

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y  
COMPORTAMIENTO HUMANO**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“DISEÑO DE UNA CABINA DE INSONORIZACIÓN PARA EL  
CONTROL DE RUIDO EN LA PLANTA DE ASFALTO DE LA EMPRESA  
EQFALTO”**

Realizado por:

**DOMENICA ESTEFANÍA VELASTEGUI RIVERA**

Directora del proyecto:

**ING. FRANCISCO SALGADO, MSc.**

Como requisito para la obtención del título de:

**MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

Quito, Julio del 2015



## DECLARACION JURAMENTADA

Yo, DOMENICA ESTEFANIA VELASTEGUI RIVERA, con cédula de identidad # 1714190913, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Domenica Estefanía Velastegui Rivera

C.C.: 1714190913

## **DECLARATORIA DEL DIRECTOR**

### **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DISEÑO DE UNA CABINA DE INSONORIZACIÓN PARA EL CONTROL DE  
RUIDO EN LA PLANTA DE ASFALTO DE LA EMPRESA EQFALTO”**

Realizado por:

**DOMENICA ESTEFANÍA VELASTEGUI RIVERA**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**MAGISTER DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

ha Sido dirigido por el profesor

**ING. FRANCISCO SALGADO, MSc.**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Francisco Salgado

**DIRECTOR**

## **DECLARATORIA PROFESORES INFORMANTES**

### **LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**Mg. DAVID TRUJILLO OTÁNEZ**

**Mg. PABLO DÁVILA RODRIGUEZ**

Después de revisar el trabajo presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante  
el tribunal examinador

Mg. DAVID TRUJILLO OTÁNEZ

Mg. PABLO DÁVILA RODRIGUEZ

Quito, Julio de 2015

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres Jacqueline Rivera y Salomón

Velastegui por los valores inculcados y el apoyo en cada etapa de mi vida.

A mi esposo Esteban Acevedo por la motivación para cumplir con mis metas, el amor que es

mi inspiración todos los días y por apoyar cada una de mis decisiones.

A mi hermana Martina Velastegui por ser la mejor amiga y por confiar en mí siempre.

Los amo.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Francisco Salgado por su oportuna dirección durante la elaboración de mi proyecto de  
investigación.

A mis padres por confiar en mí y apoyarme.

A mi esposo Esteban Acevedo por colaborar durante el desarrollo de la investigación.

## INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>CAPITULO 1: INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. El Problema de Investigación.....	1
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.1.1.1. Diagnóstico.....	2
1.1.1.1. Pronóstico.....	3
1.1.1.2. Control Pronóstico.....	4
1.1.2. Objetivo General .....	4
1.1.3. Objetivos Específicos .....	4
1.1.4. Justificación.....	5
1.2. Marco Teórico.....	5
1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema.....	9
1.2.1.1. Potencia Sonora.....	13
1.2.1.2. Presión Sonora.....	14
1.2.1.3. Ruido Equivalente .....	16
1.2.1.4. Control de Ruido .....	17
1.2.1.5. Confinamiento.....	20
1.2.1.6. Propagación del ruido en campo abierto .....	22
1.2.1.7. Diseño de Cabinas .....	23
1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica.....	27
1.2.3. Hipótesis.....	28
1.2.4. Identificación y caracterización de variables .....	28
<b>CAPITULO II: MÉTODO .....</b>	<b>29</b>
2.1. Metodología para el cálculo del nivel de potencia sonora y la potencia sonora.....	29
2.2. Metodología para evaluar el ruido producido por el generador en las diferentes áreas de la empresa.....	31
2.3. Metodología para el diseño del sistema de confinamiento para el generador. ....	34
<b>CAPITULO III: RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
3.1. Presentación y análisis de resultados.....	38
3.1.1. Determinación del nivel de potencia sonora del generador.....	38

3.1.2. Evaluación del ruido laboral producido por el generador en las diferentes áreas de la empresa .....	40
3.1.3. Evaluación del ruido ambiental producido por el generador.....	41
3.2. Aplicación práctica.....	42
3.2.1. Diseño del sistema de confinamiento para el generador. ....	42
<b>CAPITULO IV: DISCUSIÓN</b> .....	54
4.1. Conclusiones .....	54
4.2. Recomendaciones.....	54
5. Bibliografía.....	56
6. Anexos.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Valores por frecuencia con filtro de ponderación A. ....	8
<b>Tabla 2:</b> Niveles acústicos y valores normalizados de referencia. ....	12
<b>Tabla 3:</b> Nivel de Potencia Sonora medido en varias fuentes acústicas. ....	14
<b>Tabla 4:</b> Pérdida por transmisión de los materiales.....	27
<b>Tabla 5:</b> Información del Sonómetro integrador CESVA. ....	29
<b>Tabla 6:</b> Niveles sonoros y tiempos de exposición. ....	32
<b>Tabla 7:</b> Niveles máximos permitidos de ruido para fuentes fijas. ....	33
<b>Tabla 8:</b> Colores de identificación de los niveles de presión sonora para cada distancia de 2 a 20 metros.....	34
<b>Tabla 9:</b> Pérdidas por transmisión del tool y el poliestireno expandido y la diferencia entre ellos. ....	35
<b>Tabla 10:</b> Medición 1 en la parte frontal del generador. ....	38
<b>Tabla 11:</b> Medición 2 a un lado del generador.....	38
<b>Tabla 12:</b> Nivel de potencia sonora del generador (NWS).....	39
<b>Tabla 13:</b> Potencia sonora del generador (W).....	39
<b>Tabla 14:</b> Propagación del ruido laboral en las distancias de 2 a 6 metros. ....	40
<b>Tabla 15:</b> Propagación del ruido ambiental en las distancias de 6 a 20 metros. ....	41
<b>Tabla 16:</b> Pérdida por transmisión del tool. ....	43
<b>Tabla 17:</b> Pérdida por transmisión de la losa de hormigón. ....	44
<b>Tabla 18:</b> Pérdida por transmisión del ladrillo macizo.....	44
<b>Tabla 19:</b> Área necesaria de los materiales para construir la cabina de insonorización.....	46
<b>Tabla 20:</b> Pérdida por transmisión entre tool y poliestireno expandido.....	47
<b>Tabla 21:</b> Pérdida por transmisión entre tool+poliestireno expandido y aire.....	47
<b>Tabla 22:</b> Pérdida por transmisión entre tool+poliestireno expandido+ aire y losa de hormigón. ....	48

<b>Tabla 23:</b> Pérdida por transmisión entre tool+poliestireno expandido+aire+losa de hormigón y ladrillo macizo enlucido.....	48
<b>Tabla 24:</b> Cálculos para el diseño de la cabina de insonorización.....	49
<b>Tabla 25:</b> Propagación de los niveles de presión sonora en el rango de 2 a 20 metros de distancia del generador, con la cabina de insonorización.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Comportamiento de las ondas planas.....	7
<b>Figura 2:</b> Comportamiento de las ondas esféricas.....	7
<b>Figura 3:</b> Nivel de presión sonora en decibelios o micropascales.....	16
<b>Figura 4:</b> Factores de direccionalidad.....	22
<b>Figura 5:</b> Grupo electrógeno y sus elementos.....	24
<b>Figura 6:</b> Pérdida por transmisión.....	25
<b>Figura 7:</b> Sonómetro integrador CESVA.....	29
<b>Figura 8:</b> Puntos de medición.....	30
<b>Figura 9:</b> Curva para el cálculo de la pérdida por transmisión resultante al considerar la superficie de los materiales diferentes.....	36
<b>Figura 10:</b> Pérdida por transmisión del poliestireno (espuma flex).....	43
<b>Figura 11:</b> Planta general de la cabina de insonorización.....	45
<b>Figura 12:</b> Fachada frontal de la cabina de insonorización.....	46
<b>Figura 13:</b> Fachada posterior de la cabina de insonorización.....	46
<b>Figura 14:</b> Valores obtenidos y límite permisible para el criterio de seguridad y salud ocupacional..	51
<b>Figura 15:</b> Valores obtenidos y límites permisibles para el criterio ambiental.....	52



## **RESUMEN EN ESPAÑOL**

La planta de asfalto de la empresa EQFALTO, emplea para su funcionamiento un generador eléctrico, el mismo que es representado a la principal fuente de ruido. La propagación del ruido produce todos los puestos de trabajo estén expuestos a ruido laboral, e inclusive se presenta un problema de ruido ambiental. Los niveles de presión sonora en tanto de ruido laboral como ambiental no están dentro de los parámetros establecidos en legislación ecuatoriana vigente.

El control diseñado para el generador eléctrico, es la instalación de una cabina de insonorización, la misma que va a estar constituida por materiales cuya característica va a ser la pérdida por transmisión de los niveles de presión sonora producidos.

Mediante la elaboración de mapas de ruido, tomando en cuenta un rango de distancia de 2 a 20 metros con respecto del generador y el nivel de presión sonora, se definió que de 2 a 6 metros se va a considerar el ruido laboral, debido a que en este rango se encuentran todos los trabajadores. Mientras que de 6 a 20 metros se ha considerado como ruido ambiental.

