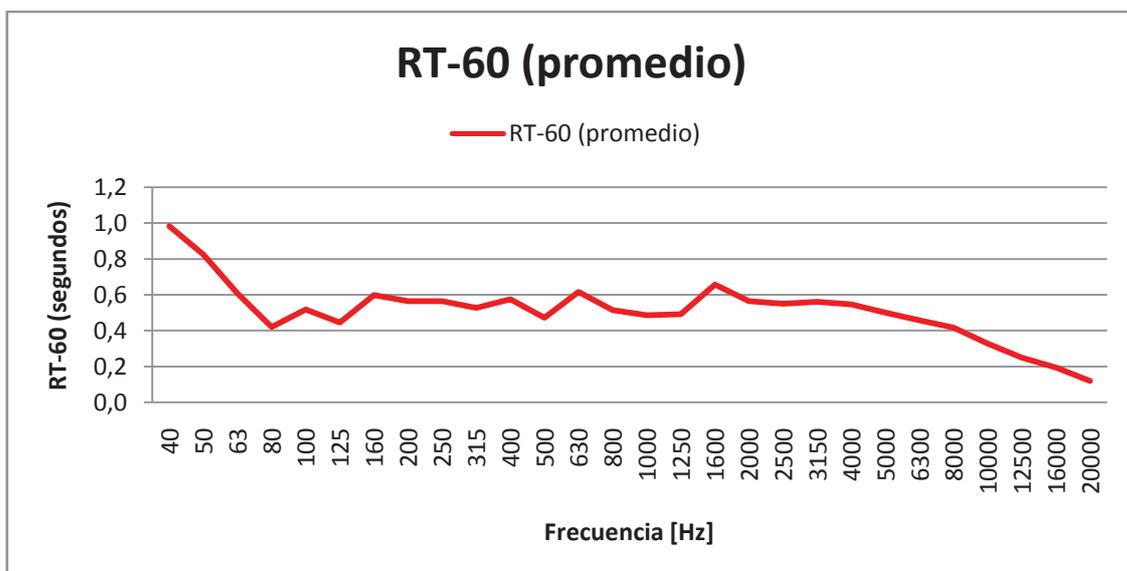
Figura 3.7.- Tiempo de reverberación – Área de compresores



Fuente: Elaboración propia

Se observa que en general las curvas del tiempo de reverberación en el punto 1 y punto 2 son similares. El tiempo de reverberación promedio del área de compresores se muestra en la figura 3.8.

Figura 3.8.- Tiempo de reverberación promedio – Área de compresores

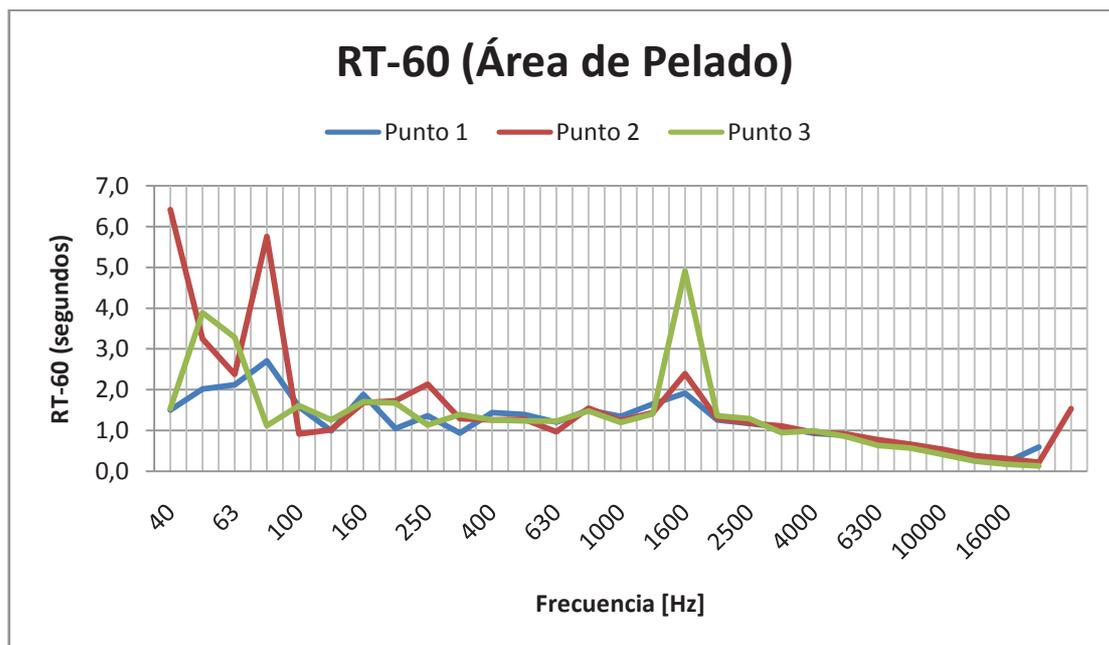


Fuente: Elaboración propia

3.5.2.- Tiempo de reverberación en el área de pelado

Dentro del área de pelado se seleccionaron tres puntos de medición. Los resultados de las mediciones de los diferentes puntos establecidos alrededor del área de pelado se muestran en la siguiente figura 3.9.

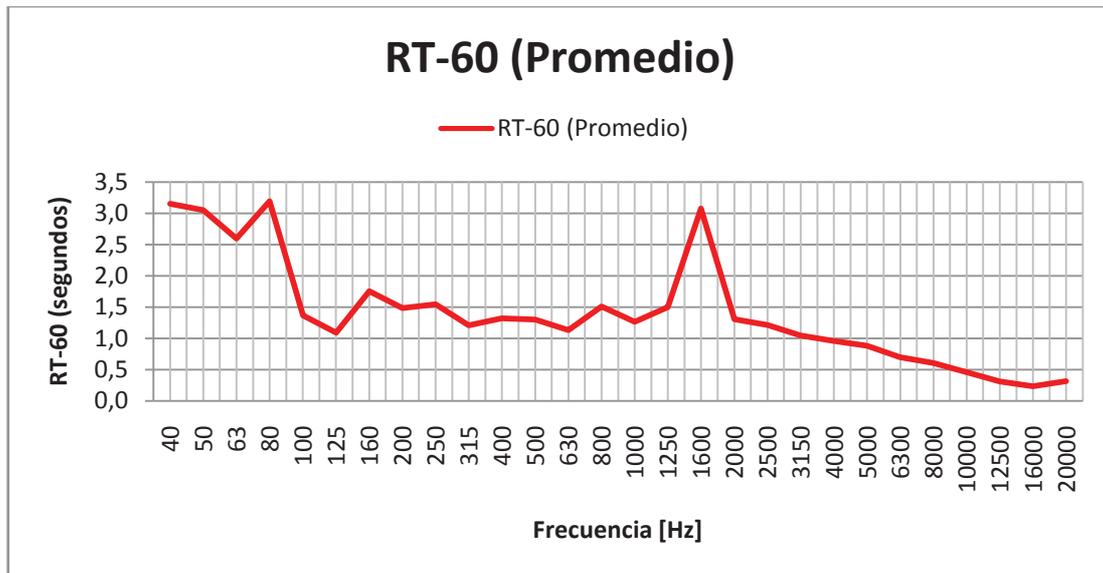
Figura 3.9.- Tiempo de reverberación - Área de Pelado



Fuente: Elaboración propia

En la figura se puede observar que a partir de los 125 Hz los datos obtenidos en las mediciones son similares, exceptuando en la frecuencia de los 1600 Hz donde en el punto 3 existe una considerable variación. Puede ser debido a que en dicha frecuencia y bajo este punto exista resonancia. El tiempo de reverberación promedio del área de pelado se muestra en la figura 3.10.

Figura 3.10.- Tiempo de reverberación promedio – Área de compresores

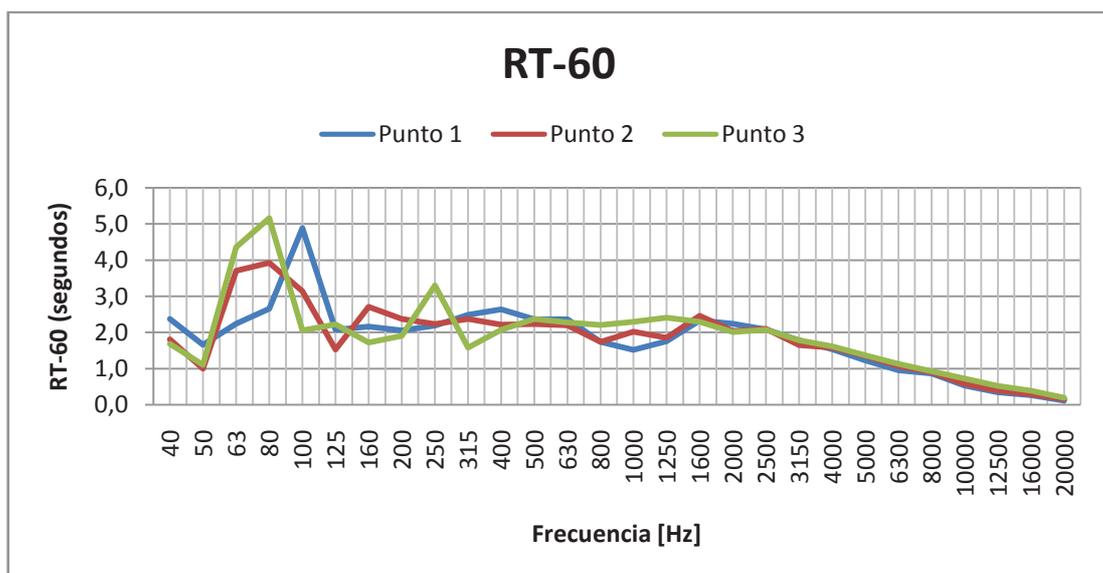


Fuente: Elaboración propia

3.5.3.- Tiempo de reverberación en el área de evisceración, empaque y pelado de patas.

Esta área cuenta con la mayor superficie. En esta área se da el proceso de evisceración, empaque y pelado de patas. Se utilizó la misma metodología utilizada en las áreas anteriores. Los resultados de las mediciones se muestran a continuación:

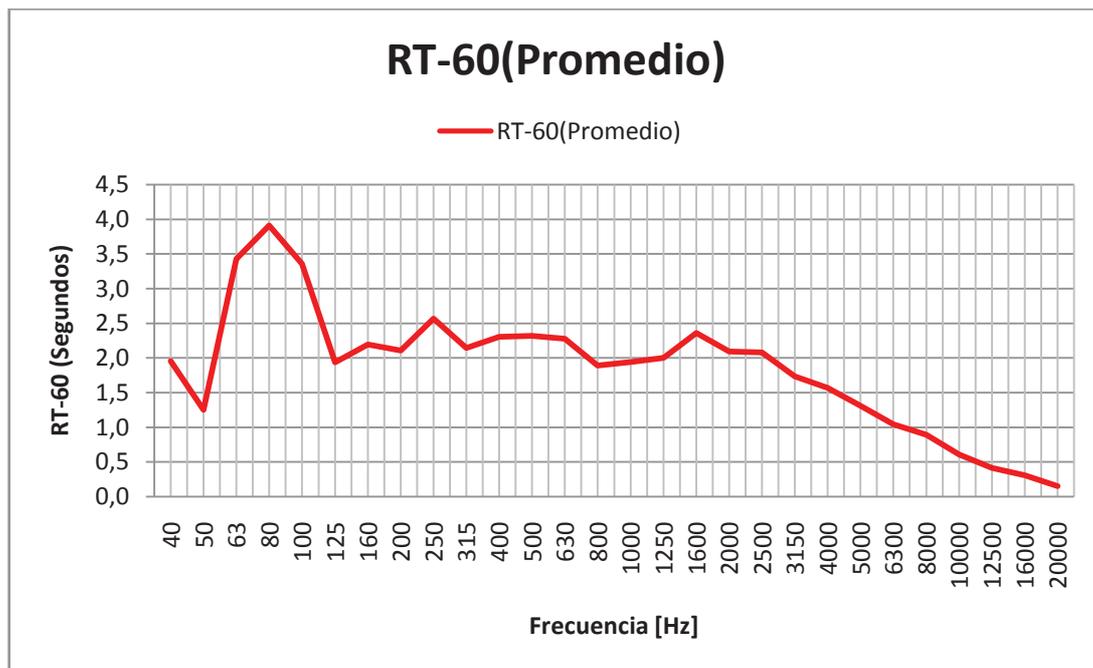
Figura 3.11.- Tiempo de reverberación - Área de Galpón Principal



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.11 se observa que sobre los 125 Hz el tiempo de reverberación medido para los tres puntos es homogéneo, con una pequeña variación en la frecuencia de los 250 Hz del punto 3 sobre el resto de los puntos. El tiempo de reverberación promedio del galpón principal se muestra en la figura 3.12.

Figura 3.12.- Tiempo de reverberación promedio - Área de Galpón Principal



Fuente: Elaboración propia

3.6.- Ruido interior de la planta

El ruido al interior de la planta se midió con un sonómetro marca 01dB modelo Solo 40207 clase 2. A la planta de faenamiento se la dividió en 20 secciones para evaluar su resultado de acuerdo con el nivel máximo de exposición.

En la tabla 3.1 se pueden observar los niveles sonoros permisibles, en función del tiempo de exposición por jornada/hora, al cual puede estar sometido habitualmente el trabajador según el Decreto Ejecutivo 2393 (Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo).

Tabla 3.1.- Tiempo de exposición permisible

Nivel Sonoro / dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada / hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	1.25

Fuente: Decreto Ejecutivo 2393

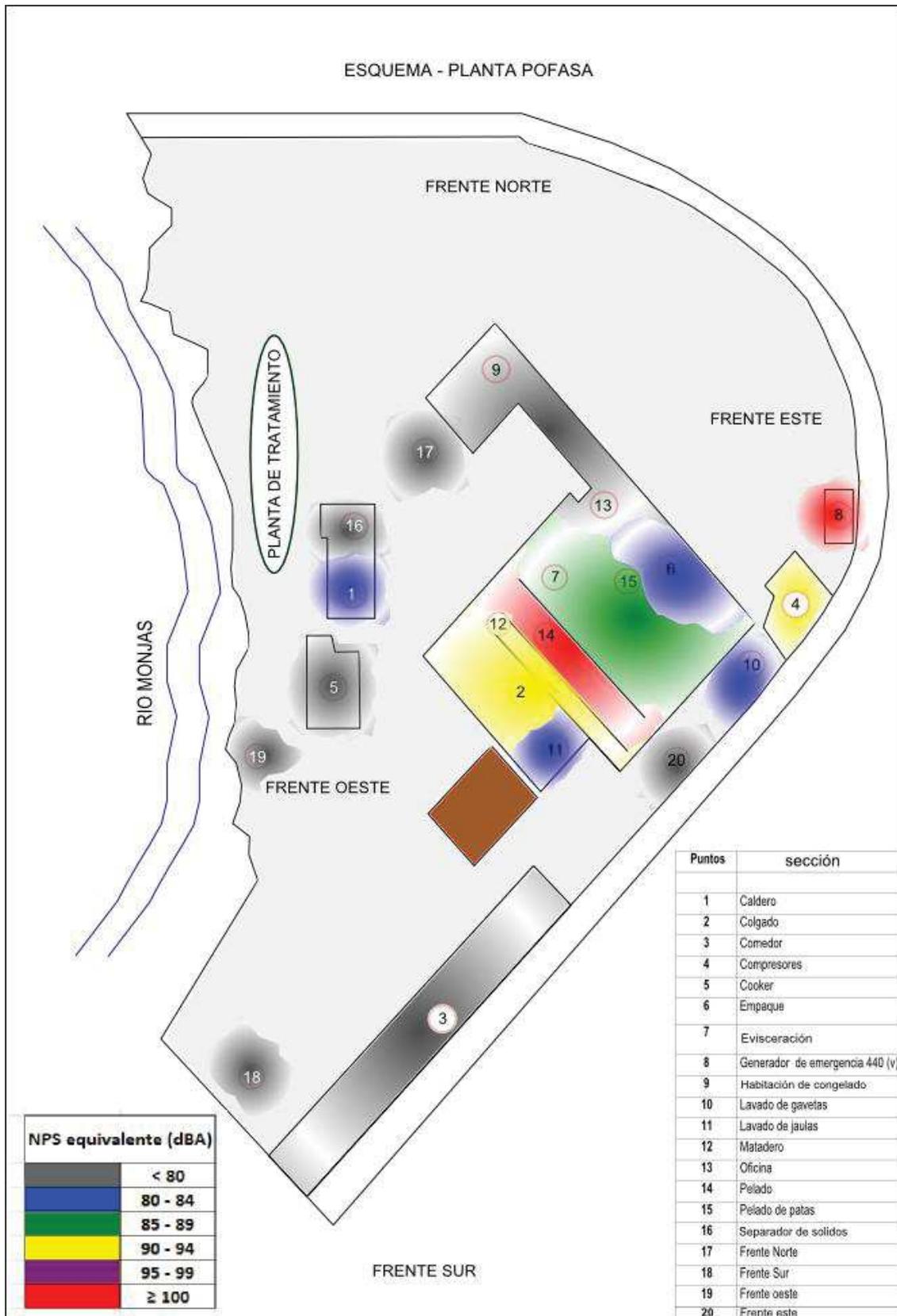
En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos del Nivel de Presión Sonora, corregidos por ruido de fondo de las diferentes áreas de la planta. Se realizaron mediciones de un minuto en cada punto establecido, debido a que las fluctuaciones de los valores de presión sonora fueron menores a 5 dB(A).