La atenuación del ruido tanto laboral como ambiental va a ser de 17 dB (A). Con la presencia de la cabina de insonorización permite que el ruido laboral y ambiental cumpla con lo que establece la legislación vigente en el país.

**PALABRAS CLAVES:** Insonorización.



# **CAPITULO 1: INTRODUCCION**

La empresa EQFALTO se dedica principalmente a la pavimentación de vías. Para realizar esta actividad de manera independiente, se ha instalado una planta de asfalto ubicada en la avenida Simón Bolívar. La administración, operación de la planta y actividades complementarias las realizan diez trabajadores en jornadas de ocho horas.

La planta tiene un área total de 1.021,50 metros cuadrados en donde se distribuyen, la oficina, laboratorio de calidad, taller de mecánica, cabina de operación, planta productora de asfalto y tanques de almacenamiento de diesel. Para el funcionamiento de la planta es necesario un generador de 183 kW, el mismo que representa a la principal fuente generadora de ruido.

El generador está ubicado dentro del cubeto de los tanques de almacenamiento de diesel, este cubeto está en la parte central de área total de la planta permitiendo la propagación del ruido. La bodega, el laboratorio de calidad y el taller de mecánica, son los puestos de trabajo que se encuentran directamente expuestos al ruido del generador. En estos se encuentra distribuido el 60% de los trabajadores.

## **1.1. El Problema de Investigación**

¿Cómo influencia a la reducción de ruido el diseño de una cabina de insonorización para un generador en la Planta de Asfalto de la empresa EQFALTO?

### **1.1.1. Planteamiento del Problema**

La industrialización de los procesos ha producido que los puestos de trabajo estén expuestos a ruido. El ruido se propaga con tal facilidad que, se considera una de las principales molestias en los centros de trabajo, produciendo en el trabajador trastornos físicos y psíquicos considerables (Henao, 2007, p. 1).

La ubicación del generador que se emplea para poner en funcionamiento la planta de asfalto permite que el ruido se propague a todas las áreas, principalmente hacia el laboratorio de calidad, la bodega y el taller de mecánica, pero no se descarta que los trabajadores de otras áreas también estén afectados.

Mediante el desarrollo de este proyecto se pretende diseñar una cabina de insonorización para controlar el ruido producido por el generador que se utiliza para el funcionamiento de la planta de asfalto y mejorar el medio ambiente de trabajo.

El Plan Nacional del Buen Vivir, en su política 9.3 señala que se debe “Establecer los mecanismos que aseguren entornos laborales accesibles y que ofrezcan condiciones saludables y seguras, que prevengan y minimicen los riesgos del trabajo”, justificando el desarrollo de presente estudio.

#### **1.1.1.1. Diagnóstico**

Desde la instalación de la planta de asfalto ha sido necesario contar con un generador de 183 kW., el mismo que se utiliza para el funcionamiento de la planta.

Una de las materias primas principales para la producción de asfaltos es el diesel, es así que se cuenta con seis tanques de almacenamiento de diesel con capacidades de 1.800 a 3.500 galones de diesel, ubicados dentro de un cubeto para posibles derrames, localizado en medio del predio de la planta.

Dentro del mismo cubeto se encuentra el generador de energía eléctrica para la planta. La ubicación se ha designado así con el fin de cumplir los requerimientos técnicos, que establecen la necesidad de construir un cubeto de contención de derrames para generadores.

Esta ubicación del generador, aporta a que el ruido se propague hacia todas las áreas de trabajo, siendo las más afectadas la bodega, el taller de mecánica y el laboratorio de calidad.

La actividad principal de la planta es la producción de asfalto, de tal manera que mientras esté en funcionamiento, el generador permanecerá encendido y produciendo ruido durante toda la jornada laboral, afectando a los trabajadores.

### **1.1.1.2. Pronóstico**

El hecho de no implementar el diseño de una cabina de insonorización para el generador de la planta de asfalto, conlleva a mantener un ambiente de trabajo inseguro y a la aparición de futuros trastornos auditivos y psíquicos en los trabajadores, así como también el incumplimiento con los niveles permisibles de ruido de acuerdo a la legislación ambiental vigente.

### **1.1.1.3. Control Pronóstico**

Mediante el diseño de la cabina de insonorización para controlar el ruido producido por el generador que se utiliza para el funcionamiento de la planta de asfalto, se implementará una medida de control que mejore el medio ambiente de trabajo.

### **1.1.2. Objetivo General**

Diseñar una cabina de insonorización para el control de ruido en la planta de asfalto de la empresa EQFALTO.

### **1.1.3. Objetivos Específicos**

- Determinar el nivel de potencia sonora del generador.
- Evaluar el ruido laboral producido por el generador en las diferentes áreas de la empresa.
- Evaluar el ruido ambiental producido por el generador.
- Diseñar un sistema de confinamiento para el generador.

### **1.1.4. Justificación**

Mediante el diseño de la cabina de insonorización se busca controlar el ruido que produce el generador durante la jornada laboral. Específicamente, el establecer una medida de control para la fuente, que indique cuales son los materiales y las dimensiones para construir una cabina, que reducirá los niveles de presión sonora producidos por el generador.

## **1.2. Marco Teórico**

Uno de los factores de riesgo más comunes y presentes en los centros de trabajo es el ruido, el mismo que es generado por la tecnificación de procesos para los cuales se implementan máquinas, equipos o herramientas que son las fuentes principales de generación de ruido al que están expuestos los trabajadores.

Falagán (2008), señaló que “el ruido como un conjunto de sonidos ininteligibles y no coordinados cuya sensación resulta desagradable y que además interfiere en la actividad humana” (p. 581).

Los problemas que generan ruido están constituidos de factores involucrados, el foco productor, que se refiere a la fuente generadora del ruido; medio de transmisión, que es la vía por donde se va a propagar el ruido y por último el receptor que es será el oído humano (Gómez, 2008, p.275).

La planificación implica que el diseño de la máquina o equipo considere las medidas preventivas para la generación del ruido, caso contrario el propio diseñador es el responsable

de informar de las medidas preventivas que deberán emplearse al ocupar dicha maquina o equipo.

Cuando se quieren implementar las medidas preventivas en la fuente y en medio de transmisión, se debe considerar una inversión por parte de la empresa para aislar el proceso o la máquina, y por último la dotación de equipo de protección personal, que es la medida más aplicada en la actualidad, sin considerar las medidas preventivas anteriormente mencionadas (Gómez, 2008, p. 273; Bernal, 2006, pp. 223 – 224).

Los fundamentos teóricos de la acústica se mencionan a continuación y se consideran de mucha importancia para realizar el presente estudio.

**Sonido:** Se refiere a la perturbación que se va a propagar por medio de ondas, a través de un medio elástico. Esta propagación tiene como característica producir variaciones de presión, las mismas que serán perceptibles por el oído humano (Dattwyler, 2013, p.6).

**Ondas Sonoras:** Son aquellas que se producen por las variaciones de presión bajo o sobre el nivel de presión atmosférica (Dattwyler, 2013, p.6). Existen diversos tipos de ondas, las ondas planas y las ondas esféricas. Las ondas planas son aquellas en las que la dirección de propagación en todos los sentidos es igual, como se indica en la figura 1 (Dattwyler, 2013, p.6).

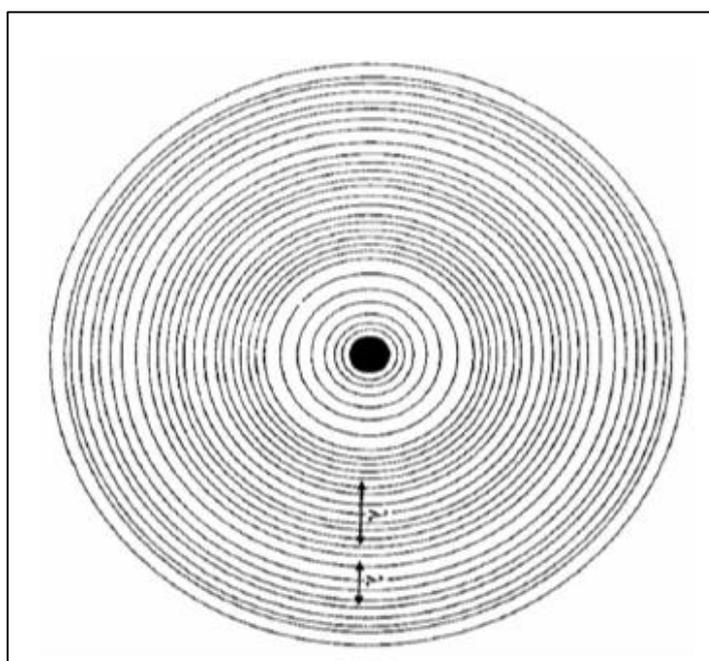
**Figura 1:** Comportamiento de las ondas planas.



**Fuente:** Dattwyler, 2013, p.8.

Las ondas esféricas aquellas producidas por fuentes sonoras con un comportamiento de ondas esféricas concéntricas, tal y como se demuestra en la figura 2.

**Figura 2:** Comportamiento de las ondas esféricas.



**Fuente:** Dattwyler, 2013, p. 8.

**Decibel:** El decibel se utiliza para medir en el caso de niveles, por ejemplo el nivel de presión sonora, especificando que es un valor referencial (Dattwyler, 2013, p.8).

**Decibel Ponderado A:** Con el fin de poder percibir las distintas frecuencias, es necesario ponderar las unidades. Este nivel sonoro debe ser medido con un filtro previo de ponderación A. En la tabla 1 se indican los valores en cada frecuencia tomados con un medidor con filtro (Dattwyler, 2013, p.9).

**Tabla 1:** Valores por frecuencia con filtro de ponderación A.

Frecuencia (Hz)	Curva A (dB)	Frecuencia (Hz)	Curva A (dB)
10	-70,4	500	-3,2
12,5	-63,4	630	-1,9
16	-56,7	800	-0,8
20	-50,5	1000	0
25	-44,7	1250	0,6
31,5	-39,4	1600	1,0
40	-34,6	2000	1,2
50	-30,2	2500	1,3
63	-26,2	3150	1,2
80	-22,5	4000	1,0
100	-19,1	5000	0,5
125	-16,1	6300	-0,1
160	-13,4	8000	-1,1
200	-10,9	10000	-2,5
250	-8,6	12500	-4,3
315	-6,6	16000	-6,6
400	-4,8	20000	-9,3

Fuente: Dattwyler, 2013, p. 18.

Las medidas con filtro de ponderación A son valores que resultan del promedio entre todas las frecuencias del sonido medido (Dattwyler, 2013, p.10).

**Velocidad del Sonido:** Velocidad con la que se propagan las ondas sonoras, de tal manera que son percibidas por el cerebro. Mediante la ecuación 1, se puede obtener la velocidad del sonido (Dattwyler, 2013, p.11).

$$C = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

$C$ : Velocidad del Sonido

$r$ : Coeficiente de dilatación adiabática =  $C_p / C_v = 1,4$  para el aire.

$R$ : Constante de los gases =  $8,31$  (J/mol °K).

$M$ : Masa de 1 mol en Kg/mol =  $0,0288$  Kg/mol para el aire.

$T$ : Temperatura absoluta (°K).

**Difracción del Sonido:** Es el cambio en la propagación de una onda, al chocar con un obstáculo y cambiar de dirección (Dattwyler, 2013, p.19).

**Reflexión del Sonido:** Es el cambio de la forma de una onda esférica originada en una fuente en forma de rayos perpendiculares (Dattwyler, 2013, p.19).

### 1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema

La naturaleza del sonido se denomina como la perturbación que se propaga a través de un medio elástico, que generalmente es el aire. A través del aire, dichas perturbaciones se presentan como fluctuaciones de presión (Mester, 2008, p.1).

La potencia, intensidad y presión sonora, establecen que, para que exista propagación de una onda sonora es necesario tener presente una fuente generadora con una potencia sonora específica (Mester, 2008, p. 3).

La potencia sonora es una característica constante de la fuente, la intensidad acústica es la energía emitida por la fuente en la unidad del tiempo que atraviesa una superficie. La potencia y la intensidad se encuentran relacionadas directamente, su relación se expresa en la ecuación 2 (Mester, 2008, p. 3):

$$I_a = \frac{W_a}{S} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

$I_a$ : Intensidad acústica

$W_a$ : Potencia acústica

$S$ : Superficie

En el caso de que la fuente emita ondas en varias direcciones, la intensidad sonora determinada distancia, se expresa en la ecuación 3.

$$I_a = \frac{W_a}{4\pi r^2} \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde:

$r$ : distancia de la fuente

La intensidad sonora varía con la distancia, y se relaciona con la presión acústica, y la ecuación que la define es (Mester, 2008, p. 4):

$$I_a = \frac{Pa^2}{\rho c} \quad [\text{Ec. 4}]$$

Dónde:

$Pa^2$ : Presión sonora al cuadrado.

$\rho$ : densidad del aire

$c$ : velocidad del sonido

El oído humano puede detectar intensidades sonoras en un margen muy amplio. Esto conlleva a utilizar cifras muy elevadas, y con el fin de evitarlo, se aplica una escala logarítmica o los llamados decibelios (Mester, 2008, p. 4).

El decibelio está definido como diez veces el logaritmo decimal de dos magnitudes, expresado en la ecuación 5.

$$N = 10 \log \frac{M_1}{M_2} \text{ dB} \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde:

$N$ : nivel en decibeles.

$M_1$  y  $M_2$ : magnitudes homogéneas.

Las fórmulas empleadas para determinar los niveles de intensidad, potencia y presión Sonora, se presentan en la tabla 2 con sus constantes (Mester, 2007, p. 5).

**Tabla 2:** Niveles acústicos y valores normalizados de referencia.

NOMBRE	ECUACION	CONSTANTE
Nivel de Presión Sonora	$NPS = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$	$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$
Nivel de Potencia Sonora	$NWS = 10 \log \frac{W}{W_0}$	$W_0 = 10^{-12} \text{ watt}$
Nivel de Intensidad Sonora	$NIS = 10 \log \frac{I}{I_0}$	$I_0 = 10^{-12} \text{ watt/m}^2$

Fuente: Mester, 2007, p. 5.

Para determinar el efecto de dos o más fuentes sonoras que están en funcionamiento simultáneamente, se realiza una suma de logaritmos, empezando por calcular los antilogaritmos de cada frecuencia, se suma y la respuesta se expresara en logaritmos (Mester, 2007, p. 7 – 8). La ecuación 6 expresa la suma de niveles es:

$$N_{\text{total}} = 10 \log \sum_{i=1}^n \text{antilog} \frac{L_i}{10} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad [\text{Ec. 6}]$$

Donde:

$L_i$ : Niveles individuales.

Con el fin de simular la percepción real del oído humano, para realizar las mediciones con el sonómetro se emplea un filtro con diferente ponderación, según la necesidad. Existen tres redes de ponderación (Mester, 2007, p. 16 – 17):

- A: 40 fones y corrige frecuencias altas y bajas.
- B: 70 fones y rectifica frecuencias bajas.
- C: Respuesta lineal.

### 1.2.1.1. Potencia Sonora

Gómez (2008), señaló que la potencia sonora es “la cantidad de energía acústica que emite una fuente sonora en la unidad de tiempo” (p. 279). Esta característica de la fuente sonora viene expresada en vatios (W), y debe estar presente en la etiqueta de información de toda máquina y equipo.

La potencia sonora oscila entre 10 -12 vatios y los 10 kilovatios. Esta energía que genera la fuente sonora se propaga a través del centro de trabajo y conforme se aleja, va disminuyendo el ruido (Falagán, 2008, p. 585).

En los centros de trabajo generalmente existen varias fuentes sonoras a las que están expuestos los trabajadores; determinándose que la fuente con mayor potencia sonora va a ser la que prevalezca sobre las fuentes de menor potencia sonora (Gómez, 2008, p.279).

Debido al amplio margen de variaciones de la potencia sonora, para la evaluación de ruido utiliza el Nivel de Potencia Sonora ( $L_w$ ) y se aplica la ecuación 7 (Gómez, 2008, p.279):

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad [\text{Ec. 7}]$$

Donde:

$L_w$ : Nivel de Potencia Sonora expresada en decibelios (dB).

$W$ : Potencia en vatios.

$W_0$ : Potencia sonora referencial (10 -12 vatios).

Con el fin de estimar la magnitud de los problemas generados por el ruido presente en los centros de trabajo, se aplica la ponderación A (dB A), expresada en decibelios (Gómez,

2008, pp. 279 – 280). En la tabla 3 se expresan ejemplos de los niveles de potencia sonora de diversas fuentes de ruido. El cálculo del nivel de potencia sonora se calcula empleando la ecuación 8.

$$NWS = NPS(d) - 20Log(d) - 11 \text{ dB} \quad [\text{Ec.8}]$$

**Tabla 3:** Nivel de Potencia Sonora medido en varias fuentes acústicas.

Potencia (W)	Nivel de Potencia Sonora. (dB)	Fuente
100.000.000	200	Motor de un Cohete
10.000	160	Motor de un avión turbojet
1.000	150	
100	140	Aeroplano ligero en crucero
10	130	
1	120	
0.1	110	Tractor oruga 150Hp
0.01	100	Motor eléctrico 100Hp. 2600rpm
0.001	90	
0.0001	80	Aspiradora
0.00001	70	Gaita Escocesa
0.000001	60	
0.0000001	50	
0.00000001	40	Habla susurrada
0.000000001	30	

Fuente: Dattwyler, 2013, p.16.

### 1.2.1.2. Presión Sonora

Existen varios conceptos de la presión sonora, uno de ellos lo establece Gil-Carcedo, et al (2008) donde indica que “es la fuerza que posee la onda sonora al llegar al receptor” (p. 18), sin embargo, un concepto más claro.

Desde el punto de vista físico lo establece Falagán (2008) menciona que es “la variación de la presión atmosférica en un punto como consecuencia de la propagación a través del aire de una onda sonora” (p.586), y por último Henao (2007), menciona que “es la característica que permite oír un sonido a mayor o menor distancia” (p.13). Los tres conceptos que se toman en cuenta, en conjunto definen lo que representa la presión sonora.