Tabla 3.2.- Resultados de mediciones realizadas.

Puntos	Sección	Ruido de fondo dB(A)	Valor Medido dB(A)	NPS corregido por Ruido de Fondo
1	Caldero	66	80.3	80.1
2	Colgado	83.2	92.1	91.5
3	Comedor	58.9	67.6	67.0
4	Compresores	59.7	93	93.0
5	Cooker	67	76.9	76.4
6	Empaque	72.8	83.9	83.5
7	Evisceración	72.8	88	87.9
8	Generador de emergencia 440 (v)	69.1	105	105.0
9	Habitación de congelado	60	74.3	74.1
10	Lavado de gavetas	72.2	81	80.4
11	Lavado de jaulas	63.4	80.3	80.2
12	Matadero	61	94.1	94.1
13	Oficina	58.9	66.8	66.0
14	Pelado	83.2	102.3	102.2
15	Pelado de patas	72.8	87.7	87.6
16	Separador de sólidos	60	74.7	74.6
17	Frente Norte	58.2	72	71.8
18	Frente Sur	66.6	75.1	74.4
19	Frente oeste	59.5	67.6	66.9
20	Frente este	66.2	79.2	79.0

Fuente: Elaboración propia

Esquema 3.3.- Mapa de ruido al interior de la planta



Fuente: Elaboración propia

De la tabla 3.2 y el esquema 3.3; se observa que de las 20 áreas en que se dividió la planta, 7 sobrepasan los 85 dB(A). Se observa además que existen dos áreas en donde el nivel de presión sonora sobrepasa los 100 dB(A). Cabe observar que la sección de pelado no se encuentra insonorizada, lo que podría contribuir en gran medida a la transmisión de ruido a secciones adyacentes. Las áreas de mayor Nivel de Presión sonora son: Área del Generador de emergencia (440v), área de pelado, área del matadero, área de compresores y área de colgado (las áreas nombradas se encuentran ordenadas de mayor a menor intensidad)

En los puntos 2, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 existe la mayor concentración de trabajadores, permaneciendo en su puerto de trabajo un promedio de 8 horas diarias. En las áreas de los compresores y del generador eléctrico no existe presencia de trabajadores, solo en ocasiones de mantenimiento y revisión técnica. Si bien el NPS que generan no afecta directamente a los trabajadores, sí podrían afectar al ambiente exterior de la planta.

3.7.- Ruido al exterior de la planta

Para la medición del ruido al exterior de la planta, se siguió el procedimiento descrito en la Resolución Número 0002-Dirección Metropolitana Ambiental - 2008 que en su artículo 8 establece la normativa técnica para el control de ruido causado por fuentes móviles y fijas; y el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) en su Libro VI, Anexo 5 que hace referencia a los Límites Permisibles de Niveles de Ruido Ambiente para fuentes fijas y Fuentes Móviles, y para vibraciones. En la tabla 3.3 y 3.4 se muestran los niveles máximos permitidos según su uso de suelo y las correcciones por ruido de fondo, respectivamente, de acuerdo a la resolución N. 0002-DMA-2008.

Tabla 3.3.- Niveles máximos de ruido permisibles según tipo de zona según uso de suelo.

TABLA 1. NIVELES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS

TIPO DE ZONA SEGÚN EL USO DEL SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE: NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección ⁽¹⁾	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple ⁽²⁾	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2 ⁽³⁾	65	55
Zona Industrial 3, 4, 5 ⁽⁴⁾	70	60

Fuente: Resolución Número 0002-Dirección Metropolitana Ambiental

Tabla 3.4.- Corrección por nivel de ruido de fondo

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

Fuente: Resolución Número 0002-Dirección Metropolitana Ambiental

Se establecieron cuatro puntos de medición al exterior de la planta. Las mediciones se realizaron el día 29 de Julio del 2010 a las 7:35 y a las 9:35 am. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la tabla 3.5:

Esquema 3.4.- Puntos de medición – ruido externo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5.- Resultados de mediciones
(Ruido exterior diurno)

Punto	Ruido de fondo (dBA)	Ruido (dBA)	Diferencia
Punto 1	67.8	68.2	0.4
Punto 2	67.4	67.5	0.1
Punto 3	65.5	64.6	-0.9
Punto 4	56.7	57.3	0.3

Fuente: Elaboración propia

Según la normativa técnica para el control de ruido causado por fuentes móviles y fijas, se establece que para el caso que la diferencia sea menor a 3, la medición realizada será nula. El nivel de ruido de fondo no deja apreciar de forma certera el Nivel de Presión Sonora de la fuente.

Ante lo expuesto anteriormente, se realizaron nuevas mediciones, tratando de que el ruido de fondo ésta vez no afecte al NPS generado por la planta. Se identificó además que en gran medida, el ruido de fondo es aportado por los vehículos que circulan por la vía de acceso de entrada al Club de Liga y Urbanización La Pampa.

Se realizaron mediciones en el horario nocturno con el fin de minimizar la contribución del ruido vehicular. Para esta medición se establecieron los mismos puntos seleccionados para el horario diurno. Los resultados de las mediciones realizadas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.6.- Resultados de mediciones
(Ruido exterior nocturno)

Punto	Ruido de fondo (dBA)	Ruido (dBA)	Diferencia
Punto 1	38.2	54.8	16.6
Punto 2	38.4	55.6	17.2
Punto 3	37.3	64.3	27
Punto 4	37.2	46.2	9

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que la diferencia entre el Nivel de Presión Sonora de la fuente y el Nivel de Presión Sonora del ruido de fondo es superior a 3 por lo que la medición es válida. Aplicando la tabla 3.5 (Corrección por nivel de ruido de fondo) los resultados del NPS equivalente que genera la planta hacia el exterior se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.7.- NPS equivalente
Corregido horario nocturno

Punto	NPS corregido por Ruido de Fondo
Punto 1	54.8
Punto 2	55.6
Punto 3	64.3
Punto 4	45.2

Fuente: Elaboración propia

Según el Informe de regulación, la planta de faenamiento POFASA posee dos usos de suelo: Protección ecológica y Agrícola Residencial. Usualmente en estos casos se aplica el uso de suelo con el límite más bajo, es decir 45 dB(A) día y 35 dB (A) noche.

CAPITULO IV

4.- PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

4.1.- Exposición de ruido del trabajador

La utilización de protectores auditivos en las áreas que superan los 85 dB(A) y en las que el trabajador permanece un considerable tiempo de exposición al ruido (Ver tabla 3.1) es obligatorio. En el mercado existen una gran variedad de protectores auditivos en los que factores como el tipo de ambiente, confort, aceptación del usuario, costo, durabilidad, problemas de comunicación, seguridad e higiene deben tenerse en consideración al momento de elegir. Para lograr un desempeño considerable de protección auditiva, los protectores deben colocarse de una manera óptima, generalmente las instrucciones de colocación son entregadas por el fabricante. Otro factor que proporciona el fabricante son los niveles de atenuación que brinda el protector.

5 Para una mayor confiabilidad al momento de elegir el protector auditivo, se recomienda restar en dos desviaciones estándar la atenuación media del protector considerado. Con esto se espera que la confiabilidad alcance un 98%. En la figura 4.1 se muestra algunos tipos de protectores auditivos disponibles en el mercado.

Figura 4.1.- Tipos de protectores auditivos

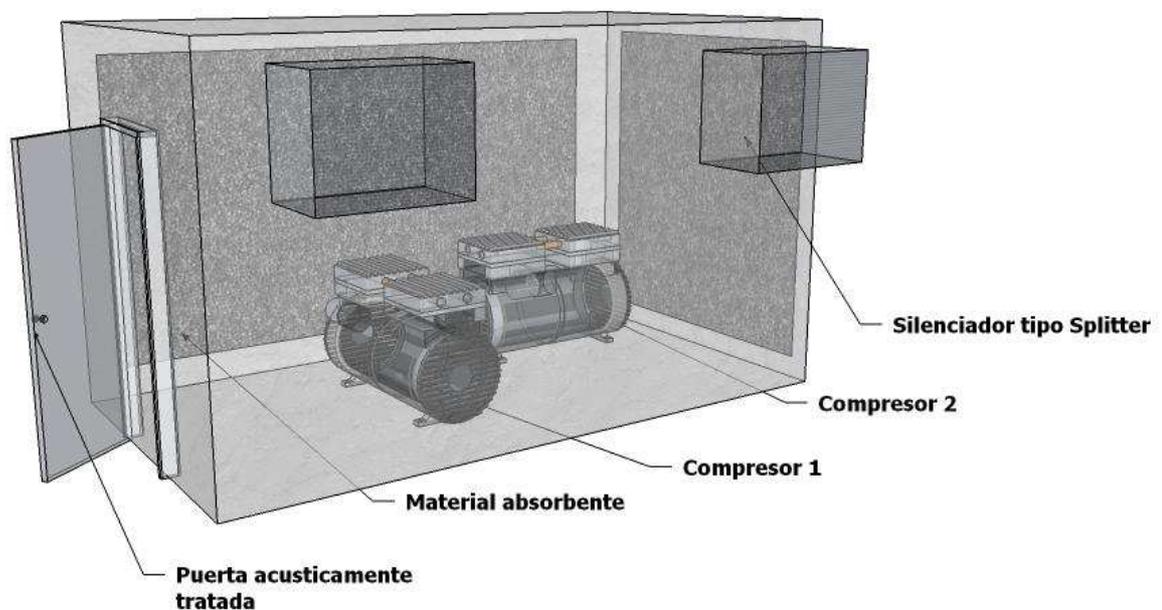


Fuente: [21]

4.2.- Ruido en el área de compresores.-

La solución propuesta para controlar el ruido generado por los dos compresores existentes es a través de encierros acústicos. Lo que se busca es mantener la energía acústica por reflexiones dentro del encierro y también disiparla por medio de material absorbente. En el esquema 4.1 se muestra el diseño del encierro acústico propuesto al área de compresores.

Esquema 4.1.- Encierro acústico para compresores



Fuente: elaboración propia a través de google sketch up 7 pro

4.2.1.- Cálculo del encierro acústico

Las mediciones realizadas en 1/3 de octava se las convierte en bandas de octava, desde los 125 Hz hasta los 4 KHz, en concordancia con las curvas del

STC. La suma de las fuentes (compresor 1 y Compresor 2) se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.1.- NWS (dBA) total en área de compresores.

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
NWS (dBA) Compresor 1	75.0	86.3	90.5	92.0	90.6	79.5
NWS (dBA) Compresor 2	91.5	94.6	90.9	90.4	87.1	84.6
NWS total (dBA)	91.6	95.2	93.7	94.3	92.2	85.8

Fuente: Elaboración propia

Para la ventilación del encierro se diseñó silenciadores tipo Splitter que permitan la entrada y salida de aire hacia y fuera del encierro. Para el cálculo de la atenuación del silenciador se utilizó la ecuación de Sabine (EC.2.21).

Para calcular la pérdida de transmisión total del encierro acústico utilizamos la siguiente ecuación matemática:

$$\overline{PT} = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum S_i / 10^{0.1PT_i}} \quad (\text{EC.4.1})$$

La pérdida de transmisión de cada material escogido, así como la pérdida de transmisión total del encierro se muestra en la tabla 4.2

El cálculo de los niveles obtenidos después del encierro acústico se realizó con las ecuaciones (EC.2.30), (EC.2.31) y (EC.2.32). El resultado de la atenuación se muestra en la tabla 4.3. Se obtiene una atenuación global de 24,1dB(A).

Tabla 4.2.- Pérdida de transmisión del encierro acústico

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Si (m ²)
TL Hormigón 20cm	37	46	46	54	59	60	8.6
TL Bloque Hormigón 20cm y 273 [kg/m ²]	39	52	53	57	58	50	4.3
TL Silenciador Splitter	7.24	16.48	30.59	36.88	40.14	40.14	0.5
TL Puerta de madera de 60 [mm] y 35 [kg/m ²]	31	32	33	29	37	41	1.3
TL Dos placas de cartón de yeso de 1,5 cm con una cavidad de 3 cm rellena de lana mineral de 20 [Kg/m ³]	28	41	42.5	47	43	45	19.5
TL encierro	24.3	33.9	41.5	42.0	44.2	46.2	34.2

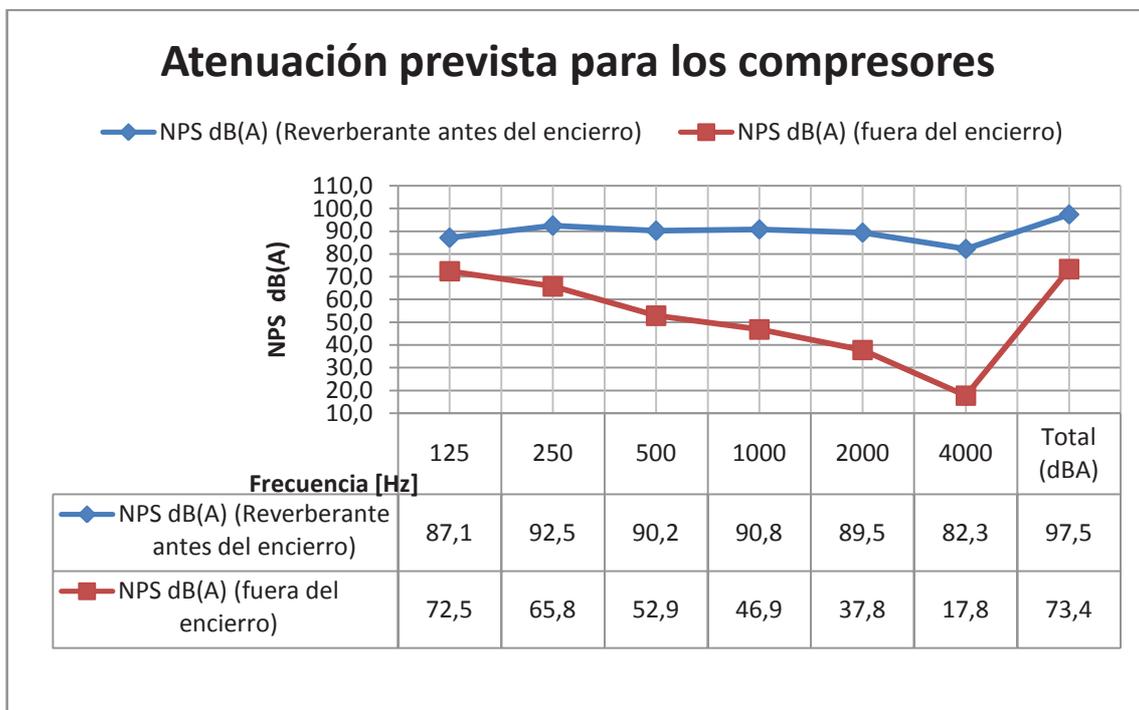
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3.- NPS fuera del encierro

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Total (dBA)
NWS total (dBA)	91.6	95.2	93.7	94.3	92.2	85.8	100.7
RT-60 (segundos)	0.4	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	
NPS (Reverberante antes del encierro)	87.1	92.5	90.2	90.8	89.5	82.3	97.5
NPS (Reverberante dentro del encierro)	91.89	93.13	88.56	83.03	75.42	58.18	96.6
TL encierro	24.25	33.93	41.51	42.00	44.20	46.21	
NPS (fuera del encierro)	72.51	65.82	52.89	46.86	37.84	17.80	73.4

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2.- NPS reverberante antes y después del encierro



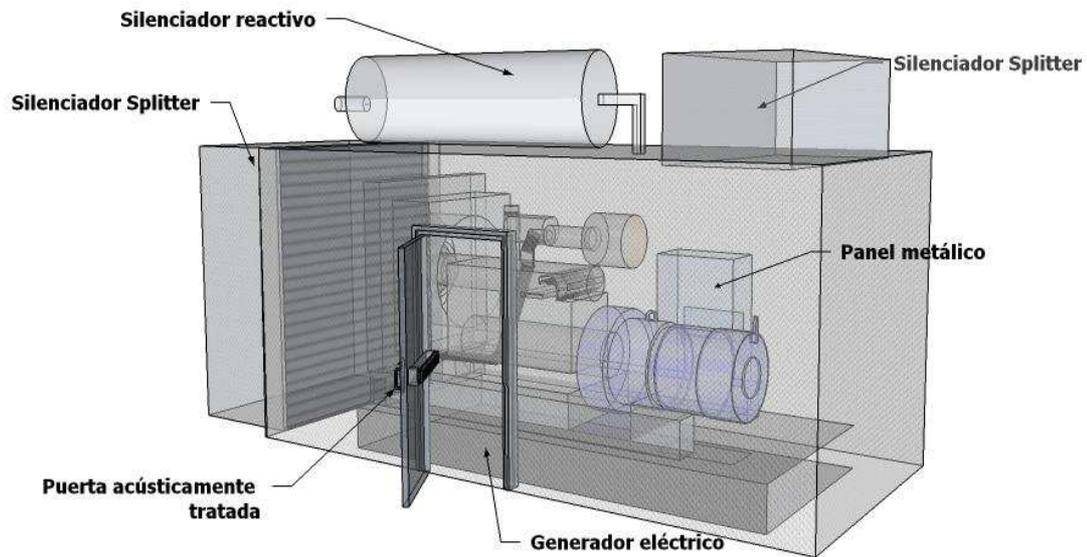
Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2 se puede apreciar el Nivel de Presión Sonora reverberante antes y después del encierro en bandas de octava desde 125Hz a 4 kHz.