Según la intensidad, los sonidos pueden ser débiles o fuertes, de tal manera que se pueden establecer las presiones sonoras audibles del umbral de audición 200 pascales hasta el umbral de dolor que representan  $2 \cdot 10^{-6}$  pascales (González et al, 2006, pp. 780 – 781).

La escala de niveles de presión sonora es muy amplia como se observa en la figura 3, y por tal motivo, se utiliza la escala logarítmica de decibelios, con el fin de reflejar variaciones grandes en pequeñas variaciones numéricas. Es así que se emplea el Nivel de Presión Sonora, expresada en decibelios y definida en la ecuación 9:

$$L_p = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 \quad [\text{Ec. 9}]$$

Donde:

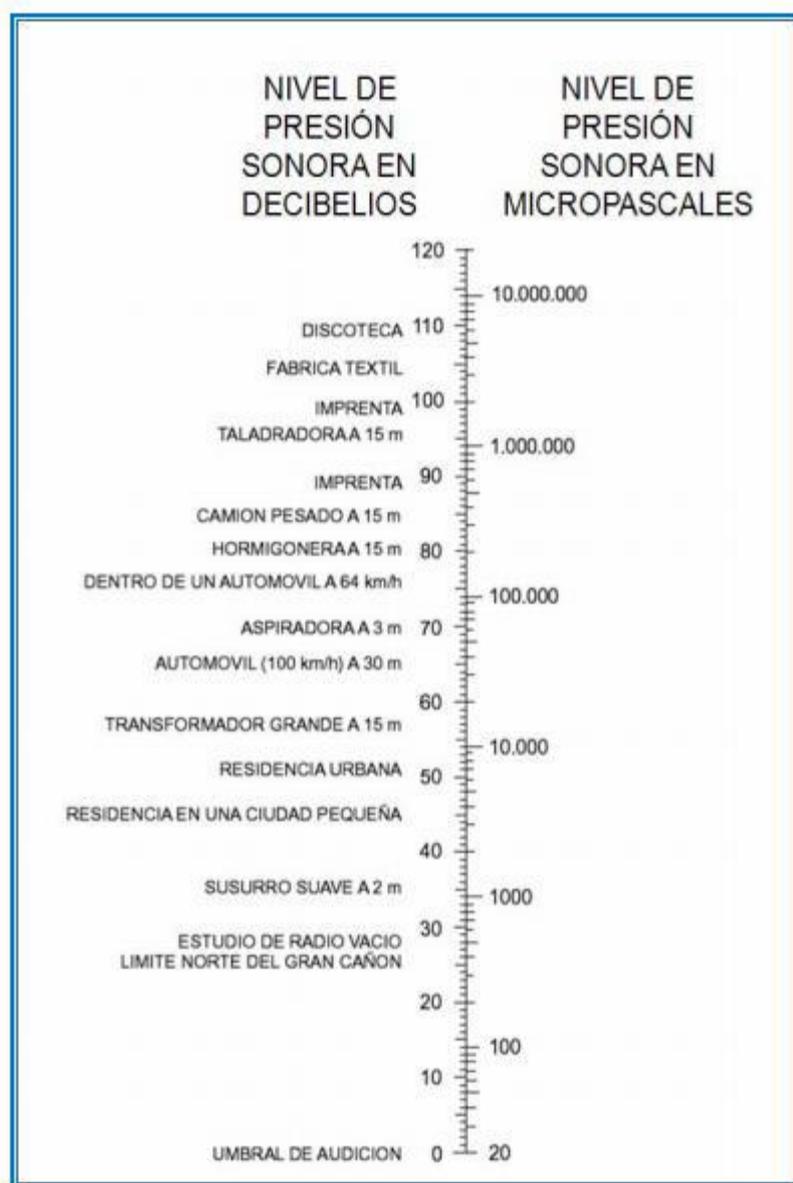
$L_p$  = Nivel de Presión Sonora

$P$  = Presión Sonora (Pa).

$P_0$  = Presión referencial ( $20 \cdot 10^{-6}$  Pa).

La medición de presión sonora se realiza con un sonómetro convencional, sonómetro integrador o un dosímetro.

**Figura 3:** Nivel de presión sonora en decibelios o micropascales.



**Fuente:** Dattwyler, 2013, p.13.

### 1.2.1.3. Ruido Equivalente

La determinación del ruido en los ambientes laborales se conceptualiza como el nivel de ruido equivalente diario, en el cual, el tiempo se establece en 8 horas, independientemente de la duración de la jornada laboral o el tiempo de exposición (Méndez, 2009, pp. 263-264).

La medición del nivel de ruido equivalente diario también se establece tomando en cuenta la ponderación A, y para su cálculo se aplica la ecuación 10.

$$L_{eq} = NPS - \text{Atenuación} \quad [\text{Ec. 10}]$$

Donde:

*NPS*: Nivel de presión sonora.

#### **1.2.1.4. Control de Ruido**

La aplicación de medidas de control de ruido, con frecuencia requieren de grandes inversiones técnicas y económicas. Para el control de ruido, se debe partir de un análisis constituido por la fuente emisora, la trayectoria del ruido y las características del receptor y su entorno (Méndez, 2009, p. 308).

En los puestos de trabajo donde se superen los límites permisibles, es necesario implementar un programa de medidas de control de ruido. Estas medidas pueden ser técnicas y organizativas (Gil-Carcedo. et al, 2008, p.828).

Las medidas técnicas tienen como objetivo disminuir la generación y propagación del ruido, mientras que las medidas organizativas van a ser aquellas que van a disminuir el tiempo de exposición al ruido de los trabajadores (Gil-Carcedo. et al, 2008, p. 282).

## **Medidas Técnicas de Control**

### **- Reducción de ruido en la fuente**

Esta medida de control es la primera acción que debe considerarse al momento de minimizar el ruido, de tal manera que su efectividad va a mejorar las condiciones de los ambientes de trabajo (Méndez, 2009, p.309).

Para reducir el ruido en la fuente, se van aplicar las siguientes medidas de control: distribución en el local de trabajo de las máquinas y equipos, caracterización de las máquinas y equipos con nivel de ruido bajo, implementación de procesos de trabajo menos ruidosos y establecer un programa de mantenimiento de maquinarias (Gil-Carcedo. Et al, 2008, pp. 829 – 831).

### **- Control de ruido en el medio de transmisión**

En el momento en que se transmiten las ondas desde la fuente generadora hasta el receptor, se presentan fenómenos que puede aportar de manera positiva a la reducción de la intensidad del ruido al que está expuesto el trabajador (Méndez, 2009, p. 310).

El ruido puede transmitirse por medio del aire y de estructuras del edificio (Gil-Carcedo. et al, 2008, p. 832). Las medidas de control que pueden tomarse en cuenta para ser implementadas en el medio de transmisión son: el comportamiento acústico de los materiales, colocación de materiales aislantes, materiales absorbentes, control de ruido aéreo, construcción de cerramientos, pantallas, cabinas de insonorización (Gil-Carcedo. et al, 2008, pp. 832 – 834).

### **- Control de ruido en el receptor**

Una vez que los sistemas de control adoptados tanto en la fuente como en el medio de transmisión no resultan suficientes para reducir la exposición a ruido en el lugar de trabajo, se

debe proveer al trabajador de dispositivos de protección auditivos, ya sean tapones auditivos u orejeras (Henao, 2007, p. 65 – 69).

Para la selección adecuada de protectores auditivos se aplican criterios que se mencionan a continuación (Méndez, 2009, pp. 310 – 312):

- Protector de marca certificada.
- Atenuación acústica suficiente.
- Comodidad cuando se utilice.
- Condiciones del ambiente de trabajo.
- Problemas de salud del receptor.
- Uso de otros equipos de protección.

### **Medidas de Control Organizativas**

Gil-Carcedo. et al (2008), mencionan que “el nivel diario equivalente que recibe un trabajador depende tanto del nivel de ruido como del tiempo de exposición” (p. 835).

Las medidas técnicas buscan reducir el ruido en el local de trabajo, mientras que las medidas organizativas buscan reducir la exposición al ruido y son aquellas que se pueden implementar con mayor facilidad y son de bajo costo (Gil-Carcedo, 2008, p. 835).

Dentro de las medidas organizativas que se pueden tomar en cuenta están: la limitación del número de trabajadores expuestos, la rotación de los trabajadores en el puesto de trabajo y las pausas programadas en ambientes silenciosos (Gil-Carcedo, 2008, pp. 835 – 836).

### 1.2.1.5. Confinamiento

La información obtenida para establecer la descripción de este concepto se basa en el aislamiento que es un sinónimo del confinamiento. Cuando se habla de controles en la fuente, una de las medidas que se aplican comúnmente es encerrar a la fuente generadora del ruido en una cabina (Henaó, 2007, p. 64).

Se tiene en cuenta que la aislación sonora, es la acción de disminuir el nivel sonoro, al interponer entre la fuente y el receptor una barrera física en el trayecto de la vía de propagación (Gimenes, 2012, p. 132).

Una cabina de insonorización, se va a construir con el criterio de colocar las paredes lo más cerca posible de la fuente. Dichas paredes deben estar constituidas por material aislante, el mismo que producirá la pérdida por transmisión (Henaó, 2007, p. 64).

Para aislar el ruido, se aplicaran las siguientes consideraciones:

- a) Ley de Masa Acústica, que condiciona de la siguiente manera:
  - Al duplicar la masa de las paredes, el aislamiento aumenta en 6 decibelios.
  - Al duplicar la frecuencia del sonido, también se logra aumentar el aislamiento en 6 decibelios.
- b) La reducción de la transmisión se afecta cuando en la envoltura existen grietas que servirán para ventilación de la maquina o equipo (Henaó, 2007, P. 65).
- c) Se han de seleccionar los materiales de la cabina de tal manera que estos no sean afectados por las ondas sonoras y generen vibraciones, que podrían generar un nuevo riesgo.
- d) Una vez que se ha evaluado la posibilidad de encerrar a la fuente, y se ha determinado que no es posible, la alternativa para proteger al receptor es la construcción de una cabina

donde va a estar el trabajador. Otra alternativa será instalas pantallas constituidas de material absorbente con el fin de atenuar el ruido (Henao, 2007, p. 65).

La instalación de las cabinas de insonorización, van a implementar en la fuente, cuando el área de los procesos es muy extensa y existen más maquinarias a su alrededor (González, 2006, p.832).

El índice de reducción acústica “R” define las propiedades aislantes para cada frecuencia, se expresa en decibelios, y mediante la aplicación de la ecuación presente se puede determinar con la ecuación 14 (Gimenes, 2012, p. 132).

$$R = 10 \log \frac{1}{t} \text{ dB} \quad [\text{Ec. 14}]$$

Donde:

*t*: coeficiente de transmisión.

En el caso de que el aislamiento este compuesto de varios materiales la ecuación que se va a emplear es:

$$R = -10 \log \left( \sum_{i=1}^n S_i * 10^{-0,1-R_i} \right) \quad [\text{Ec. 15}]$$

Donde:

*S<sub>i</sub>*: es el coeficiente de absorción sonora en la banda de tercio de octava iésima.

*R<sub>i</sub>*: es el nivel de presión sonora en dB, compensado según la curva A en la banda de tercio de octava iésima

### 1.2.1.6. Propagación del ruido en campo abierto

El ruido generado por una fuente se propaga o distribuye en todas direcciones, se denomina a la propagación en campo abierto.

En campo libre una potencia sonora a determinada distancia, produce un nivel de presión sonora, y para su cálculo se emplea la ecuación 16.

$$NPS = NWS - 20 \log r - 11 - A + Di \quad [\text{Ec. 16}]$$

Donde:

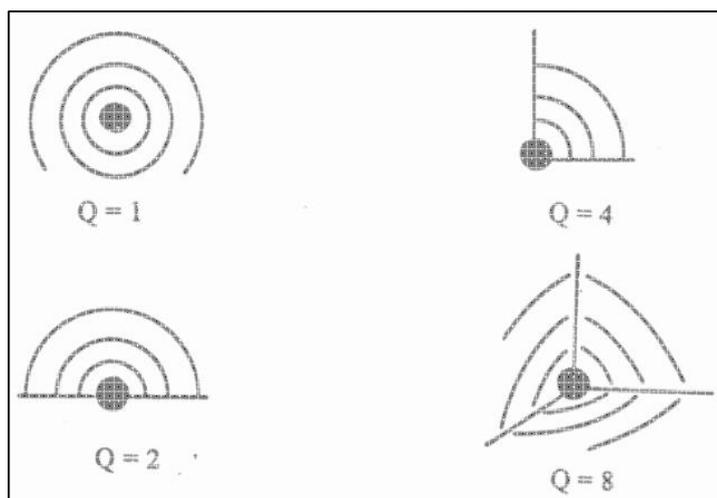
$A$ : exceso de atenuación por condiciones ambientales.

$Di$ : índice de direccionalidad, se calcula con la ecuación 17.

$$Di = 10 \log Q \quad [\text{Ec. 17}]$$

$Q$ : factor de direccionalidad definido para cada frecuencia.

**Figura 4:** Factores de direccionalidad.



Fuente: Mester, 2007, p.22.

Los factores de direccionalidad dependen de donde está situada la fuente, en el centro, sobre una superficie, intersección de dos planos y en la intersección de tres planos, como se observa en la figura 1 (Mestre, 2008, p. 21).

De acuerdo a la ecuación 18, la variación teórica tomando del NPS tomando en cuenta la distancia, para una fuente en una dirección se expresa en la ecuación 18.

$$Nps_2 = NPS_1 - 20 \log \left( \frac{r_2}{r_1} \right) - \Delta A \quad [\text{Ec. 18}]$$

Donde:

$r_2, r_1$ : distancia de la fuente  $r_2 > r_1$

$NPS_1, NPS_2$ : nivel de presión sonora a las distancias  $r_1$  y  $r_2$

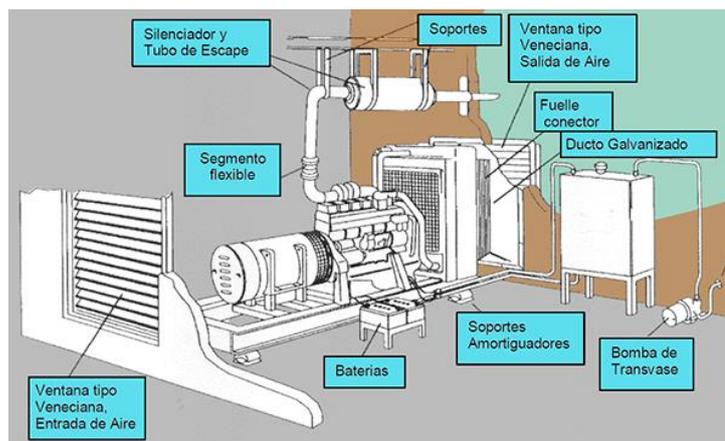
$\Delta A$ : exceso de atenuación para distancia  $r_2 - r_1$

### 1.2.1.7. Diseño de Cabinas

El diseño de cabinas de insonorización parte de los conceptos básicos sobre grupos electrógenos, aislamiento acústico e insonorizar.

Los grupos electrógenos, son equipos diseñados para la provisión segura de energía a una maquinaria, equipo o recinto. Están constituidos por diversas partes como se observa en la Figura 5. Cuando estos equipos se encuentran en el exterior es necesario instalar cabinas de insonorización como solución a la contaminación acústica generada (Cramelectro, 2014).

**Figura 5:** Grupo electrógeno y sus elementos.



**Fuente:** Cramelectro, 2013.

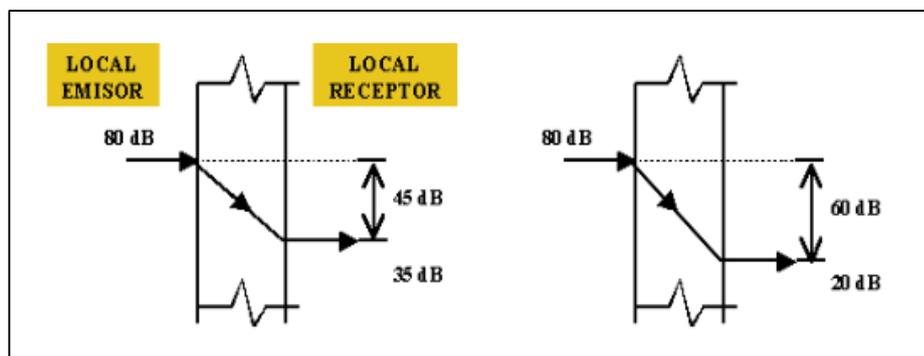
Una consideración especial que debe tomarse en cuenta cuando se vaya a diseñar una cabina de insonorización para un generador, es que debe ingreso y salida de aire, debido a que son máquinas térmicas de combustión interna (Dattwyller, 2013, p. 40).

El aislamiento acústico, tiene como finalidad aislar o limitar la propagación de los niveles de presión sonora emitidos por una fuente, en este caso por un generador (Vizcaíno. et al, 2007, p. 13).

La insonorización, es un tratamiento acústico que se implementa en la fuente sonora con el fin de reducir los niveles de presión sonora existentes en el área de trabajo. Cuando existe una fuente sonora emitiendo altos niveles de presión sonora, es necesario instalar barreras constituidas por material aislante, con el fin de que interfieran en la propagación del ruido hacia las áreas de trabajo más cercanas (Dattwyler, 2013, p. 40). La selección de los materiales que van a constituir la cabina, depende de la medición de las características del sonido de equipo o maquinaria.

El diseño de cabinas depende de un factor muy importante conocido como pérdida por transmisión ( $T_L$ ). La pérdida por transmisión es la capacidad de una pared para que no se transmitan las ondas sonoras como lo indica la figura 6 (Bies, 2009, p. 359).