4.3.- Ruido en el área del generador eléctrico.-

El generador de emergencia aporta en gran medida al ruido emanado hacia el exterior de la planta, cuando se encuentra en funcionamiento. Es necesario tratarlo acústicamente a través de un encierro acústico. La utilización de silenciadores tipo splitter y Louvre son necesarios para la correcta ventilación del equipo. Se propone además un silenciador reactivo para atenuar el sonido del tubo de escape. El esquema del modelo se muestra a continuación.

Esquema 4.2.- Encierro acústico para generador eléctrico



Fuente: elaboración propia a través de google sketch up 7 pro

4.3.1.- Cálculo del encierro acústico

Las mediciones realizadas en 1/3 de octava se las convierte en bandas de octava, desde los 125 Hz hasta los 4 KHz, en concordancia con las curvas del STC. El espectro del nivel de potencia acústica del generador eléctrico se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.4.- NWS (dBA) en el área del Generador eléctrico

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Total (dBA)
NWS (dBA)- Generador eléctrico	91.3	110.0	112.6	113.7	111.9	105.9	118.5

Fuente: Elaboración propia

Para la ventilación del encierro se diseñaron silenciadores tipo Splitter que permitan la entrada y salida de aire hacia y fuera del encierro. El cálculo de la atenuación del silenciador fue realizado en el software Matlab. Para su diseño se utilizó la ecuación de Sabine (EC.2.21). La pérdida de transmisión de cada material escogido, así como la pérdida de transmisión del encierro se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.5.- Pérdida de transmisión del encierro acústico

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Si (m ²)
TL Silenciador Splitter (25 x 50)	6.03	13.73	25.49	30.73	33.45	33.45	0.1
TL Silenciador Splitter (50 X 50)	7.24	16.48	30.59	36.88	40.14	40.14	4.5
TL Dos placas de acero de espesor 2mm y 1mm rellenas en su interior con lana mineral de 50 mm y una densidad de 60 Kg/m ³ .	22.1	40.1	58.2	76.3	89.1	101.1	37.3
TL encierro	15.8	25.8	39.9	46.1	49.3	49.3	41.9

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.6 muestra el Nivel de presión sonora estimado a tres metros de las paredes del encierro. El NPS sin el encierro y a 3 metros del encierro se muestra en la figura 4.3. Se obtiene una atenuación global de 26,7dB(A).

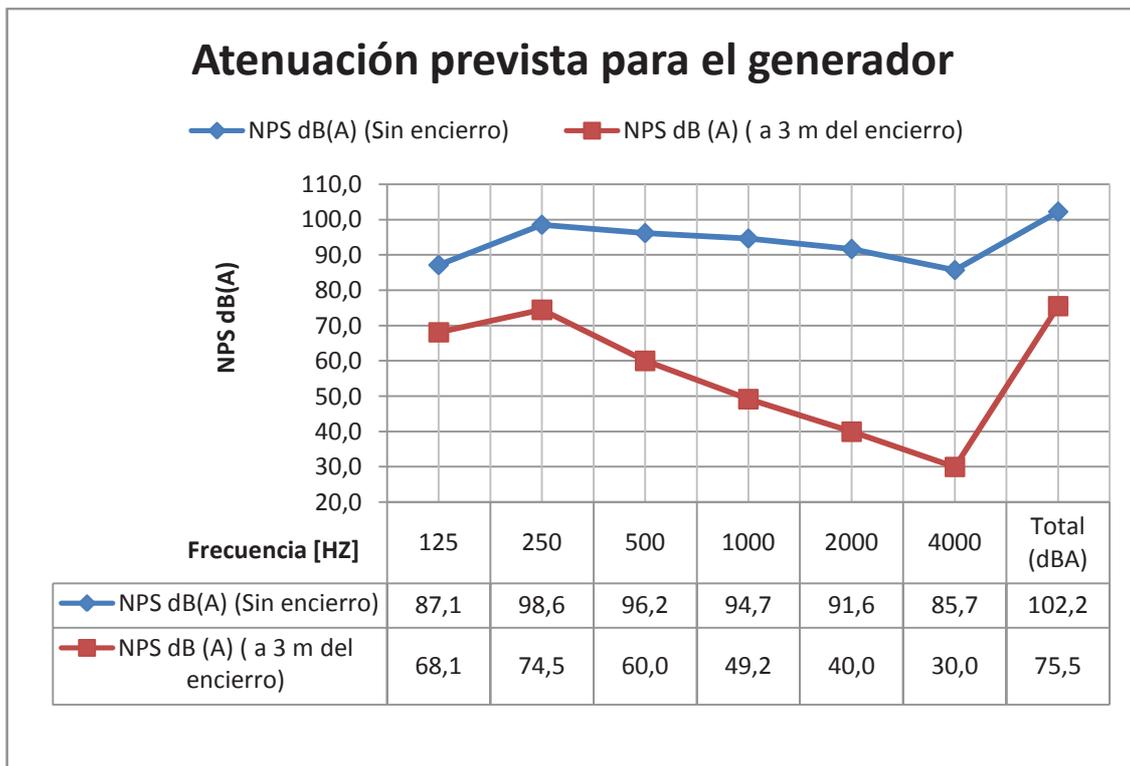
Tabla 4.6.- NPS a 3 metros del encierro acústico

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Total (dBA)
NWS total (dBA)	91.3	110.0	112.6	113.7	111.9	105.9	118.5

NPS (Sin encierro)	87.1	98.6	96.2	94.7	91.6	85.7	102.2
NPS (Reverberante dentro del encierro)	91.2	107.6	107.2	102.6	96.6	86.6	111.3
TL encierro	15.8	25.8	39.9	46.1	49.3	49.3	
NPS (paredes externas)	69.4	75.8	61.3	50.5	41.3	31.3	76.8
NPS (a 3 m del encierro)	68.1	74.5	60.0	49.2	40.0	30.0	75.5

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3.- NPS antes y a 3m del encierro.



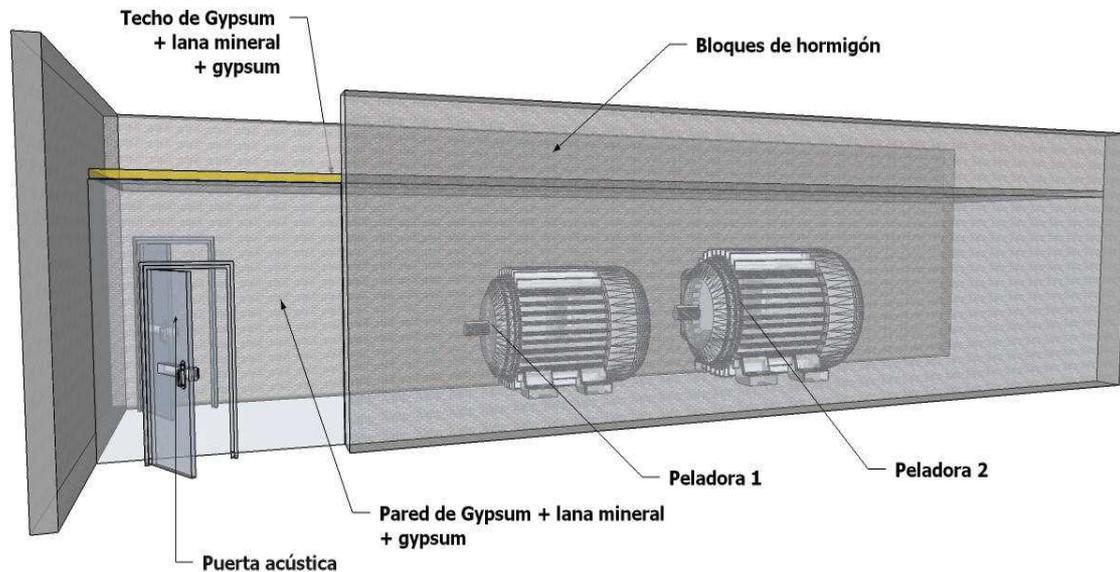
Fuente: Elaboración propia

4.4.- Propuesta de solución en el área de pelado.-

En el área de pelado existen dos máquinas peladoras encargadas del desplume de las aves. Para esta área se propone la implementación de un encierro acústico. En esta área se plantea la implementación de puertas de

entrada y salida, tratadas acústicamente, para que el ruido no incida en áreas adyacentes. El modelo planteado se muestra en el siguiente esquema:

Esquema 4.3.- Encierro acústico para el área de pelado



Fuente: Elaboración propia

4.4.1.- Cálculo del encierro acústico

Las mediciones realizadas en 1/3 de octava se las convierte en bandas de octava, desde los 125 Hz hasta los 4 KHz, en concordancia con las curvas del STC. La suma de las fuentes (Peladora 1 y Peladora 2) se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4.7.- NWS (dBA) total en el área de Pelado.

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
NWS (dBA) Peladora 1	82.1	93.3	97.3	98.9	97.4	86.2
NWS (dBA) Peladora 2	86.7	103.5	113.7	112.3	107.4	97.8
NWS total (dBA)	88.0	103.9	113.8	112.5	107.8	98.1

Fuente: Elaboración propia

La pérdida de transmisión de cada material escogido, así como la pérdida de transmisión del encierro se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.8.- Perdida de transmisión del Encierro acústico

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Si (m ²)
TL Área Abierta	0	0	0	0	0	0	1
TL Puerta de madera de 60 [mm] y 35 [kg/m ²]	31	32	33	29	37	41	2.6
TL Dos placas de cartón de yeso de 1,5 cm con una cavidad de 3 cm rellena de lana mineral de 20 [Kg/m ³]	28	41	42.5	47	43	45	90.8
TL Bloque Hormigón 20cm y 273 [kg/m ²]	39	52	53	57	58	50	137.6
TL encierro	23.0	23.6	23.6	23.6	23.6	23.6	232.1

Fuente: Elaboración propia

Se observa un importante aporte energético, en el nivel de potencia acústica de la peladora Linco de 36 Hp (Peladora 2), alrededor de los 630 Hz. (Ver Figura 3.1) Para este caso puntual, se propone la implantación de resonadores múltiples de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados. Realizando el diseño se observa que para una frecuencia de 630 Hz el panel debe poseer un espesor de 1.8 cm, con una distancia del panel a la pared rígida de 4.2 cm y un porcentaje de perforación del panel del 10 %. En el mercado nacional no se encontraron paneles con estas características, ni empresas dedicadas a la elaboración de resonadores múltiples, por lo que se recomienda su elaboración o importación.

La tabla 4.9 muestra el Nivel de presión sonora estimado fuera de las paredes del encierro.

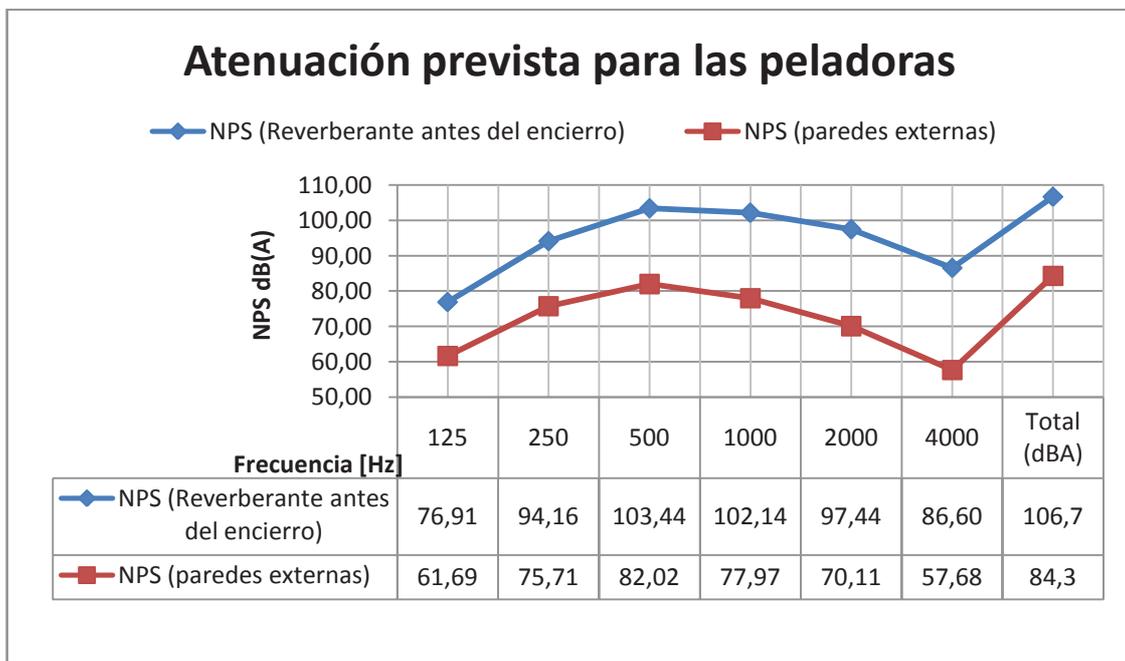
Tabla 4.9.- Nivel de Presión Sonora fuera del encierro

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Total (dBA)
NWS total (dBA)	88	103.9	113.8	112.5	107.8	98.1	117.1
RT-60 (segundos)	1.1	1.5	1.3	1.3	1.3	1	
NPS (Reverberante antes del encierro)	76.91	94.16	103.44	102.14	97.44	86.60	106.7
NPS (Reverberante dentro del encierro)	81.12	94.41	101.35	97.31	89.45	78.16	103.6
TL encierro	23.00	23.61	23.63	23.63	23.63	23.64	
NPS (paredes externas / fuera del encierro)	61.69	75.71	82.02	77.97	70.11	57.68	84.3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4 se puede apreciar el Nivel de Presión Sonora reverberante antes del encierro y el Nivel de Presión Sonora fuera del encierro en bandas de octava desde 125 a 4 kHz. Se obtiene una atenuación global de 22,4dB(A).

Figura 4.4.- NPS reverberante antes y después del encierro.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.10.- NPS máximos y calculados en entorno laboral

Área	NPS (dBA) esperado con el tratamiento acústico propuesto	NPS (dBA) máx. en ambiente laboral / 8 horas
Compresores	73.4	85
Generador eléctrico	75.5	85
Pelado	84.3	85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.10 se puede observar que los cálculos realizados en el capítulo 4 están por debajo de los límites permisibles en ambiente laboral para un tiempo de exposición por jornada de 8 horas.

Tabla 4.11.- NPS máximos y calculados en entorno ambiental

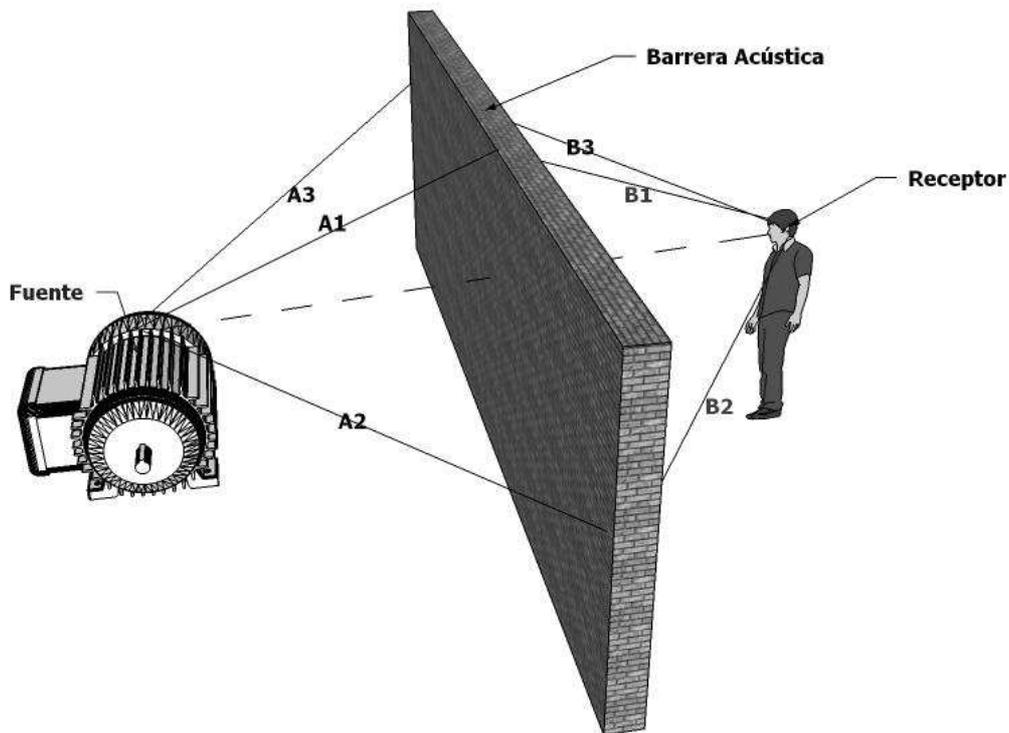
Punto	NPS (dBA) medido	NPS (dBA) esperado con el tratamiento acústico propuesto	NPS (dBA) máx. en ambiente día	NPS (dBA) máx. en ambiente noche
Punto 1	54.8	32.4	45	35
Punto 2	55.6	33.2	45	35
Punto 3	64.3	41.9	45	35
Punto 4	45.2	22.8	45	35

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11 se puede observar que de los cálculos esperados con el tratamiento acústico propuesto, en los puntos al exterior de la planta todos los valores son inferiores al límite máximo permisible en el ambiente en el día. Se observa además que en la noche solamente el punto 3 sobrepasa el límite máximo permisible. Para el cálculo del NPS (dBA) esperado con el tratamiento acústico propuesto de los diferentes puntos, se tomó la menor atenuación prevista calculada, que corresponde a 22,4 (dBA) que es el de las peladoras y se la restó del NPS (dBA) medido.

Con el fin que el Punto 3 cumpla la normativa de NPS (dBA) máximo en el ambiente en la noche se diseñó una barrera acústica diseñada de tal manera que atenué 10 dB. La altura de la barrera acústica es de aproximadamente 3.1 metros con un largo de 9 metros. El diseño de la barrera acústica se encuentra en el Anexo 1.

Esquema 4.4.- Barrera Acústica finita



Fuente: elaboración propia a través de google sketch up 7 pro

Los niveles de presión sonora, que se esperan tener al interior de la planta una vez implementadas las propuestas técnicas de control de ruido descritas en el Capítulo cuatro, se muestran en la tabla 4.12.

Para el cálculo del NPS (dBA) esperado con el tratamiento de control de ruido se tomó la atenuación prevista para las peladoras que es de 22,4 dB(A) y se restó del NPS (dBA) corregido por ruido de fondo, esto, debido a que en las áreas adyacentes al área de pelado, el ruido percibido es producto principalmente de las peladoras. Cabe recalcar que los niveles calculados con las ecuaciones presentadas ((EC.2.30) a la (EC.2.36)) pueden proveer variaciones de hasta $\pm 4dB$ en relación a los niveles reales.

Tabla 4.12.- NPS esperados al interior de la planta con la implementación de las propuestas técnicas de control de ruido.

Puntos	Sección	Ruido de fondo dB(A)	Valor Medido dB(A)	NPS (dBA) corregido por Ruido de Fondo	NPS (dBA) esperado con el tratamiento de control de ruido
1	Caldero	66	80.3	80.1	57.7
2	Colgado	83.2	92.1	91.5	69.1
3	Comedor	58.9	67.6	67.0	44.6
4	Compresores	59.7	93	93.0	73.4
5	Cooker	67	76.9	76.4	54
6	Empaque	72.8	83.9	83.5	61.1
7	Evisceración	72.8	88	87.9	65.5
8	Generador de emergencia 440 (v)	69.1	105	105.0	75.5
9	Habitación de congelado	60	74.3	74.1	51.7
10	Lavado de gavetas	72.2	81	80.4	58
11	Lavado de jaulas	63.4	80.3	80.2	57.8
12	Matadero	61	94.1	94.1	71.7
13	Oficina	58.9	66.8	66.0	43.6
14	Pelado	83.2	102.3	102.2	84.3
15	Pelado de patas	72.8	87.7	87.6	65.2
16	Separador de sólidos	60	74.7	74.6	52.2
17	Frente Norte	58.2	72	71.8	49.4
18	Frente Sur	66.6	75.1	74.4	52
19	Frente oeste	59.5	67.6	66.9	44.5
20	Frente este	66.2	79.2	79.0	56.6

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de presión sonora que se esperan tener al exterior de la planta una vez implementadas las propuestas técnicas de control de ruido descritas en el Capítulo cuatro (incluida el diseño de la barrera acústica finita) se muestran en la tabla 4.13.

Para el cálculo del NPS (dBA) después del tratamiento se tomó la atenuación prevista para las peladoras que es de 22,4 dB(A) y se restó del NPS (dBA) medido antes del tratamiento, esto debido a que la atenuación prevista para las peladoras es la menor de todas, lo que nos permite tener un mayor margen de seguridad en los cálculos.

Cabe recalcar que los niveles calculados con las ecuaciones presentadas ((EC.2.30) a la (EC.2.36)) pueden proveer variaciones de hasta $\pm 4dB$ en relación a los niveles reales.

Tabla 4.13.- NPS esperados al exterior de la planta con la implementación de las propuestas técnicas de control de ruido.

Punto	NPS (dBA) antes del tratamiento (medido)	NPS (dBA) después del tratamiento (calculado)
Punto 1	54.8	32.4
Punto 2	55.6	33.2
Punto 3	64.3	33.0
Punto 4	45.2	22.8

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

5.- ANÁLISIS DE COSTOS.

A continuación, se detalla el costo aproximado de la implementación de los encierros propuestos para las diferentes áreas analizadas.

5.1.- Área de compresores

Tabla 5.1.- Detalle de costos de fabricación del silenciador

Silenciador Splitter			
Material	Cantidad [m2]	Costo Unitario / [m2]	Costo total
lana de vidrio de 2''	3.75	4.56	17
Tool galvanizado de 0,5 mm	3	6.66	20
Malla Tumbado	6	1.48	9
TOTAL USD \$			46

Fuente: Elaboración propia

Tabla5.2.- Detalle de costos encierro en el área de compresores.

Encierro - Área de Compresores			
Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Placas de cartón de yeso [m2]	20	15	300
Puerta [Unidad]	1	95	95
Silenciador Splitter	2	46	92
lana de vidrio de 1'' [m2]	20	2.277	46
Estructura (Tubo 40x20x1,5mm) [m]	40	1.91	76
Placa fonoabsorbente con cuñas anecoicas de (35 mm) [m2]	34	10	340
TOTAL USD \$			949

Fuente: Elaboración propia

5.2.- Área del generador eléctrico.

Tabla 5.3.- Detalle de costos encierro en el área del generador eléctrico

Encierro - Área del Generador eléctrico			
Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Placas de acero de 1 mm de espesor [m2]	38	27	1026
Placas de acero de 2 mm de espesor [m2]	38	54	2052
Estructura (Tubo 40x20x1,5mm) [m]	76	1.91	145
Silenciador Splitter	19	46	874
Placa fonoabsorbente con cuñas anecoicas de (35 mm) [m2]	38	10	380
TOTAL USD \$			4477

Fuente: Elaboración propia

5.3.- Área de pelado.

Tabla 5.4.- Detalle de costos encierro en el área de pelado.

Encierro - Área de Pelado			
Material	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Placas de cartón de yeso [m2]	91	15	1365
Puerta [Unidad]	2	95	190
Estructura (Tubo 40x20x1,5mm) [m]	182	1.91	348
lana de vidrio de 1'' [m2]	229	2.277	521
Placa fonoabsorbente con cuñas anecoicas de (35 mm) [m2]	42	10	420
TOTAL USD \$			2844

Fuente: Elaboración propia

5.4.- Detalle del costo total para la implementación del proyecto

Tabla 5.5.- Detalle de costos total del proyecto

Total - Proyecto	
Área de Diseño	Costo
Encierro - Área de Compresores	949
Encierro - Área del Generador eléctrico	4477
Encierro - Área de Pelado	2844
Subtotal USD \$	8270
Imprevistos y extras - Aprox 10% Subt.	827
Mano de Obra - Aproximada 30% Subt.	2481
TOTAL USD \$	11578

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

6.1.- CONCLUSIONES.

- Se determinó que al interior de la planta existen tres zonas consideradas críticas, ya que su nivel de presión sonora sobrepasan los 90 dB(A).
- En el área de pelado, una mayor cantidad de trabajadores permanecen expuestos al ruido en un periodo de tiempo considerable, por lo que es un área de especial interés. Además esta área no se encuentra insonorizada, por lo que el ruido generado por sus máquinas afecta a las áreas adyacentes.
- El área con mayores niveles de ruido, es la del generador eléctrico y aunque en dicha área no existe personal, más que en ocasiones de mantenimiento o limpieza, los niveles de presión sonora generados el exterior de la planta son considerables.
- Durante el día, el ruido producido por la planta de faenamiento, se ve enmascarado por el ruido de los vehículos que circulan en la vía de acceso al Complejo Deportivo de la Liga Deportiva Universitaria y Urbanización La Pampa.
- Los niveles de presión sonora, generados por la planta de faenamiento hacia el exterior, superan los límites permisibles para uso Agrícola Residencial establecidos en la Norma Técnica para el Distrito Metropolitano de Quito.
- Para reducir el ruido en las diferentes áreas de la planta, se propuso la implementación de encierros acústicos. Mediante cálculos de predicción (Ver Tabla 4.10 y 4.11) se estableció que con los encierros diseñados, la planta alcanza los objetivos propuestos, en relación a límites de ruido ambiental y ambiente laboral.

- Para controlar la exposición al ruido de los trabajadores, además de los encierros acústicos se planteó el uso de protectores auditivos.

6.2.- RECOMENDACIONES.

- Se recomienda la implementación de barreras acústicas en el límite Norte de la planta de faenamiento. Actualmente el perímetro de la planta es separado del exterior a través de una malla, por lo que fácilmente el ruido producido por la planta sale hacia el exterior. Se puede concluir que debido a la carencia de un elemento que obstruya el paso de la energía acústica, como lo podría hacer una barrera acústica, en las mediciones hechas al exterior de la planta en esta zona, observamos que el nivel de presión sonora es el más elevado con respecto a los otros puntos evaluados.

El cálculo para ésta propuesta se encuentra en el Anexo 1.

- Es necesario informar y capacitar al personal, sobre las consecuencias de estar expuestos a altas dosis de nivel de presión sonora, así como la importancia del uso de protectores auditivos, medidas y formas de protección contra la contaminación acústica.
- Para una correcta ventilación de la maquinaria en las diferentes áreas, se recomienda el uso de ventiladores y extractores que permitan un correcto flujo de aire en el encierro.
- Se recomienda una supervisión permanente por parte del departamento de Salud Ocupacional, con respecto al uso de protectores auditivos.
- Se recomienda mediciones periódicas de ruido en la planta, con el fin de evaluar periódicamente el estado sonoro de las maquinarias.

- Se recomienda al momento del diseño de las propuestas de solución expuestas en el capítulo 4, considerar un mayor margen de seguridad en los cálculos.

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1]. Cyril, M Harris. "Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido". Editorial Mc Graw Hill.
- [2]. Gerges, Samir. "Ruido - Fundamentos y Control". Florianópolis, Brasil. 1998 (primera edit. en portugues 1992) , ISBN:85-90046-2-7. 552 págs.
- [3]. Kinsler. "Fundamentos de Acústica". Editorial Limusa. ISBN 968-18-2026-6.
- [4]. Carrión Antoni. "Diseño Acústico de espacios arquitectónicos". Barcelona, Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, 1998. 433 págs.
- [5]. Beranek Leo L. "Acústica". Buenos Aires, 1969. Editorial Hispano América S.A. 481 págs.
- [6]. Möser M, Barros José Luis. "Ingeniería Acústica". Berlín, 2009. Editorial Springer. 513 págs.
- [7]. Chávez Miguel Ángel, "Apuntes de Control de ruido IES-700". 26 Marzo del 2008. Universidad de las Américas.
- [8]. Ordenanza Metropolitana No. 213. Registro Oficial 10 de septiembre de 2007.

- [9]. Decreto Ejecutivo No. 2393 “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”
- [10]. ISO 3746. (1995) Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane. 48 págs.
- [11]. ISO 3382. (1997) Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters
- [12]. Instituto Valenciano de la Sordera. La edad y la pérdida auditiva (en línea).http://www.ivsordera.com/secciones/conozca_su_oido/compruebe_su_audicion/la_revision_auditiva/la_edad_y_la_perdida_auditiva/ .
- [13]. Pérez, de S.M, Cubero, C. Universidad de Córdoba – Escuela Politécnica Superior. Índices de valoración del ruido (en línea).
[http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(2\)%20Analisis%20espectral/indices%20de%20valoracion%20de%20ruido.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(2)%20Analisis%20espectral/indices%20de%20valoracion%20de%20ruido.htm)
- [14]. Wikipedia. Sonómetro (en línea).
<http://es.wikipedia.org/wiki/Son%C3%B3metro>
- [15]. Wikipedia. Barrera Acústica (en línea).
http://es.wikipedia.org/wiki/Barrera_ac%C3%BAstica.
- [16]. Álvarez, Jorge. Control de Ruido. Seminario en control de ruido y vibraciones en plataformas petroleras: 2 Diciembre del 2009. Quito.
- [17]. Ingeniero Acústico. Chile. Silenciador Splitter (en línea).
<http://www.flickr.com/photos/38490374@N03/3556862382/>

- [18]. Miyara, Federico. "Acústica y sistemas de sonido". Colombia, 2004. Fundación Decibel. 312 págs.
- [19]. Kuplack, Soluciones constructivas en seco. Buenos Aires. Material línea poliéster (en línea). http://www.kuplack.com.ar/placas_fonoabsorbentes.htm
- [20]. Wikipedia. Contaminación Acústica (en línea). http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_ac%C3%A1stica
- [21]. Instituto Nacional para la seguridad y salud ocupacional. Son sus oídos, protéjalos (en línea). http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2007-175_sp/

8.- ANEXOS

8.1.- Anexo 1. Cálculos del Capítulo III (Evaluación)

NIVEL DE POTENCIA PELADORA 1												
frecuencia	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	NPS Promedio	Ruido de fondo	ΔL	K1	K2	Lpf	Lw
12.5 Hz	48.2	53.2	57.7	54	59.2	55.9	49.6	6.3	1.16	4.29	50.46	69.16
16 Hz	55.6	59	58	63.9	59.6	60.1	52.8	7.3	0.89	4.29	54.96	73.66
20 Hz	57.3	62	59.4	61.1	60.1	60.3	57.4	2.9	3.17	4.29	52.80	71.50
25 Hz	59.4	61.8	60.2	63	62.2	61.5	56.8	4.7	1.79	4.29	55.44	74.14
31.5 Hz	68.3	63.1	65.1	69.1	68.4	67.3	59.4	7.9	0.76	4.29	62.29	80.99
40 Hz	68.5	54.5	59.7	66.7	61.9	64.6	59.8	4.8	1.73	4.29	58.61	77.31
50 Hz	72	62	64.3	73.7	63.9	69.6	57.9	11.7	0.30	4.29	65.05	83.75
63 Hz	67.5	66.1	62.1	69.3	61.7	66.3	63.9	2.4	3.73	4.29	58.28	76.98
80 Hz	70.2	68.1	70.7	67.8	73.2	70.5	59.7	10.8	0.38	4.29	65.79	84.49
100 Hz	75.4	76.4	73.2	74.8	78.4	76.0	56.7	19.3	0.05	4.29	71.65	90.35
125 Hz	77.6	77.7	77.2	80.6	78.2	78.4	60.8	17.6	0.08	4.29	74.08	92.79
160 Hz	77.6	78.8	77.4	80.6	80.2	79.1	58	21.1	0.03	4.29	74.79	93.50
200 Hz	83.4	81	83.5	84.7	82.9	83.3	58.2	25.1	0.01	4.29	78.96	97.66
250 Hz	83	77.7	78.5	81.1	79.9	80.5	55.1	25.4	0.01	4.29	76.16	94.86
315 Hz	84.1	81.5	82.6	82.7	84	83.1	53.4	29.7	0.00	4.29	78.79	97.50
400 Hz	81.8	82.4	82.5	81.7	83.3	82.4	52.3	30.1	0.00	4.29	78.09	96.79
500 Hz	81.1	82	80	80.5	80.4	80.9	53.3	27.6	0.01	4.29	76.56	95.26
630 Hz	80.5	82.4	80.6	80.8	79.8	80.9	53.1	27.8	0.01	4.29	76.61	95.32
800 Hz	81.6	80.9	82	80.5	81	81.2	50.6	30.6	0.00	4.29	76.94	95.64
1 kHz	78.3	78.7	78.9	78.3	78.3	78.5	49	29.5	0.00	4.29	74.21	92.92
1.25 kHz	78.6	80	79.6	78.6	80	79.4	46.1	33.3	0.00	4.29	75.12	93.82
1.6 kHz	79.8	79.6	80.5	80.5	80.1	80.1	53.9	26.2	0.01	4.29	75.82	94.52
2 kHz	75.6	75.8	76.2	75.6	75.6	75.8	47.7	28.1	0.01	4.29	71.47	90.17
2.5 kHz	71.8	71.7	72.1	71.2	71.1	71.6	44.4	27.2	0.01	4.29	67.30	86.00
3.15 kHz	69	69	69.3	69.1	68.7	69.0	43	26.0	0.01	4.29	64.73	83.43
4 kHz	67.3	68.6	68.3	68.2	67.9	68.1	42.6	25.5	0.01	4.29	63.78	82.48
5 kHz	65	67.6	66.2	66.5	65.6	66.3	42	24.3	0.02	4.29	61.97	80.67
6.3 kHz	60.7	62.2	61.5	61.6	60.9	61.4	40.1	21.3	0.03	4.29	57.09	75.79
8 kHz	57.2	59	57.8	58	57.5	57.9	38.4	19.5	0.05	4.29	53.61	72.31
10 kHz	55.2	56.5	55.6	56	55.1	55.7	36	19.7	0.05	4.29	51.38	70.08
12.5 kHz	53	52.5	52.7	52.4	50.4	52.3	32.7	19.6	0.05	4.29	47.95	66.65
16 kHz	46.9	48.2	47.7	45.6	45.2	46.9	25.9	21.0	0.03	4.29	42.55	61.25
20 kHz	44.4	44.9	44.5	44.2	43.9	44.4	16.6	27.8	0.01	4.29	40.10	58.80