**Figura 6:** Pérdida por transmisión.



Fuente: Elejalde, 2003

Esta pérdida relaciona a la energía sonora incidente en un pared y la energía transmitida, de tal manera que se puede calcular aplicando la ecuación 19 (Elejalde, 2003).

$$T_L = -10 \log \tau \quad [\text{Ec. 19}]$$

Siendo:

$$\tau = \frac{W_T}{W_i}$$

Donde:

$W_T$  = Energía sonora transmitida.

$W_i$  = Energía sonora incidente.

Con el fin de que el aislamiento acústico sea eficiente es necesario emplear materiales con características de dureza, rigidez y peso adecuadas para el diseño calculado. Aplicando la Ley de las masas se obtiene el diseño basado en la fórmula 20 (Elejalde, 2003).

$$T_L = 20 * \log(Mf) - 47 \quad [\text{Ec. 20}]$$

La estructura de la cabina va a estar formada por conjuntos de varios elementos constructivos, caracterizados por proveer distintos aislamientos.. El aislamiento acústico global de una cabina, depende del área de cada uno de los elementos constructivos y el aislamiento, expresado en la ecuación 21 (Elejalde, 2003).

$$Leq = Leq_{(d)} - 20 * \log \frac{d}{d_0} \quad [\text{Ec. 21}]$$

Donde:

$S_i$  = área del elemento constructivo ( $m^2$ ).

$R_i$  = Aislamiento específico del elemento constructivo.

Para el cálculo es necesario conocer la pérdida por transmisión de los materiales que se van a emplear para construir la cabina, en la tabla 4 se encuentran los valores para cada material.

**Tabla 4:** Perdida por transmisión de los materiales

MATERIAL	ESPESOR Mm.	PESO Kg/m <sup>2</sup>	CENTROS BANDAS FRECUENCIAS Hz							
			63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Aluminio	1,0	2,6	8	11	10	11	17	24	25	30
Acero	1,0	7,0	3	7	15	19	25	32	37	39
Acero	1,5	13,0	9	13	22	28	32	38	42	41
Plomo	1,5	17,0	21	29	32	34	32	32	34	37
Plomo	3,0	34,0	25	31	32	28	37	43	33	39
Vidrio	3,0	7,0	11	15	15	20	23	29	26	31
Vidrio	6,0	14,0	17	11	24	29	31	26	36	39
Vidrio	10,0	23,0	19	23	25	32	31	31	40	42
Aglomerado de madera	12,0	4,0	9	11	16	19	26	30	32	36
Madera sólida	50,0	25,0	14	20	22	25	31	38	43	45
Cartón-yeso	10,0	7,0	10	14	21	23	30	31	36	38
Ladrillo hueco sencillo enlucido	60	75	25	31	30	29	30	39	44	49
Ladrillo hueco doble (tabicón)	120	94	27	30	30	32	40	46	52	56
Ladrillo 1/2 pie macizo enlucido	150	185	36	41	35	43	51	59	64	68
Losa hormigón	100	220	31	37	36	45	51	60	62	64
Losa hormigón	300	700	37	41	45	53	60	63	67	72
Puerta ligera	45	9	9	14	17	19	18	21	26	29
Puerta acústica especial	100	----	35	37	40	45	50	57	59	63
Ventana simple marco aluminio	6	----	17	11	24	28	32	28	35	41
Ventana doble marco aluminio	25	63	25	27	30	30	34	44	48	54
Pared ladrillo sencillo enlucidos	----	140	28	34	36	36	38	49	60	67
Pared ladrillo macizo enlucido	----	140	28	33	34	41	55	72	76	79

Fuente: Salgado, 2012.

### 1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica

El personal de la planta de asfalto diariamente se encuentra expuesto al ruido que produce el generador eléctrico que se utiliza para el funcionamiento de la máquina que produce la mezcla asfáltica.

El generador está ubicado de tal manera que la propagación del ruido que produce se direcciona hacia todas las áreas del predio de la planta causando molestias diarias al personal de la planta, a los visitantes y a los habitantes de la zona.

### **1.2.3. Hipótesis**

Mediante el diseño de una cabina de insonorización para el generador que se emplea para poner en funcionamiento la planta de asfalto, se logra aportar al control de ruido y el mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud ocupacional de los trabajadores.

### **1.2.4. Identificación y caracterización de variables**

- **Variables Independientes:** Generador eléctrico, personal expuesto, horas de exposición al día.
- **Variables Dependientes:** Nivel de Potencia Sonora, Nivel de Presión Sonora, Ruido Equivalente.

## CAPITULO II: MÉTODO

### 2.1. Metodología para el cálculo del nivel de potencia sonora y la potencia sonora.

Una vez que se ha identificado que la mayor parte de los puestos de trabajo en la planta de asfalto están expuestos al ruido producido por el generador, se han realizado mediciones de nivel de presión sonora.

La medición del nivel de presión sonora se realizó con un sonómetro integrador, analizador de espectros 1/1 (Figura 7), cuyas características se presentan en la tabla 5.

**Figura 7:** Sonómetro integrador CESVA.



**Tabla 5:** Información del Sonómetro integrador CESVA.

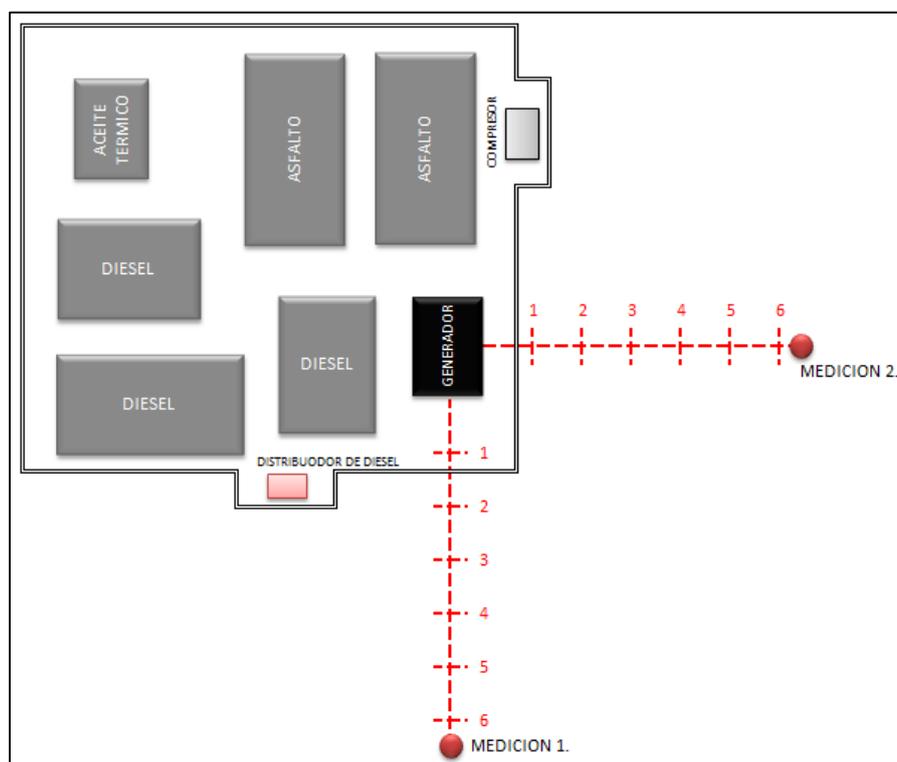
<b>MARCA:</b>	CESVA
<b>MODELO:</b>	SC-160 TIPO II
<b>EXACTITUD:</b>	$\pm 1.0$ dB
<b>RANGO:</b>	30 – 140 dB
<b>SERIAL:</b>	T236842

**Fuente:** Informe técnico de medición y evaluación de factores de riesgo, 2015, p. 2.

Para realizar la medición de los niveles de presión sonora del generador, se definieron dos puntos de muestreo. Estos puntos de muestreo se establecieron tomando como referencia la medida mayor del generador.

En este caso la medida mayor correspondía a la longitud del generador, 2,5 metros, de tal manera que se realizó la medición al doble de la dimensión mayor del generador, es decir, a seis metros de distancia con respecto al generador, en un lateral y en la parte frontal como se presenta en la figura 8.

**Figura 8:** Puntos de medición.



**Fuente:** El autor.

Con las dos mediciones obtenidas, se determinó el promedio aritmético entre los niveles de presión sonora de las dos, de lo cual se obtuvo un solo conjunto de datos para proceder a calcular en nivel de potencia sonora y la potencia sonora del generador.

Para el cálculo del nivel de potencia sonora del generador se aplicó la ecuación 8:

$$NWS = NPS(d) - 20\text{Log}(d) - 11 \text{ dB} \quad [\text{Ec.8}]$$

Para el cálculo de la potencia sonora del generador se aplicó la ecuación 7 despejada:

$$Lw = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad [\text{Ec. 7}]$$

[Ec. 7]  
DESPEJADA

$$W = W_0 * 10^{\frac{NWS}{10}}$$

## **2.2. Metodología para evaluar el ruido laboral y ambiental producido por el generador en las diferentes áreas de la empresa.**

Para la evaluación del ruido en las diferentes áreas de la empresa se consideró el cumplimiento de la normativa de seguridad y salud ocupacional vigente en el país, tomando como referencia el decreto ejecutivo 2393; Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo; en los numerales seis y siete del artículo 55:

*“6. 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 calculo, no excederá de 70 decibeles de ruido”*

*“7. Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con filtro A en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionadas con el tiempo de exposición”.*

Según el criterio de seguridad, en la tabla 6 se establecen los niveles sonoros y tiempos de exposición.

**Tabla 6:** Niveles sonoros y tiempos de exposición.

<b>Nivel sonoro dB (A-lento)</b>	<b>Tiempo de exposición Jornada/hora</b>
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

**Fuente:** Decreto Ejecutivo 2393, 1986, Art. 55.

En el ámbito ambiental, y según la Dirección Metropolitana de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, en la tabla 7 se establecen los niveles máximos permitidos de ruido para fuentes fijas, que se tomaron como referencia.

**Tabla 7:** 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 de equipamientos y protección (1)	45	35
Zona residencial	50	40
Zona residencial múltiple (2)	55	45
<b>Zona industrial 1</b>	<b>60</b>	<b>50</b>
Zona industrial 2 (3)	65	55
Zona industrial 3 y 4 (4)	70	60

(1): Equipamiento de servicios sociales

(2): Incluye uso comercial y de servicios, uso agrícola residencial, y equipamiento de servicios públicos.

(3): Incluye uso de aprovechamiento de recursos renovables

(4): Incluye uso de aprovechamiento de recursos no renovables

**Fuente:** Normas técnicas para la aplicación de la codificación del Título V, “Del medio ambiente”, Libro segundo, del Código municipal para el DMQ, 2015, p. 12.

Para la evaluación se han elaborado mapas de ruido tanto para la propagación del ruido sin la presencia de la cabina, así como la propagación con la presencia de la cabina de insonorización.

Los mapas de ruido se elaboraron, calculando el ruido equivalente para cada una de las distancias del rango establecido (2 a 20 metros). Para el cálculo se utilizó la ecuación 21.

$$Leq = Leq_{(d)} - 20 * \log \frac{d}{d_0} \quad [\text{Ec. 21}]$$

En los mapas de ruido, se determinó mediante ondas de colores los niveles de presión sonora para distancias de 2 a 20 metros, con respecto del generador, en la tabla 8 se especifican los niveles de presión sonora y los colores.

**Tabla 8:** Colores de identificación de los niveles de presión sonora para cada distancia de 2 a 20 metros.

NPS dB(A)	Color
100 – 90	Rojo
90 – 80	Rojo
80 – 70	Amarillo
70 – 60	Verde
60 - 50	Azul

Fuente: El autor.

### 2.3. Metodología para el diseño del sistema de confinamiento para el generador.

En primer lugar se seleccionaron los materiales que van a constituir la cabina de insonorización, para esta selección se consideraron los coeficiente de transmisión para cada banda de octava de los materiales seleccionados.

Una vez que se determinaron los materiales, se realizó el diseño arquitectónico de la cabina de insonorización, considerando las dimensiones para ingreso de personal, ingreso del equipo y cubeto para derrames.

Tanto con los materiales y con las medidas de las áreas de cada material que va a constituir la cabina, se procedió a determinar la atenuación que aplica cada material a los niveles de presión sonora producidos por el generador.

Para el cálculo de la atenuación se relacionaron los materiales que conforman la puerta de la cabina, siendo el caso del tool ( $TL_1$ ) y la espuma flex ( $TL_2$ ). Para este cálculo se tomó la perdida por transmisión de cada material, y se calculó la diferencia entre los dos. Con el valor de la diferencia que se obtuvo, se utilizó la curva para el cálculo de la perdida por

transmisión resultante al considerar la superficie de dos materiales diferentes. En la tabla 9 se presentan el proceso que se estableció para relacionar los materiales TL<sub>1</sub> y TL<sub>2</sub>.

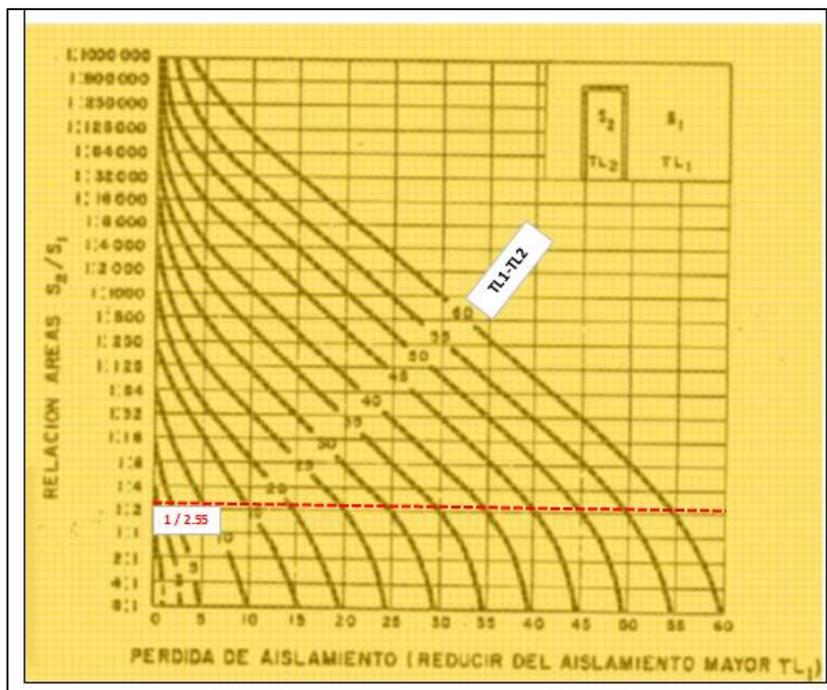
**Tabla 9:** Perdidas por transmisión del tool y el poliestireno expandido y la diferencia entre ellos.

f (Hz.)	TL1	TL2	TL1-TL2
	TOOL	POLIESTIRENO EXPANDIDO	
63	9	24	15
125	14	19	5
250	21	21	1
500	27	14	13
1000	32	12	20
2000	37	17	20
4000	43	24	19
8000	42		42

**Fuente:** El autor.

Para utilizar esta curva se relacionaron las áreas de TL<sub>1</sub> y TL<sub>2</sub>, primero se definió que TL<sub>1</sub> equivale al material con mayor área y se lo identifica como S<sub>1</sub> y TL<sub>2</sub> equivale al material con menor área y se identifica como S<sub>2</sub>. Una vez que se relacionaron nos da como resultado un numero fraccionario que va a determinar la escala a utilizarse en la curva para el cálculo de la pérdida por transmisión resultante al considerar la superficie de dos materiales diferentes, que se presenta en la figura 9.

**Figura 9:** Curva para el cálculo de la perdida por transmisión resultante al considerar la superficie de los materiales diferentes.



**Fuente:** Salgado, 2012.

Se tomó como referencia los valores de la diferencia entre  $TL_1$  y  $TL_2$ , y se obtuvo  $\Delta T$ , que es la pérdida de aislamiento. Una vez que se obtuvo  $\Delta T$ , se calcula la diferencia con el material  $TL_1$ , dando como resultado los valores de pérdida por transmisión para cada banda de octava del nuevo material ( $TL_{(tool-poliestireno\ expandido)}$ ).

El nuevo material es el  $TL_1$  que se relacionó con el aire que corresponde al  $TL_2$  y después de que se procesaron los valores se obtuvo la pérdida por transmisión del nuevo material ( $TL_{(tool-poliestireno\ expandido-aire)}$ ).

Con la pérdida por transmisión del nuevo material ( $tool+poliestireno\ expandido+aire$ ), se relacionó con la losa de hormigón, que corresponde al  $TL_2$ , y se obtuvo la nueva pérdida por transmisión del material compuesto por  $tool+poliestireno\ expandido+aire+losa\ de\ hormigón$ .

Por último se realizó el cálculo de la pérdida por transmisión, relacionando a la pérdida por transmisión del nuevo material (tool+poliestireno expandido+aire+losa de hormigón), con la pérdida por transmisión del ladrillo macizo enlucido, que corresponde al  $TL_2$ .

De esta relación se obtuvo la pérdida por transmisión del conjunto de materiales que se van a utilizar en la cabina de insonorización (tool+poliestireno expandido+aire+losa de hormigón+ladrillo macizo enlucido), la misma que va ser la atenuación de la cabina para los niveles de presión sonora que produce el generador en cada banda de octava.

Se elaboró el nuevo mapa de ruido, empleando la ecuación 21, con la que se determinó el ruido equivalente para cada distancia entre 2 a 20 metros. Los datos obtenidos se relacionaron en un gráfico de barras con los que se determinó el cumplimiento de la legislación vigente de ambiente y seguridad, con y sin la cabina de insonorización.

## CAPITULO III: RESULTADOS

### 3.1. Presentación y análisis de resultados

#### 3.1.1. Determinación del nivel de potencia sonora del generador.

Se realiza la medición en dos puntos, la primera medición se tomó en la parte frontal del generador y la segunda medición se tomó a un lado del generador, ambas mediciones se establecen a 6 metros del generador. En las tablas 10 y 11 se presentan los resultados de las mediciones (Anexo 1).