NIVEL DE POTENCIA PELADORA 2												
frecuencia	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	NPS Promedio	Ruido de fondo	ΔL	K1	K2	Lpf	Lw
12.5 Hz	49.7	56.7	56	55.5	59.7	56.5	49.6	6.9	0.98	4.53	51.01	70.09
16 Hz	60.1	63.1	60.4	57.2	60.2	60.6	52.8	7.8	0.79	4.53	55.28	74.35
20 Hz	60.7	58.1	62.1	63.5	62	61.6	57.4	4.2	2.06	4.53	55.03	74.11
25 Hz	62.7	59.7	64.8	65.9	63.5	63.8	56.8	7.0	0.97	4.53	58.28	77.36
31.5 Hz	66.4	70.2	69.4	74.8	68.2	70.8	59.4	11.4	0.33	4.53	65.96	85.04
40 Hz	68.1	62.3	70.4	62.9	64.5	66.8	59.8	7.0	0.97	4.53	61.30	80.37
50 Hz	65.6	57.2	66.8	64.7	64.1	64.6	57.9	6.7	1.04	4.53	59.04	78.12
63 Hz	66.3	60.9	67.8	63.7	61.7	64.9	63.9	1.0	6.99	4.53	53.36	72.43
80 Hz	72.5	70.3	71.3	67.9	67.7	70.3	59.7	10.6	0.39	4.53	65.42	84.49
100 Hz	86.7	74.8	83.7	77.1	81.1	82.6	56.7	25.9	0.01	4.53	78.07	97.15
125 Hz	84.8	76.9	84	80.1	82.9	82.6	60.8	21.8	0.03	4.53	77.99	97.07
160 Hz	84.5	80.4	83.4	81.9	84.6	83.2	58	25.2	0.01	4.53	78.70	97.77
200 Hz	90.2	86.8	90.4	86.9	88.1	88.8	58.2	30.6	0.00	4.53	84.23	103.30
250 Hz	95.2	93.3	94.3	92.7	95.5	94.3	55.1	39.2	0.00	4.53	89.80	108.88
315 Hz	91.4	92.5	91.7	92.6	92.4	92.1	53.4	38.7	0.00	4.53	87.62	106.69
400 Hz	91.2	92.1	92.6	92.3	91.8	92.0	52.3	39.7	0.00	4.53	87.50	106.57
500 Hz	94.5	94	95.9	93.2	93.8	94.4	53.3	41.1	0.00	4.53	89.85	108.93
630 Hz	100.5	99	99.7	98.3	101.3	99.9	53.1	46.8	0.00	4.53	95.36	114.44
800 Hz	93.6	94.1	93.8	91.7	94	93.5	50.6	42.9	0.00	4.53	88.99	108.07
1 kHz	93	93.8	94.7	92.5	93.7	93.6	49	44.6	0.00	4.53	89.08	108.15
1.25 kHz	91.6	92.5	92.5	91.1	91.9	92.0	46.1	45.9	0.00	4.53	87.43	106.50
1.6 kHz	88.6	89.6	90.2	88.3	89.7	89.3	53.9	35.4	0.00	4.53	84.81	103.89
2 kHz	85.7	86.4	87.5	85.7	87	86.5	47.7	38.8	0.00	4.53	81.99	101.07
2.5 kHz	80.6	81.9	83.7	81.8	83.3	82.4	44.4	38.0	0.00	4.53	77.87	96.95
3.15 kHz	78.1	80.1	82	80.2	81.9	80.7	43	37.7	0.00	4.53	76.15	95.23
4 kHz	75.7	78.6	80.8	78.7	80.5	79.2	42.6	36.6	0.00	4.53	74.67	93.75
5 kHz	73	75.8	78.3	76.8	78.5	76.9	42	34.9	0.00	4.53	72.36	91.44
6.3 kHz	70.7	73.7	74.9	73	74.5	73.6	40.1	33.5	0.00	4.53	69.06	88.14
8 kHz	69.7	71.4	74.7	71.4	72.6	72.3	38.4	33.9	0.00	4.53	67.76	86.83
10 kHz	67.7	69.8	73.9	68.8	69.8	70.6	36	34.6	0.00	4.53	66.05	85.13
12.5 kHz	65.9	66.2	69.6	65	65.8	66.8	32.7	34.1	0.00	4.53	62.31	81.39
16 kHz	64.5	60.9	64	59.1	59.5	62.2	25.9	36.3	0.00	4.53	57.65	76.73
20 kHz	58.3	54.5	55.7	52.2	52.3	55.2	16.6	38.6	0.00	4.53	50.70	69.77

NIVEL DE POTENCIA ACÚSTICA (GENERADOR EMEREGENTE)

frecuencia	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	NPS Promedio	Ruido de fondo	ΔL	K1	K2	Lpf	Lw
12.5 Hz	77.5	78	80.5	62.6	85.7	80.8	63	17.8	0.07	6.00	74.76	93.90
16 Hz	81.1	78.8	82.7	73.2	84	81.2	68.2	13.0	0.22	6.00	75.01	94.15
20 Hz	74.9	75.7	82.2	66.4	82.6	79.2	63.9	15.3	0.13	6.00	73.12	92.26
25 Hz	73.3	73.8	82.3	68.5	80.3	78.2	59.6	18.6	0.06	6.00	72.13	91.27
31.5 Hz	76.4	76.3	81.1	73.6	78.4	77.9	59.2	18.7	0.06	6.00	71.83	90.97
40 Hz	73.4	83	78.5	75.2	77.8	78.9	58.5	20.4	0.04	6.00	72.84	91.97
50 Hz	78.8	86.7	77.1	79.4	79.4	81.9	59.4	22.5	0.02	6.00	75.85	94.99
63 Hz	75.6	83.2	77.5	75.5	79.2	79.2	55	24.2	0.02	6.00	73.23	92.37
80 Hz	78.7	87.3	81.3	80.1	81.6	83.0	58.5	24.5	0.02	6.00	76.97	96.11
100 Hz	81.2	91.3	86.4	85.8	85.3	87.2	56.7	30.5	0.00	6.00	81.22	100.36
125 Hz	85	84.5	87.4	86.7	89	86.8	65.3	21.5	0.03	6.00	80.80	99.94
160 Hz	90.7	87	92.6	89.9	88.9	90.2	61.3	28.9	0.01	6.00	84.21	103.35
200 Hz	93	94.3	95.1	90.2	91.3	93.1	64.4	28.7	0.01	6.00	87.15	106.28
250 Hz	98.7	103.2	102.6	100.8	100	101.4	61.2	40.2	0.00	6.00	95.37	114.51
315 Hz	101	102.3	101.6	100.1	100.2	101.1	60.1	41.0	0.00	6.00	95.13	114.26
400 Hz	93.7	94.8	95.2	93.5	94.8	94.5	60.3	34.2	0.00	6.00	88.45	107.59
500 Hz	98.7	97	101.8	94.6	95.1	98.3	62.1	36.2	0.00	6.00	92.29	111.43
630 Hz	99	97.9	101	94.6	97.7	98.5	60.8	37.7	0.00	6.00	92.51	111.65
800 Hz	95.4	96.4	99.6	98.1	96.3	97.4	58.3	39.1	0.00	6.00	91.43	110.57
1 kHz	93.8	94	96.6	92.9	95	94.7	58.2	36.5	0.00	6.00	88.66	107.79
1.25 kHz	93.7	93.8	98.3	92.4	94.8	95.1	58.2	36.9	0.00	6.00	89.13	108.26
1.6 kHz	93.4	92.8	96.7	91.4	93.1	93.9	60.4	33.5	0.00	6.00	87.87	107.01
2 kHz	92.7	91.7	94.4	90	92.3	92.5	57.4	35.1	0.00	6.00	86.45	105.59
2.5 kHz	91.6	91	94.4	89.5	92.3	92.1	55.2	36.9	0.00	6.00	86.07	105.21
3.15 kHz	90	89.2	93.5	87.7	89.8	90.5	53.5	37.0	0.00	6.00	84.51	103.65
4 kHz	88	87.1	89.9	85.3	87.8	87.9	51.1	36.8	0.00	6.00	81.87	101.01
5 kHz	85.8	84.5	88.1	82.3	85.3	85.6	48.5	37.1	0.00	6.00	79.61	98.74
6.3 kHz	82.9	80.9	85.6	79	82.2	82.7	46	36.7	0.00	6.00	76.68	95.82
8 kHz	81	78.4	82.8	76.1	80	80.2	43.7	36.5	0.00	6.00	74.23	93.37
10 kHz	79.2	75.9	80.3	73.3	77.7	77.9	41.1	36.8	0.00	6.00	71.92	91.06
12.5 kHz	76.5	72.2	78	69.8	74.7	75.1	36.5	38.6	0.00	6.00	69.15	88.29
16 kHz	70.4	65.2	72.7	63.3	69.1	69.4	30.1	39.3	0.00	6.00	63.37	82.50
20 kHz	62	56.4	64.6	54.5	60.3	61.0	21	40.0	0.00	6.00	54.98	74.12

NIVEL DE POTENCIA COMPRESOR 1

frecuencia	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	NPS Promedio	Ruido de fondo	ΔL	K1	K2	Lpf	Lw
12.5 Hz	48.2	53.2	57.7	54	54.5	52.8	1.7	5.00	6.49	42.96	57.01
16 Hz	55.6	59	58	63.9	60.3	62.2	-1.9	0.00	6.49	53.77	67.81
20 Hz	57.3	62	59.4	61.1	60.3	65.4	-5.1	0.00	6.49	53.80	67.85
25 Hz	59.4	61.8	60.2	63	61.3	60.1	1.2	6.09	6.49	48.74	62.78
31.5 Hz	68.3	63.1	65.1	69.1	67.0	61.3	5.7	1.35	6.49	59.18	73.23
40 Hz	68.5	54.5	59.7	66.7	65.1	58.9	6.2	1.19	6.49	57.43	71.47
50 Hz	72	62	64.3	73.7	70.4	55.9	14.5	0.16	6.49	63.72	77.77
63 Hz	67.5	66.1	62.1	69.3	67.0	64.2	2.8	3.28	6.49	57.18	71.22
80 Hz	70.2	68.1	70.7	67.8	69.4	60.3	9.1	0.57	6.49	62.32	76.36
100 Hz	75.4	76.4	73.2	74.8	75.1	58.6	16.5	0.10	6.49	68.51	82.55
125 Hz	77.6	77.7	77.2	80.6	78.5	60	18.5	0.06	6.49	71.96	86.00
160 Hz	77.6	78.8	77.4	80.6	78.8	56.1	22.7	0.02	6.49	72.28	86.33
200 Hz	83.4	81	83.5	84.7	83.3	54.5	28.8	0.01	6.49	76.85	90.89
250 Hz	83	77.7	78.5	81.1	80.6	53.8	26.8	0.01	6.49	74.09	88.13
315 Hz	84.1	81.5	82.6	82.7	82.8	56	26.8	0.01	6.49	76.32	90.37
400 Hz	81.8	82.4	82.5	81.7	82.1	53	29.1	0.01	6.49	75.62	89.66
500 Hz	81.1	82	80	80.5	81.0	55.3	25.7	0.01	6.49	74.46	88.51
630 Hz	80.5	82.4	80.6	80.8	81.1	54.5	26.6	0.01	6.49	74.65	88.69
800 Hz	81.6	80.9	82	80.5	81.3	49.5	31.8	0.00	6.49	74.80	88.84
1 kHz	78.3	78.7	78.9	78.3	78.6	46.7	31.9	0.00	6.49	72.06	86.11
1.25 kHz	78.6	80	79.6	78.6	79.2	46.1	33.1	0.00	6.49	72.75	86.80
1.6 kHz	79.8	79.6	80.5	80.5	80.1	47	33.1	0.00	6.49	73.63	87.67
2 kHz	75.6	75.8	76.2	75.6	75.8	44.5	31.3	0.00	6.49	69.31	83.36
2.5 kHz	71.8	71.7	72.1	71.2	71.7	42.1	29.6	0.00	6.49	65.22	79.26
3.15 kHz	69	69	69.3	69.1	69.1	40.7	28.4	0.01	6.49	62.60	76.65
4 kHz	67.3	68.6	68.3	68.2	68.1	36.8	31.3	0.00	6.49	61.63	75.68
5 kHz	65	67.6	66.2	66.5	66.4	33.8	32.6	0.00	6.49	59.93	73.97
6.3 kHz	60.7	62.2	61.5	61.6	61.5	31.9	29.6	0.00	6.49	55.04	69.08
8 kHz	57.2	59	57.8	58	58.0	31.5	26.5	0.01	6.49	51.55	65.59
10 kHz	55.2	56.5	55.6	56	55.9	29.8	26.1	0.01	6.49	49.35	63.39
12.5 kHz	53	52.5	52.7	52.4	52.7	29.5	23.2	0.02	6.49	46.14	60.19
16 kHz	46.9	48.2	47.7	45.6	47.2	23.8	23.4	0.02	6.49	40.70	54.74
20 kHz	44.4	44.9	44.5	44.2	44.5	13.5	31.0	0.00	6.49	38.01	52.06

NIVEL DE POTENCIA COMPRESOR 2											
frecuencia	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	NPS Promedio	Ruido de fondo	ΔL	K1	K2	Lpf	Lw
12.5 Hz	57.2	52.8	54.1	52	54.5	52.8	1.7	4.87	5.73	43.91	56.95
16 Hz	65.9	66.9	68.8	68.5	67.7	62.2	5.5	1.45	5.73	60.50	73.54
20 Hz	88.4	88.2	91	91.2	89.9	65.4	24.5	0.02	5.73	84.17	97.21
25 Hz	64.9	62.7	65.2	64.7	64.5	60.1	4.4	1.97	5.73	56.77	69.81
31.5 Hz	74	62.3	64.6	61.7	68.9	61.3	7.6	0.83	5.73	62.36	75.40
40 Hz	85.4	84.4	83.1	80.8	83.7	58.9	24.8	0.01	5.73	77.99	91.03
50 Hz	66.7	67.6	72	62.6	68.5	55.9	12.6	0.25	5.73	62.49	75.53
63 Hz	76.2	77.1	82.6	72.9	78.7	64.2	14.5	0.16	5.73	72.78	85.82
80 Hz	74.9	90.8	91.6	91.2	90.0	60.3	29.7	0.00	5.73	84.26	97.30
100 Hz	76.5	80.2	78.4	86.1	81.9	58.6	23.3	0.02	5.73	76.19	89.23
125 Hz	88.8	92.3	96.4	92.4	93.3	60	33.3	0.00	5.73	87.57	100.61
160 Hz	90.9	97.8	96.7	98	96.6	56.1	40.5	0.00	5.73	90.86	103.90
200 Hz	85.8	99.7	94.4	100	97.5	54.5	43.0	0.00	5.73	91.76	104.80
250 Hz	84	86.9	84.4	87	85.8	53.8	32.0	0.00	5.73	80.05	93.10
315 Hz	77.9	81.4	81.4	79.6	80.3	56	24.3	0.02	5.73	74.55	87.59
400 Hz	83.2	83.3	83.6	82.9	83.3	53	30.3	0.00	5.73	77.52	90.56
500 Hz	82.8	85.6	79.1	81	82.8	55.3	27.5	0.01	5.73	77.05	90.09
630 Hz	80.6	81.7	78.5	78.6	80.1	54.5	25.6	0.01	5.73	74.32	87.36
800 Hz	78.2	78.5	79.7	78.9	78.9	49.5	29.4	0.01	5.73	73.12	86.16
1 kHz	75.7	78.2	79	78.9	78.1	46.7	31.4	0.00	5.73	72.40	85.44
1.25 kHz	77.3	76.5	80	78.4	78.3	46.1	32.2	0.00	5.73	72.52	85.56
1.6 kHz	74.8	72.7	75.7	76.5	75.1	47	28.1	0.01	5.73	69.40	82.44
2 kHz	74.2	69.3	72	74.3	72.9	44.5	28.4	0.01	5.73	67.14	80.18
2.5 kHz	74	71.5	73.5	74.2	73.4	42.1	31.3	0.00	5.73	67.68	80.72
3.15 kHz	74	72.1	73.7	74.1	73.5	40.7	32.8	0.00	5.73	67.81	80.85
4 kHz	72.8	71.8	74.4	73.1	73.1	36.8	36.3	0.00	5.73	67.39	80.43
5 kHz	73	70.8	75.4	72.8	73.3	33.8	39.5	0.00	5.73	67.58	80.62
6.3 kHz	69.1	67.7	71.8	69	69.7	31.9	37.8	0.00	5.73	63.94	76.98
8 kHz	67.4	66.6	70.7	68.4	68.6	31.5	37.1	0.00	5.73	62.83	75.87
10 kHz	66.7	64.8	69.6	67.1	67.4	29.8	37.6	0.00	5.73	61.66	74.70
12.5 kHz	65.4	63	69.9	66	66.8	29.5	37.3	0.00	5.73	61.08	74.12
16 kHz	63	59.2	67.6	64.1	64.5	23.8	40.7	0.00	5.73	58.72	71.76
20 kHz	55.3	51.8	60	57.6	57.1	13.5	43.6	0.00	5.73	51.40	64.44