**Tabla 10:** Medición 1 en la parte frontal del generador.

	FRECUENCIAS (Bandas de Octava)									
	31.5Hz.	63Hz.	125Hz.	250Hz.	500Hz.	1000Hz.	2000Hz.	4000Hz.	8000Hz.	16000Hz.
NPS (dB A)	70,5	81,8	84,3	79,8	80,5	78,9	74,9	70,4	67,2	57,3
NPS Pico (dB A)	97,1	90,8	96,6	95,2	95,2	94,5	93	86,9	85,8	74,4

**Fuente:** Informe técnico de medición y evaluación de factores de riesgo, 2015, p.4.

**Tabla 11:** Medición 2 a un lado del generador.

	FRECUENCIAS (Bandas de Octava)									
	31.5Hz.	63Hz.	125Hz.	250Hz.	500Hz.	1000Hz.	2000Hz.	4000Hz.	8000Hz.	16000Hz.
NPS (dB A)	71,2	80,4	83,7	80,2	81,1	79	75,4	69,8	64,4	54,4
NPS Pico (dB A)	91,5	91,3	96,4	95,1	96,2	95,3	95,2	89,7	83,2	79,7

**Fuente:** Informe técnico de medición y evaluación de factores de riesgo, 2015, p.4.

Una vez realizado los cálculos con la ecuación 8 para conocer el nivel de potencia sonora (NWS) en cada banda de octava, se aplica la ecuación 7 para conocer la potencia sonora (W) del generador.

El resultado del nivel de potencia sonora (NWS) para cada banda de octava se presenta en la tabla 12.

**Tabla 12:** Nivel de potencia sonora del generador (NWS).

	FRECUENCIAS (Bandas de Octava)										
	31.5Hz.	63Hz.	125Hz.	250Hz.	500Hz.	1000Hz.	2000Hz.	4000Hz.	8000Hz.	16000Hz.	
NPS (6M) (dB A)	70,85	81,10	84,00	80,00	80,80	78,95	75,15	70,10	65,80	55,85	89
AT (6m) (dB A)	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
Leq (6m) (dB A)	31,9	55,1	68,0	71,0	77,8	79,0	76,2	71,1	64,8	48,9	83
NWS (6m) (Db A)	97,41	107,66	110,56	106,56	107,36	105,51	101,71	96,66	92,36	82,41	115,24

**Fuente:** El autor.

El resultado de la potencia sonora (W) del generador se obtiene despejando la ecuación 7 y se presenta en la tabla 13.

**Tabla 13:** Potencia sonora del generador (W).

<b>[Ec. 7]</b>	$NWS = 10 * \text{Log} \left( \frac{W}{W_0} \right)$											
	FRECUENCIAS (Bandas de Octava)											
	31.5Hz.	63Hz.	125Hz.	250Hz.	500Hz.	1000Hz.	2000Hz.	4000Hz.	8000Hz.	16000Hz.		
NPS (6M) (dB A)	70,85	81,1	84	80	80,8	78,95	75,15	70,1	65,8	55,85	89	
AT (6m) (dB A)	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7		
Leq (6m) (dB A)	31,85	55,1	68	71	77,8	78,95	76,15	71,1	64,8	48,85	83	
NWS (6m) (Db A)	97,41	107,66	110,56	106,56	107,36	105,51	101,71	96,66	92,36	82,41	115,24	
<b>W</b>	0,33											
<b>[Ec. 7] DESPEJADA</b>	$W = W_0 * 10^{\frac{NWS}{10}}$											
	W0	10 <sup>-12</sup>										
	NWS	115,24										11,52
	<b>W</b>	0,33	vatios									

**Fuente:** El autor.

Se determina que la potencia sonora del generador (W) es de 0,33 vatios.

### 3.1.2. Evaluación del ruido laboral producido por el generador en las diferentes áreas de la empresa

Se considera que desde los 2 a los 6 metros se aplica el criterio de seguridad y salud ocupacional de acuerdo a lo establecido en el Decreto Ejecutivo 2393, ya que esos son los límites donde se encuentran los trabajadores. En la tabla 14 se presentan los resultados de la propagación del ruido sin la cabina de insonorización en estas distancias (Anexo 2).

**Tabla 14:** Propagación del ruido laboral en las distancias de 2 a 6 metros.

d (m)	Leq
2	93
3	89
4	87
5	85
6	83



**Fuente:** El autor.

Al evaluar en las distancias de 2 a 6 metros respecto del generador, y tomando como referencia a los límites que establece la legislación de seguridad y salud ocupacional vigente, en este rango de distancias se determina que el personal se encuentra expuesto a niveles de presión sonora entre 83 y 93 dB (A).

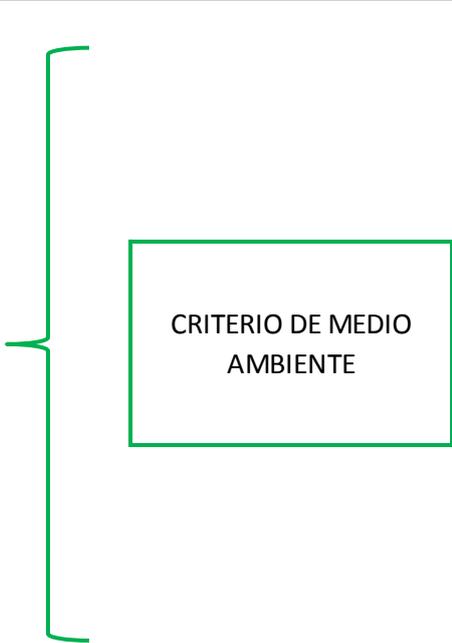
### 3.1.3. Evaluación del ruido ambiental producido por el generador.

Los niveles de ruido según la legislación ambiental, para el lugar donde se ubica la planta de asfalto son: 60 dB (A) de 06h00 a 20h00, debido a que la planta se encuentra en la Zona Industria 1.

Para evaluar ruido ambiental se ha considerado la distancia de 7 a 20 metros de distancia del generador, como se presenta en tabla 15 (Anexo 2).

**Tabla 15:** Propagación del ruido ambiental en las distancias de 6 a 20 metros.

d (m)	Leq
6	83
7	82
8	81
9	79
10	79
11	78
12	77
13	76
14	76
15	75
16	74
17	74
18	73
19	73
20	73



Fuente: El autor.

De la evaluación realizada en las distancias de 6 a 20 metros respecto del generador, y en relación a los límites establecidos por la legislación ambiental, en este rango no se cumple con la norma puesto que el ruido equivalente esta entre 73 y 83 dB (A).

## **3.2. Aplicación práctica**

### **3.2.1. Diseño del sistema de confinamiento para el generador.**

Para la construcción de la cabina de insonorización se emplean materiales con sus respectivos valores de pérdida por transmisión para cada banda de octava. A continuación se detallan la pérdida por transmisión ( $T_L$ ) de cada material que se utilizado para para construir la cabina de insonorización.

Los materiales seleccionados para construir la cabina van a ser espuma flex, tool, losa de hormigón, aire y ladrillos macizos enlucidos.

- En la figura 10 se presentan los valores de la pérdida por transmisión del poliestireno expandido (espuma flex).



**Tabla 17:** Perdida por transmisión de la losa de hormigón.

MATERIAL	ESPESOR Mm.	PESO Kg/m <sup>2</sup>	CENTROS BANDAS FRECUENCIAS Hz							
			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Aluminio	1,0	2,6	8	11	10	11	17	24	25	30
Acero	1,0	7,0	3	7	15	19	25	32	37	39
Acero	1,5	13,0	9	13	22	28	32	38	42	41
Plomo	1,5	17,0	21	29	32	34	32	32	34	37
Plomo	3,0	34,0	25	31	32	28	37	43	33	39
Vidrio	3,0	7,0	11	15	15	20	23	29	26	31
Vidrio	6,0	14,0	17	11	24	29	31	26	36	39
Vidrio	10,0	23,0	19	23	25	32	31	31	40	42
Aglomerado de madera	12,0	4,0	9	11	16	19	26	30	32	36
Madera sólida	50,0	25,0	14	20	22	25	31	38	43	45
Cartón-yeso	10,0	7,0	10	14	21	23	30	31	36	38
Ladrillo hueco sencillo enlucido	60	75	25	31	30	29	30	39	44	49
Ladrillo hueco doble (tabicón)	120	94	27	30	30	32	40	46	52	56
Ladrillo 1/2 pie macizo enlucido	150	185	36	41	35	43	51	59	64	68
Losa hormigón	100	220	31	37	36	45	51	60	62	64
Losa hormigón	300	700	37	41	45	53	60	63	67	72
Puerta ligera	45	9	9	14	17	19	18	21	26	29
Puerta acústica especial	100	----	35	37	40	45	50	57	59	63
Ventana simple marco aluminio	6	----	17	11	24	28	32	28	35	41
Ventana doble marco aluminio	25	63	25	27	30	30	34	44	48	54
Pared ladrillo sencillo enlucidos	-----	140	28	34	36	36	38	49	60	