frecuencia	NWS(dBlin) Peladora 1	NWS(dBlin) Peladora 2	NWS(dBlin) Generador	NWS(dBlin) Compresor 1	NWS(dBlin) Compresor 2	Conversión (dBlin) a (dBA)	NWS(dBA) Peladora 1	NWS(dBA) Peladora 2	NWS(dBA) Generador	NWS(dBA) Compresor 1	NWS(dBA) Compresor 2
12.5 Hz	69.16	70.09	93.90	57.01	56.95	-63.4	5.76	6.69	30.50	-6.39	-6.45
16 Hz	73.66	74.35	94.15	67.81	73.54	-56.7	16.96	17.65	37.45	11.11	16.84
20 Hz	71.50	74.11	92.26	67.85	97.21	-50.5	21.00	23.61	41.76	17.35	46.71
25 Hz	74.14	77.36	91.27	62.78	69.81	-44.7	29.44	32.66	46.57	18.08	25.11
31.5 Hz	80.99	85.04	90.97	73.23	75.40	-39.4	41.59	45.64	51.57	33.83	36.00
40 Hz	77.31	80.37	91.97	71.47	91.03	-34.6	42.71	45.77	57.37	36.87	56.43
50 Hz	83.75	78.12	94.99	77.77	75.53	-30.2	53.55	47.92	64.79	47.57	45.33
63 Hz	76.98	72.43	92.37	71.22	85.82	-26.2	50.78	46.23	66.17	45.02	59.62
80 Hz	84.49	84.49	96.11	76.36	97.30	-22.5	61.99	61.99	73.61	53.86	74.80
100 Hz	90.35	97.15	100.36	82.55	89.23	-19.1	71.25	78.05	81.26	63.45	70.13
125 Hz	92.79	97.07	99.94	86.00	100.61	-16.1	76.69	80.97	83.84	69.90	84.51
160 Hz	93.50	97.77	103.35	86.33	103.90	-13.4	80.10	84.37	89.95	72.93	90.50
200 Hz	97.66	103.30	106.28	90.89	104.80	-10.9	86.76	92.40	95.38	79.99	93.90
250 Hz	94.86	108.88	114.51	88.13	93.10	-8.6	86.26	100.28	105.91	79.53	84.50
315 Hz	97.50	106.69	114.26	90.37	87.59	-6.6	90.90	100.09	107.66	83.77	80.99
400 Hz	96.79	106.57	107.59	89.66	90.56	-4.8	91.99	101.77	102.79	84.86	85.76
500 Hz	95.26	108.93	111.43	88.51	90.09	-3.2	92.06	105.73	108.23	85.31	86.89
630 Hz	95.32	114.44	111.65	88.69	87.36	-1.9	93.42	112.54	109.75	86.79	85.46
800 Hz	95.64	108.07	110.57	88.84	86.16	-0.8	94.84	107.27	109.77	88.04	85.36
1 kHz	92.92	108.15	107.79	86.11	85.44	0	92.92	108.15	107.79	86.11	85.44
1.25 kHz	93.82	106.50	108.26	86.80	85.56	0.6	94.42	107.10	108.86	87.40	86.16
1.6 kHz	94.52	103.89	107.01	87.67	82.44	1	95.52	104.89	108.01	88.67	83.44
2 kHz	90.17	101.07	105.59	83.36	80.18	1.2	91.37	102.27	106.79	84.56	81.38
2.5 kHz	86.00	96.95	105.21	79.26	80.72	1.3	87.30	98.25	106.51	80.56	82.02
3.15 kHz	83.43	95.23	103.65	76.65	80.85	1.2	84.63	96.43	104.85	77.85	82.05
4 kHz	82.48	93.75	101.01	75.68	80.43	1	83.48	94.75	102.01	76.68	81.43
5 kHz	80.67	91.44	98.74	73.97	80.62	0.5	81.17	91.94	99.24	74.47	81.12
6.3 kHz	75.79	88.14	95.82	69.08	76.98	-0.1	75.69	88.04	95.72	68.98	76.88
8 kHz	72.31	86.83	93.37	65.59	75.87	-1.1	71.21	85.73	92.27	64.49	74.77
10 kHz	70.08	85.13	91.06	63.39	74.70	-2.5	67.58	82.63	88.56	60.89	72.20
12.5 kHz	66.65	81.39	88.29	60.19	74.12	-4.3	62.35	77.09	83.99	55.89	69.82
16 kHz	61.25	76.73	82.50	54.74	71.76	-6.6	54.65	70.13	75.90	48.14	65.16
20 kHz	58.80	69.77	74.12	52.06	64.44	-9.3	49.50	60.47	64.82	42.76	55.14

Tiempo de Reverberación Punto 1 - Área de Compresores				
frecuencia [Hz]	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio
40	1.5	1.6	0.9	1.3
50	0.8	1.0	0.9	0.9
63	0.8	0.9	0.9	0.8
80	0.4	0.4	0.5	0.4
100	0.4	0.3	0.4	0.4
125	0.4	0.4	0.4	0.4
160	0.7	0.7	0.6	0.7
200	0.3	0.4	0.5	0.4
250	0.7	0.7	0.8	0.7
315	0.6	0.7	0.7	0.6
400	0.6	0.4	0.6	0.5
500	0.4	0.4	0.5	0.4
630	0.6	0.5	0.6	0.6
800	0.5	0.5	0.5	0.5
1000	0.3	0.4	0.4	0.4
1250	0.4	0.4	0.4	0.4
1600	0.6	0.6	0.6	0.6
2000	0.5	0.4	0.6	0.5
2500	0.5	0.5	0.5	0.5
3150	0.5	0.6	0.6	0.5
4000	0.4	0.5	0.5	0.5
5000	0.4	0.4	0.5	0.5
6300	0.4	0.5	0.4	0.4
8000	0.4	0.4	0.4	0.4
10000	0.3	0.3	0.3	0.3
12500	0.2	0.3	0.2	0.2
16000	0.1	0.2	0.2	0.2
20000	0.1	0.1	0.1	0.1
Wideband	0.4	0.4	0.5	0.5

Tiempo de reverberación Punto 2 - Área de Compresores				
Frecuencia [Hz]	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
40	0.5	0.6	0.8	0.6
50	0.7	0.8	0.8	0.8
63	0.4	0.4	0.4	0.4
80	0.4	0.4	0.4	0.4
100	0.6	0.8	0.6	0.7
125	0.5	0.5	0.6	0.5
160	0.5	0.5	0.5	0.5
200	0.6	0.7	0.9	0.7
250	0.4	0.4	0.4	0.4
315	0.4	0.4	0.4	0.4
400	0.7	0.6	0.6	0.6
500	0.4	0.5	0.6	0.5
630	0.7	0.6	0.7	0.7
800	0.5	0.5	0.6	0.5
1000	0.6	0.5	0.6	0.6
1250	0.5	0.5	0.6	0.6
1600	0.7	0.7	0.8	0.7
2000	0.6	0.6	0.6	0.6
2500	0.6	0.6	0.6	0.6
3150	0.6	0.6	0.6	0.6
4000	0.6	0.6	0.6	0.6
5000	0.5	0.6	0.6	0.5
6300	0.5	0.4	0.5	0.5
8000	0.4	0.4	0.4	0.4
10000	0.3	0.4	0.4	0.4
12500	0.3	0.3	0.3	0.3
16000	0.3	0.2	0.2	0.2
20000	0.1	0.1	0.1	0.1
Wideband	0.5	0.5	0.5	0.5

Tiempo de reverberación Punto 1 - Área de Pelado				
Frecuencia [Hz]	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
40	1.5	1.5	1.5	1.5
50	3.7	1.4	1.0	2.0
63	1.9	2.3	2.2	2.1
80	2.2	3.6	2.3	2.7
100	2.2	1.3	1.2	1.6
125	1.2	0.8	1.0	1.0
160	1.6	2.3	1.8	1.9
200	1.0	1.2	1.0	1.0
250	1.3	1.3	1.5	1.4
315	1.1	0.8	0.9	0.9
400	2.1	0.9	1.3	1.4
500	1.8	1.1	1.3	1.4
630	1.3	1.2	1.1	1.2
800	1.4	1.6	1.5	1.5
1000	1.1	1.4	1.5	1.3
1250	1.6	1.7	1.6	1.7
1600	2.7	1.6	1.4	1.9
2000	1.2	1.3	1.3	1.3
2500	1.4	1.1	1.1	1.2
3150	1.1	1.1	1.0	1.1
4000	1.0	0.8	0.9	0.9
5000	1.1	0.8	0.8	0.9
6300	0.7	0.7	0.7	0.7
8000	0.7	0.5	0.5	0.6
10000	0.5	0.4	0.4	0.4
12500	0.4	0.2	0.3	0.3
16000	0.3	0.2	0.2	0.2
20000	1.5	0.1	0.1	0.6
Wideband	1.7	1.3	1.2	1.4

Tiempo de reverberación Punto 2 - Área de Pelado				
Frecuencia [Hz]	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
40	19.3	0.0	0.0	6.4
50	0.0	9.7	0.0	3.2
63	2.3	4.8	0.0	2.4
80	2.6	2.5	12.1	5.8
100	0.7	0.9	1.1	0.9
125	0.9	1.0	1.1	1.0
160	2.0	1.4	1.6	1.7
200	1.5	2.4	1.3	1.7
250	1.4	3.7	1.3	2.1
315	1.4	1.3	1.2	1.3
400	1.3	1.2	1.3	1.3
500	1.3	1.3	1.2	1.3
630	0.9	1.0	1.0	1.0
800	1.5	1.5	1.6	1.5
1000	1.3	1.2	1.3	1.2
1250	1.5	1.4	1.4	1.4
1600	2.4	1.4	3.4	2.4
2000	1.3	1.3	1.3	1.3
2500	1.1	1.1	1.3	1.2
3150	1.1	1.1	1.1	1.1
4000	0.9	0.9	1.0	0.9
5000	0.9	0.9	0.9	0.9
6300	0.8	0.7	0.8	0.8
8000	0.7	0.7	0.6	0.7
10000	0.5	0.5	0.6	0.5
12500	0.4	0.4	0.4	0.4
16000	0.3	0.3	0.3	0.3
20000	0.2	0.2	0.2	0.2
Wideband	1.8	1.6	1.2	1.5

Tiempo de reverberación Punto 3 - Área de Pelado				
Frecuencia [Hz]	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
40	1.1	1.6	2.0	1.5
50	6.8	2.6	2.2	3.9
63	4.8	2.9	2.1	3.3
80	0.9	1.1	1.3	1.1
100	1.6	1.7	1.6	1.6
125	1.4	0.9	1.4	1.3
160	1.5	1.3	2.3	1.7
200	1.7	1.5	1.9	1.7
250	1.0	1.5	0.9	1.1
315	1.7	1.2	1.2	1.4
400	1.3	1.2	1.3	1.3
500	1.2	1.3	1.2	1.2
630	1.1	1.2	1.4	1.2
800	1.8	1.4	1.3	1.5
1000	1.1	1.1	1.3	1.2
1250	1.4	1.4	1.5	1.4
1600	1.6	10.2	2.9	4.9
2000	1.4	1.4	1.4	1.4
2500	1.3	1.3	1.3	1.3
3150	0.9	0.9	1.0	0.9
4000	0.9	1.1	1.0	1.0
5000	0.9	0.9	0.8	0.9
6300	0.6	0.7	0.6	0.6
8000	0.6	0.5	0.6	0.6
10000	0.4	0.4	0.4	0.4
12500	0.3	0.3	0.3	0.3
16000	0.2	0.2	0.2	0.2
20000	0.1	0.1	0.1	0.1
Wideband	1.3	1.3	1.3	1.3

Tiempo de reverberación Punto 1 - Área de Galpón Principal				
Frecuencia [Hz]	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
40	2.7	3.5	0.9	2.4
50	2.0	1.0	1.9	1.7
63	2.9	0.0	3.8	2.2
80	3.4	2.2	2.3	2.7
100	4.7	4.9	5.1	4.9
125	1.1	0.0	5.1	2.1
160	2.4	2.3	1.8	2.2
200	2.5	2.0	1.6	2.0
250	2.2	2.2	2.2	2.2
315	2.7	2.8	2.0	2.5
400	2.6	2.8	2.5	2.6
500	2.5	2.4	2.1	2.4
630	2.7	2.2	2.2	2.4
800	1.8	1.8	1.7	1.7
1000	1.6	1.5	1.5	1.5
1250	1.7	1.8	1.8	1.8
1600	2.2	2.4	2.4	2.3
2000	2.2	2.3	2.3	2.2
2500	2.1	2.1	2.0	2.1
3150	1.8	1.8	1.8	1.8
4000	1.5	1.7	1.4	1.5
5000	1.2	1.2	1.3	1.2
6300	0.9	0.9	1.0	0.9
8000	0.9	0.9	0.8	0.9
10000	0.6	0.5	0.5	0.5
12500	0.3	0.4	0.3	0.3
16000	0.3	0.3	0.3	0.3
20000	0.1	0.1	0.1	0.1
Wideband	2.2	2.3	2.1	2.2

Tiempo de reverberación Punto 2 - Área de Galpón Principal				
Frecuencia [Hz]	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
40	1.1	3.5	0.8	1.8
50	1.1	1.0	0.8	1.0
63	6.0	0.0	5.1	3.7
80	5.9	2.2	3.6	3.9
100	2.0	4.9	2.5	3.1
125	3.4	0.0	1.2	1.5
160	2.6	2.3	3.2	2.7
200	2.6	2.0	2.5	2.4
250	2.3	2.2	2.2	2.2
315	2.2	2.8	2.2	2.4
400	1.9	2.8	1.9	2.2
500	2.1	2.4	2.1	2.2
630	2.3	2.2	2.2	2.2
800	1.7	1.8	1.7	1.7
1000	2.4	1.5	2.2	2.0
1250	1.9	1.8	1.8	1.9
1600	2.4	2.4	2.6	2.5
2000	1.9	2.3	2.0	2.0
2500	2.1	2.1	2.1	2.1
3150	1.6	1.8	1.6	1.7
4000	1.5	1.7	1.5	1.6
5000	1.4	1.2	1.4	1.3
6300	1.1	0.9	1.1	1.1
8000	0.9	0.9	0.9	0.9
10000	0.6	0.5	0.6	0.6
12500	0.4	0.4	0.4	0.4
16000	0.3	0.3	0.3	0.3
20000	0.2	0.1	0.2	0.2
Wideband	2.7	2.3	2.9	2.6

Tiempo de Reverberación Punto 3 - Área de Galpón Principal				
Frecuencia [Hz]	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
40	1.3	1.1	2.6	1.7
50	1.1	1.0	1.1	1.1
63	4.0	5.4	3.7	4.4
80	2.6	6.5	6.3	5.2
100	2.4	2.2	1.6	2.1
125	2.7	2.0	2.0	2.2
160	1.7	1.8	1.7	1.7
200	2.0	1.9	1.8	1.9
250	3.4	3.2	3.3	3.3
315	1.6	1.7	1.5	1.6
400	2.0	2.1	2.1	2.1
500	2.4	2.3	2.4	2.4
630	2.3	2.2	2.4	2.3
800	2.3	2.2	2.2	2.2
1000	2.5	2.2	2.2	2.3
1250	2.5	2.4	2.4	2.4
1600	2.3	2.3	2.3	2.3
2000	1.9	2.1	2.0	2.0
2500	2.1	2.1	2.1	2.1
3150	1.8	1.9	1.7	1.8
4000	1.6	1.6	1.6	1.6
5000	1.4	1.4	1.4	1.4
6300	1.1	1.1	1.1	1.1
8000	0.9	0.9	0.9	0.9
10000	0.8	0.7	0.7	0.7
12500	0.5	0.5	0.5	0.5
16000	0.4	0.4	0.4	0.4
20000	0.2	0.2	0.2	0.2
Wideband	2.4	2.2	2.0	2.2

Diseño de Barrera Acústica

$$AT = 20 \text{ LOG} \left(\frac{\sqrt{[2 * \pi * N]}}{\tanh \sqrt{[2 * \pi * N]}} \right) + 5 \text{ dB}$$

$$10 \text{ dB} = 20 \text{ LOG} \left(\frac{\sqrt{[2 * \pi * N]}}{\tanh \sqrt{[2 * \pi * N]}} \right) + 5 \text{ dB}$$

$$5 \text{ dB} = 20 \text{ LOG} \left(\frac{\sqrt{[2 * \pi * N]}}{\tanh \sqrt{[2 * \pi * N]}} \right)$$

$$0.25 = \text{LOG} \left(\frac{\sqrt{[2 * \pi * N]}}{\tanh \sqrt{[2 * \pi * N]}} \right)$$

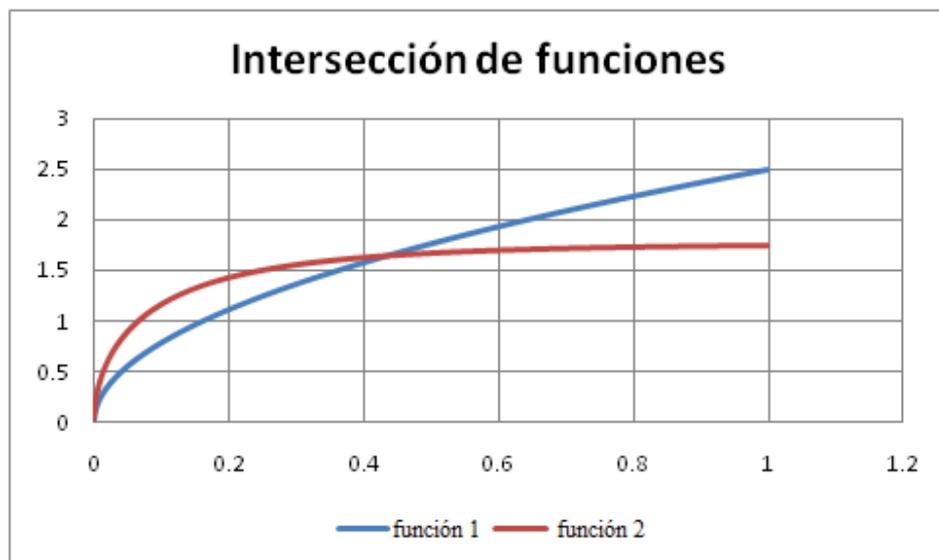
$$10^{0.25} = \left(\frac{\sqrt{[2 * \pi * N]}}{\tanh \sqrt{[2 * \pi * N]}} \right)$$

$$1,7783 = \left(\frac{\sqrt{[2 * \pi * N]}}{\tanh \sqrt{[2 * \pi * N]}} \right)$$

$$1,7783 * \tanh \sqrt{[2 * \pi * N]} = \sqrt{[2 * \pi * N]}$$

$$f1 = 1,7783 * \tanh \sqrt{[2 * \pi * N]}$$

$$f2 = \sqrt{[2 * \pi * N]}$$



GRAFICA 8.1.- Gráfica para encontrar la variable N

$$N = 0,433$$

Para un lambda de 125 Hz

$$0.433 = \frac{2*(A + B - C)}{2.752}$$

$$1.1916 = 2*(A + B - C)$$

$$0.5958 = A+B-C$$

$$0.6 = A + B - C$$

Para una altura de 3,1 m

$$A = 10.2181 \text{ m}$$

$$B = 1.6401 \text{ m}$$

$$C = 11.0291 \text{ m}$$

$$A+B-C = 0.6$$

APROXIMADAMENTE DEBE TENER 3,1 M DE ALTURA

El largo debería tener al menos el 150 % de lo que se quiere cubrir, esto para evitar transmisión por los bordes producto de la difracción.

Largo de la barrera = 9m

Para una barra finita la atenuación está dada por:

$$AT_{total} = -10 \log [10^{-AT_1/10} + 10^{-AT_2/10} + 10^{-AT_3/10}]$$

$$AT_2 = AT_3 = 18.2$$

$$AT_{total} = \mathbf{8.85 \text{ dB}}$$

altura	A	B	C	N
2.675	10.1393	1.3288	11.0291	0.319059998
2.7	10.1435	1.3454	11.0291	0.334142927
2.725	10.1477	1.3622	11.0291	0.349455925
2.75	10.1520	1.3793	11.0291	0.364992101
2.775	10.1563	1.3966	11.0291	0.3807448
2.8	10.1607	1.4142	11.0291	0.396707599
2.825	10.1652	1.4320	11.0291	0.412874306
2.85	10.1697	1.4500	11.0291	0.429238954
2.875	10.1743	1.4682	11.0291	0.445795796
2.9	10.1789	1.4866	11.0291	0.462539299
2.925	10.1836	1.5052	11.0291	0.47946414
2.95	10.1884	1.5240	11.0291	0.496565199
2.975	10.1932	1.5429	11.0291	0.513837552
3	10.1980	1.5620	11.0291	0.531276467
3.025	10.2030	1.5813	11.0291	0.548877397
3.05	10.2080	1.6008	11.0291	0.56663597
3.075	10.2130	1.6204	11.0291	0.584547989
3.1	10.2181	1.6401	11.0291	0.60260942
3.125	10.2233	1.6600	11.0291	0.62081639
3.15	10.2285	1.6800	11.0291	0.639165178
3.175	10.2338	1.7002	11.0291	0.65765221
3.2	10.2391	1.7205	11.0291	0.676274055
3.225	10.2445	1.7409	11.0291	0.695027414
3.25	10.2500	1.7614	11.0291	0.713909122
3.275	10.2555	1.7820	11.0291	0.732916136
3.3	10.2611	1.8028	11.0291	0.752045534

El material elegido para la construcción de la barrera es la lámina de acero galvanizada de 1,2 mm de espesor y 10 Kg/m² de densidad superficial.

8.2.- Anexo 2. Ordenanza Metropolitana No. 213. Registro Oficial 10 de septiembre de 2007. CAPITULO 2.



ORDENANZA METROPOLITANA N°

0213

de aceite de motor, residuos de combustibles, latas de barnices y pinturas, residuos y envases de insecticidas, destapa caños, desinfectantes, lámparas fluorescentes, entre otros.

RESIDUOS INDUSTRIALES, COMERCIALES E INSTITUCIONALES ASIMILABLES A DOMÉSTICOS (RICIA): Son los residuos provenientes de comercios, oficinas, industrias, hospitales e instituciones, así como otros residuos, que por su naturaleza o descomposición, puedan asimilarse a los residuos domésticos o domiciliarios, pero que por su volumen de generación no pueden ser entregados al servicio de recolección ordinario.

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.- Residuos domésticos, de comercios, oficinas y servicios, así como otros residuos que, por su naturaleza o descomposición, puedan asimilarse a los residuos domésticos.

**CAPÍTULO II
DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA**

**SECCIÓN I
NORMAS GENERALES**

Art. II.358.- **ÁMBITO.-** Las normas de este capítulo se aplicarán a las personas naturales y jurídicas, públicas y privadas, cuyas actividades produzcan u originen emisiones contaminantes de ruido y de vibraciones, que no estén contemplados en el Capítulo V de esta Ordenanza, provenientes de fuentes emisoras de ruido, móviles y fijas.

Art. II.359.- La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente expedirá el instructivo para el cumplimiento de este capítulo.

**SECCIÓN II
DE LA EMISIÓN DE RUIDO DE FUENTES FIJAS**

Art. II.360.- La Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito, a través de la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente, dentro de su ámbito de competencia, realizará los estudios e investigaciones necesarios para determinar:



ORDENANZA METROPOLITANA N°

0213

La planeación, los programas, reglamentos y las normas que deban ponerse en práctica para prevenir y controlar las causas de la contaminación originada por la emisión de ruido, señalando cuando proceda, zonas de restricción temporal o permanente.

Art. II.361.- Los responsables de las fuentes emisoras de ruido deberán proporcionar a las autoridades competentes la información que se les requiera, respecto a la emisión de ruido contaminante, de acuerdo con las disposiciones de este capítulo.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art. II.371.1 del presente capítulo.

Art. II.362.- Las autoridades competentes de la DMMA y Planificación Territorial, de oficio o a petición de parte, podrán señalar zonas de restricción temporal o permanente a la emisión de ruido en áreas colindantes a centros hospitalarios, o en general en aquellos establecimientos donde haya personas sujetas a tratamiento o recuperación.

Art. II.363.- En toda operación de carga o descarga de mercancías u objetos que se realicen en la vía pública, no se podrá rebasar un nivel de 55 dB(A) de las seis a las veinte horas y de 45 dB(A) de las veinte a las seis horas. Para este tipo de operaciones, los motores de los vehículos de carga deberán mantenerse apagados.

Art. II.364.- Los propietarios de los inmuebles en los que se llevan a cabo actividades que transgredan las normas técnicas de esta ordenanza, que los hayan destinado directa o indirectamente, por ocupación propia, arriendo o préstamo, a actividades no autorizadas en las ordenanzas municipales, también serán sujetos de las sanciones establecidas en el presente capítulo.

El incumplimiento de las disposiciones de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art. II.371.2 del presente capítulo.

SECCIÓN III

DE LA EMISIÓN DE RUIDO DE FUENTES MÓVILES

Art. II.365.- Se prohíbe sobrevolar aeronaves de hélice a una altura inferior a trescientos (300) metros, y de turbina a una altura inferior a quinientos (500) metros sobre el nivel del suelo en zonas habitacionales, excepto en operación

**0213**

ORDENANZA METROPOLITANA N°

de despegue, aproximación, estudio, investigación, búsqueda, rescate o en situaciones de emergencia.

Los niveles máximos de emisión de ruido producidos por las aeronaves que sobrevuelan el territorio del Distrito Metropolitano de Quito, así como la regulación de rutas, callejones de vuelo y de aproximación y operaciones, deberán estar sujetas a las normas establecidas en tratados internacionales y por las que se provean en coordinación con las autoridades competentes.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art. II.371.2., del presente capítulo.

Art. II.365.1.- Cuando debido a las características técnicas especiales de los vehículos explicitados en la Norma Técnica, no sea posible su cumplimiento, el responsable de la fuente deberá presentar, ante la entidad ambiental de control o su delegado, los justificativos técnicos de la emisión de ruido de la misma, dentro de los treinta (30) días calendario posteriores a la detección de la contravención. Dicha entidad señalará los niveles máximos permisibles de emisión de ruido, así como las condiciones particulares de uso u operación a que deberá sujetarse la fuente.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art. II.371 del presente capítulo.

Art. II.365.2.- Cuando por cualquier circunstancia, los vehículos automotores rebasen los niveles máximos permisibles de emisión de ruido definidos en la Norma Técnica de Ruido para fuentes móviles, el responsable deberá adoptar, en un tiempo no mayor de treinta (30) días calendario, las medidas necesarias con el objeto de que el vehículo se ajuste a los niveles adecuados.

Art. II.365.3.- Para efectos de prevenir y controlar la contaminación por la emisión de ruido ocasionada por motocicletas, automóviles, camiones, autobuses, tractocamiones y similares, se establecen los niveles permisibles expresados en dB(A), en la Norma Técnica aprobada por Resolución No 003 del 14 de octubre del 2005.

Art. II.365.4.- Se prohíbe realizar actividades de competencia automovilística en calles o predios sin protección acústica adecuada, y en lugares donde puedan causarse daños ecológicos, a la salud y a la propiedad privada; así mismo, queda prohibida la circulación de vehículos de competencia que no dispongan de protección acústica suficiente en zonas urbanas.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art. II.371 del presente capítulo.

**0213**

ORDENANZA METROPOLITANA N°

Art. II.365.5.- Se prohíbe en el DMQ la circulación de vehículos con escape abierto y de los automotores que produzcan ruido por el arrastre de piezas metálicas o por la carga que transporten.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art. II.371 del presente capítulo.

Art. II.365.6.- Se prohíbe la emisión de ruidos que produzcan en las zonas urbanas los dispositivos sonoros, tales como campanas, bocinas, timbres, silbatos o sirenas, instalados en cualquier vehículo, salvo casos de emergencia con la respectiva autorización de la DMMA.

Están exceptuados de esta disposición los vehículos de bomberos y policía, así como de las ambulancias, cuando realicen servicios de atención de emergencia o urgencia. La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente expedirá una circular sobre las características técnicas del dispositivo sonoro a usar.

El incumplimiento de este artículo se sancionará según lo indicado en el Art.II.371 del presente capítulo.

SECCIÓN IV**DE LAS MEDIDAS DE ORIENTACIÓN Y EDUCACIÓN**

Art. II.366.- La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente promoverá la elaboración de normas que contemplen los aspectos básicos de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido.

Art. II.367.- La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente conjuntamente con las coordinaciones ambientales zonales, elaborarán y ejecutarán los programas, campañas y otras actividades tendientes a difundir e implementar el contenido de este capítulo; y en general a la educación, orientación y difusión del problema de la contaminación originada para la emisión de ruido, sus consecuencias, y los medios para prevenirla, controlarla y abatirla.

La Unidad de Protección Ambiental de la Policía Nacional efectuará operativos de control en la vía pública.

Art. II.368.- La Dirección Metropolitana de Medio Ambiente promoverá ante las instituciones de educación superior del país, la realización de investigación científica y tecnológica sobre la contaminación originada por la emisión de ruido y formas de combatirla, así como la inclusión del tema dentro de sus programas



ORDENANZA METROPOLITANA Nº

0213

de estudio, prácticas y seminarios. Promoverá también la difusión de las recomendaciones técnicas y científicas para la prevención, disminución y control de la contaminación ambiental para la emisión de ruido, en tesis, gacetas y revistas.

SECCIÓN V

DE LA VIGILANCIA E INSPECCIÓN

Art. II.369.- La vigilancia del cumplimiento de las disposiciones del presente capítulo estará a cargo de la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente, de las Administraciones Zonales, de la Unidad de Protección Ambiental de la Policía Nacional y de las Comisarías de Salud y Ambiente.

Art. II.369.1.- La vigilancia relativa a fuentes móviles en operación se realizará directamente por los Centros de revisión técnica vehicular, en lo pertinente a la aplicación y cumplimiento de las disposiciones de este capítulo.

Art. II.369.2.- La autoridad ambiental de control que realice la medición deberá levantar el acta correspondiente debidamente motivada y fundamentada, en la que se asienten los hechos que constituyan la violación a los preceptos señalados en este capítulo.

Art. II.369.3.- Para comprobar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en este capítulo, así como de aquellas que del mismo se deriven, la entidad ambiental de control sus delegados, realizarán visitas de inspección a las fuentes emisoras de ruido y de medición en los predios colindantes.

Art. II.369.4.- Los inspectores que se designen deberán tener conocimientos técnicos en la materia y contar con los equipos para la medición de la emisión de ruido, estar debidamente identificados y levantar el acta correspondiente.

Art. II.369.5.- Los propietarios, encargados u ocupantes del establecimiento objeto de la visita, y de los predios colindantes, están obligados a permitir el acceso y dar las facilidades e informes al personal delegado para el desarrollo de su labor; el no hacerlo los hará acreedores a la sanción estipulada en el Art. II.371.1. del presente capítulo.

Art. II.369.6.- El personal delegado que practique la diligencia, hará constar en el acta correspondiente, entre otros aspectos: el detalle de las actividades sujetas a control, la información que suministren los afectados y las mediciones de ruido que se constaten durante la inspección.



ORDENANZA METROPOLITANA N°

0213

Art. II.369.7.- El acta deberá ser suscrita por el personal delegado para la inspección y por el propietario encargado u ocupante del establecimiento sujeto de control. En caso que el propietario u ocupante se negará a firmar, se hará constar en el acta una razón de este particular.

Art. II.369.8.- El personal que haya practicado la diligencia deberá remitir el informe pertinente a la autoridad que ordenó la inspección, dentro de un plazo de cinco (5) días hábiles.

Art. II.369.9.- Para efectos de este capítulo, no serán objeto de inspección las casas - habitación, salvo que exista la emisión reiterada o reincidente de ruido ambiental que justifique tal intervención.

SECCIÓN VI

DEL PROCEDIMIENTO PARA APLICAR LAS SANCIONES

Art. II.370.- La reiterada realización de actividades ruidosas producidas en casas – habitación destinadas a la vida doméstica, que molestan a los vecinos, se sancionará según lo indicado en el Art. II.371.

Art. II.370.1.- La autoridad que recepte la denuncia está obligada a mantener en reserva la identidad del denunciante, a fin de proteger su integridad y en prevención de cualquier represalia.

No obstante, en caso de que la denuncia fuera falsa, el denunciante será sancionado en concordancia con lo establecido en el Art. II.371.

Art. II.370.2.- El procedimiento a aplicarse para el juzgamiento de las infracciones administrativas que contiene este capítulo será el señalado en el Art. 398 del Código de Procedimiento Penal, y en forma supletoria, en lo que no se oponga, se aplicará el procedimiento señalado en el Código de la Salud para el juzgamiento de infracciones.

Art. II.370.3.- Para la imposición de infracciones a que se refiere este capítulo, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- a) El carácter intencional o imprudente de la acción u omisión.
- b) Las consecuencias que la contaminación origine, tomando en cuenta el daño que cause o el peligro que provoque.
- c) La actividad desarrollada por el infractor.
- d) La reincidencia en la infracción el efecto nocivo que cause.



ORDENANZA METROPOLITANA N°

0213

Art. II.370.4.- Cualquier persona podrá denunciar las infracciones en que incurran las fuentes de contaminación a que se refiere este capítulo. La comunidad podrá ejercitarse por cualquier persona ante las Comisarías de Salud y Ambiente, requiriendo para darle curso los siguientes datos:

- a) Nombre y domicilio del denunciante.
- b) Ubicación de la fuente de contaminación, indicando calle, número y ciudad, o la localización con datos para su identificación.
- c) Lapso en el que se produce la mayor emisión de ruido.
- d) Datos o clase de ruido y daños o molestias inherentes.

Art. II.370.5.- La Autoridad Competente o sus Delegados, deberán efectuar las inspecciones necesarias para la comprobación de la existencia de la contaminación denunciada, su localización, clasificación y evaluación, y procederá en consecuencia.

Art. II.370.6.- A petición del interesado, la autoridad correspondiente le informará sobre el curso de su denuncia.

SECCIÓN VII

DE LAS SANCIONES

Art. II.371.-Las infracciones a lo dispuesto en los artículos II.365.a., II.365.d., II.365.e., II.365.f., II.370 y II.370.a. se sancionarán con multa de 0,20 a 1,00 RBUM. Para los casos previstos en el artículo II.365.f, y en aquellos establecimientos que mantengan equipos o aparatos que superen los límites permitidos, la Comisaría de Salud y Ambiente y la Unidad de Protección Ambiental de la Policía Nacional, procederán al retiro inmediato de los respectivos dispositivos sonoros.

Art. II.371.1.- Las infracciones a lo dispuesto en los artículos II.361 y II.369.5. se sancionarán con multa de 0,40 a 2,00 RBUM.

Art. II.371.2.- Las infracciones a lo dispuesto en los artículos II.364, II.365, se sancionarán con multa de 0,80 a 4,00 RBUM.

Art. II.371.3.- Los casos de infracción a las disposiciones de este capítulo que no estén comprendidos en los artículos anteriores, se sancionarán con multa de

**0213**

ORDENANZA METROPOLITANA N°

0,40 a 2,00 RBUM, según los factores atenuantes o agravantes que constarán en el informe técnico resultante del trámite.

Art. II.371.4.- Los casos de reincidencias comprobadas se sancionarán con la duplicación de las multas impuestas previamente por las Comisarías Metropolitanas de Salud y Ambiente, tratándose de violaciones a las disposiciones contenidas en los artículos II.371, II.371.1, II.371.2 y II.371.3, de este capítulo.

En caso de segunda reincidencia, las Comisarías de Salud y Ambiente podrán suspender las actividades de la fuente en cuestión, clausurar al establecimiento o solicitar la prohibición de circulación del vehículo causante del problema de ruido.

Art. II.372.- DE LAS MULTAS RECAUDADAS Y SU FORMA DE COBRO.- La recaudación ingresará al Fondo Ambiental código 230, el mismo que transferirá a las Administraciones Zonales el 50% de los fondos recaudados por concepto de multas cobradas a los contraventores, para programas de educación para disminuir la contaminación acústica en la ciudad.

El Fondo Ambiental transferirá el otro 50% a la Unidad de Protección Ambiental de la Policía Nacional, previa presentación y aprobación de un proyecto relacionado con la contaminación acústica.

Las transferencias se realizarán semestralmente

SECCIÓN VIII**DE LAS DEFINICIONES**

Art. II. 372.1.- DEFINICIONES.- Para los fines de este capítulo, se entiende por:

- BANDA DE FRECUENCIAS.- Intervalo de frecuencia donde se presentan componentes preponderantes de ruido.
- DECIBEL (dB).- Unidad dimensional 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.
- DISPERSIÓN SONORA.- Fenómeno físico consistente en que la intensidad de la energía disminuye a medida que aumenta la distancia hacia la fuente.



ORDENANZA METROPOLITANA N°

0213

- FUENTE EMISORA DE RUIDO.- Toda causa capaz de emitir ruido contaminante al ambiente externo.
- FUENTE FIJA.- Se considera 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 por el suelo. La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o social.
- FUENTES MÓVILES.- Aviones, helicópteros, tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, equipo y maquinaria con motores de combustión interna, eléctricos, neumáticos, aparatos y equipos de amplificación, y similares.
- NIVEL DE PRESIÓN SONORA.- Es la relación entre la presión sonora de un sonido cualquiera y una presión sonora de referencia. Se expresa en dB. Equivale a diez veces el logaritmo decimal del cociente de los cuadrados de la presión sonora medida y la de referencia igual a veinte (20) micropascales (20 uPa).
- NIVEL EQUIVALENTE.- Es el nivel de presión sonora uniforme y constante que contiene la misma energía que el ruido producido, en forma fluctuante por una fuente, durante un período de observación.
- PRESIÓN SONORA.- Es el incremento en la presión atmosférica debido a una perturbación sonora cualquiera.
- RESPONSABLE DE LA FUENTE DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR EFECTOS DEL RUIDO.- Es toda persona física o moral, pública o privada, natural o jurídica, que sea responsable legal de la operación, funcionamiento o administración de cualquier fuente que emita ruido contaminante.
- RUIDO.- Es todo sonido indeseable que molesta o perjudica a las personas.

CAPÍTULO III

DE LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR

SECCIÓN I

DISPOSICIONES GENERALES

Art. II.373.- ALCANCE.- Las disposiciones establecidas en el presente Capítulo son de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria para

8.3.- Anexo 3. Resolución Número 0002-Dirección Metropolitana Ambiental - 2008 .

CONTROL DE RUIDO CAUSADO POR FUENTES FIJAS Y MÓVILES

Art. 8 Norma Técnica para el control de ruido causado por fuentes móviles y fijas, en Concordancia al Capítulo II De La Contaminación Acústica.

NORMA TÉCNICA PARA EL CONTROL DE RUIDO CAUSADO POR FUENTES FIJAS Y MÓVILES

1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto determinar los métodos y procedimientos para la determinación de los niveles de ruido, niveles permisibles de ruido en el ambiente provenientes de fuentes fijas, y los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.

2. ALCANCE

Están sujetos a las disposiciones de esta norma todos los emisores acústicos, públicos o Privados, fijos y móviles, salvo las siguientes exclusiones:

- a) La exposición a contaminación acústica producida en los ambientes laborales, se sujetará al Código de Trabajo y reglamentación correspondiente.
- b) Las aeronaves se regirán a las normas establecidas por la Dirección de Aviación Civil y Tratados internacionales ratificados.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito a través de la Dirección Metropolitana Ambiental podrá señalar zonas de restricción temporal (ZRT) o permanente (ZRP) en áreas colindantes a centros hospitalarios, o en general en aquellos establecimientos donde haya personas sujetas a tratamiento o a recuperación.

3.1.1 El objetivo de establecer zonas de restricción es conseguir reducir los niveles sonoros ambientales por debajo de los admisibles mediante la adopción de medidas adecuadas a cada circunstancia. Las medidas a considerarse son:

- a) Prohibir la implantación o ampliación de actividades que generen mayor impacto acústico, así como limitar el establecimiento de aquellas que podrían contribuir al mayor deterioro de la zona.
- b) Establecer un régimen de distancias para las actividades de nueva implantación respecto a las existentes, así como limitar sus condiciones de funcionamiento.
- c) Imponer medidas técnicas de obligado cumplimiento
- d) Fijar espacios de servidumbre entre la zona y su entorno colindante

3.1.2 Para establecer zonas de restricción se tendrá en cuenta las mediciones de ruido urbano, exposición de la población y estudios específicos que se efectuaren en el lugar de estudio, y en atención a petición de parte.

3.1.3 Las zonas de restricción temporal o permanente se delimitarán definiendo su extensión y las medidas determinadas para conseguir reducir los niveles sonoros ambientales.

3.2 En la aprobación de Estudios de Impacto Ambiental o Declaratorias Ambientales se tomará en cuenta medidas técnicas de control de ruido en actividades que involucren la presencia de emisores acústicos, particularmente en zonas de restricción. Además los responsables de emisores acústicos demostrarán la eficacia de las medidas técnicas destinadas a evitar perturbaciones sonoras.

3.3 Se podrá dejar temporalmente en suspenso el cumplimiento de los niveles permisibles de ruido en el ambiente en el caso de la organización de actos oficiales, de proyección cultural, religiosa o actividades cuyo objetivo sea de ayuda social, previa aprobación de la Dirección Metropolitana Ambiental, en cuyo análisis tomará en cuenta la incidencia del evento particularmente en zonas de restricción.

3.4 En el caso de emisores acústicos de uso emergente no requieren presentación de informes de monitoreo de ruido. No obstante deberán contar con evidencias que demuestren la eficacia de las medidas de insonorización y registros de mantenimiento periódicos.

4. DEFINICIONES

4.1 Contaminación acústica.- presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que origine, que impliquen molestias, riesgo o daño para las persona, para el desarrollo de sus actividades y bienes, o causen perjuicio para el medio ambiente.

4.2 Emisor acústico.- cualquier equipo, maquinaria o actividad que genere contaminación acústica.

4.3 Fuente fija.- Es aquella instalación, conjunto de instalaciones o establecimiento que posea en su interior emisores de ruido, que generen contaminación acústica.

4.4 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.

4.5 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.

4.6 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.

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

4.8 Zonas de restricción temporal o permanente.- sectores del territorio delimitados en los que se determinarán medidas para conseguir reducir los niveles sonoros ambientales por debajo de los admisibles. La temporalidad de la zona dependerá las medidas determinadas de acuerdo a cada circunstancia.

5. NIVELES MÁXIMOS PERMITIDOS

5.1 El nivel de ruido máximo permisible en fuentes fijas no podrá transgredir los horarios ni exceder los niveles máximos expresados en [dB(A)], que se fijan en la Tabla No. 1.

5.2 Los siguientes valores podrán ser actualizados en base a estudios técnicos.

TABLA 1. NIVELES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS

TIPO DE ZONA SEGÚN EL USO DEL SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE: NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección ⁽¹⁾	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple ⁽²⁾	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2 ⁽³⁾	65	55
Zona Industrial 3, 4, 5 ⁽⁴⁾	70	60

Notas:

^[1] Equipamientos se refiere al suelo destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios que posibiliten la recreación, cultura, salud, educación, transporte, servicios públicos e infraestructura. Uso de Protección Ecológica, es el suelo destinado al mantenimiento o recuperación de ecosistemas por razones de calidad ambiental y de equilibrio ecológico.

^[2] Corresponde a áreas de centralidad en las que coexisten residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados.

^[3] Industria de tipología de mediano impacto ambiental.

^[4] Industria de tipología de alto impacto, peligrosa y mixta.

5.3 El nivel de ruido máximo permisible ocasionado por motociclistas, automóviles, camiones, autobuses, tracto camiones y similares, está expresado en dB(A), y no podrá exceder los valores que se fijan en la Tabla No. 2.

TABLA 2 NIVELES PERMITIDOS DE RUIDO PARA AUTOMOTORES

CATEGORÍA DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD DEL MOTOR EN LA PRUEBA [rpm]	NPS MÁXIMO (dB[A])
Motocicletas o similares	Motocicletas, tricars, cuadrones y los vehículos de transmisión de cadena, con motores de 2 ó 4 tiempos	De 4.000 a 5.000	90
Vehículos livianos	Automotores de cuatro ruedas con un peso neto vehicular inferior a 3.500 kilos.	De 2.500 a 3.500	88

Vehículos pesados para carga	Automotores de cuatro ó más ruedas, destinados al transporte de carga, con un peso neto vehicular superior o igual a 3.500 kilogramos.	De 1.500 a 2.500	90
Buses, busetas	Automotores pesados destinados al transporte de personas, con un peso neto vehicular superior o igual a 3.500 kilos.	De 1.500 a 2.500	90

Fuente Ordenanza Metropolitana 146, Capítulo II.

Notas: rpm: revoluciones por minuto.

NPS: nivel de presión sonora.

5.4 El control de los niveles permitidos para los automotores se realizará en los Centros de Revisión y Control Vehicular y en la vía pública. En el control también se verificará que la fuente no posea bocinas neumáticas y resonadoras.

6. REQUISITOS

6.1 Los equipos de medición de ruido y sus componentes deberán poseer los debidos certificados de calibración y demostrarán respuesta adecuada antes de ser puestos en servicio.

6.2 En todo caso, los sonómetros que están siendo utilizados para las medidas de ruido podrán participar en rondas de intercomparación o en caso de no haber la disponibilidad de acceder a estas por falta de oferta del servicio podrán sujetarse a verificaciones con los equipos de la DMA. Como resultado de ello se emitirá un informe aprobando o no el uso del sonómetro sujeto a este ejercicio.

6.3 Mientras el OAE no certifique parámetros de ruido, la DMA establecerá requisitos mínimos que las entidades de medición de ruido deben cumplir para ejecutar las medidas.

6.4 La medición de ruido 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.

6.5 Una vez realizada la medición, el informe técnico tendrá el siguiente contenido:

- Identificación de la fuente fija (Nombre o razón social, responsable, dirección);
- Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de predios vecinos;
- Características de operación de la fuente fija;
- Fecha y hora en la que se realizó la medición
- Ubicación de los puntos de medición;
- Equipo de medición empleado, incluyendo marca y número de serie;
- Tiempo de medición realizada, tipo de ruido;
- Valor de nivel de emisión de ruido de la fuente fija;

- Correcciones Aplicables;
- Nombres del personal técnico que efectuó la medición;
- Descripción de eventualidades encontradas (ejemplo: condiciones meteorológicas, obstáculos, etc.);
- Cualquier desviación en el procedimiento, incluyendo las debidas justificaciones técnicas.

7. MEDICIÓN DE RUIDO DE FUENTES FIJAS

7.1 La medición del nivel de ruido de una fuente fija se realizará en el exterior del límite físico, lindero o línea de fábrica del predio o pared perimetral.

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.

7.2 En base a un sondeo de niveles de ruido en la periferia de la fuente fija, se definirán los puntos críticos (niveles más altos de presión sonora) considerando particularmente la cercanía a los emisores acústicos.

7.3 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 sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono.

7.4 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.

7.5 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.

7.6 La determinación del nivel de presión sonora equivalente NPS_{eq} puede ser provista directamente por un sonómetro integrador-promediador.

7.7 En el caso de registrarse el nivel de presión sonora equivalente en forma manual, se utilizará el procedimiento descrito en el Libro VI, Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación

Secundaria del Ministerio del Ambiente. El nivel de presión sonora continua equivalente se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$NPS_{eq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_o^2} dt \right)$$

Donde:

NPS_{eq} Nivel de presión sonora equivalente

p Presión instantánea

p_o Presión de referencia

T Tiempo de medición.

7.8 Método de corrección del nivel de presión sonora equivalente: se aplicará la corrección debida al 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 sujeta a la 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.

TABLA 3 CORRECCIÓN POR NIVEL DE RUIDO DE FONDO

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

Fuente: Texto Unificado de Legislación Secundaria, Libro VI, Anexo 5

7.9 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 tres (3) dB [A], será necesario efectuar la medición bajo las condiciones de menor ruido de fondo.

7. BIBLIOGRAFIA

- Ministerio del Ambiente del Ecuador, Texto Unificado de Legislación Secundaria. Libro VI, Anexo 5 (Edición Especial N° 2, 31/3/2003).
- Ordenanza de Zonificación que contiene el PUOS, No. 24, de 12 de junio de 2006.

8.4.- Anexo 4. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Ambiente del Trabajo. Decreto 2393

Art. 55. RUIDOS Y VIBRACIONES.

1. La prevención de riesgos por ruidos y vibraciones se efectuará 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 anti vibratorios.
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. (Reformado por el Art. 31 del Decreto 4217) 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. (Reformado por el Art. 32 del Decreto 4217) 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 de ruido y vibraciones, estarán provistos de dispositivos que impidan la transmisión de las vibraciones que generan aquellas mediante materiales absorbentes en sus anclajes y en las partes de su recorrido que atraviesen muros o tabiques.
6. (Reformado por el Art. 33 del Decreto 4217) 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 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. (Reformado por el Art. 34 del Decreto 4217) Para el caso de ruidos continuos, 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	1.25

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 exposición intermitente a ruido continuo, debe considerarse el efecto combinado 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:

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3}$$

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 período de acuerdo con la siguiente tabla:

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

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

8. 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.

(Añadido por el Art. 30 del decreto 4217) Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.

9. (Reformado por el Art. 35 del Decreto 4217) Los equipos pesados como tractores, traillas, excavadoras o análogas que produzcan vibraciones, estarán provistas de asientos con amortiguadores y suficiente apoyo para la espalda.

(Añadido por el Art. 30 del decreto 4217) Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico.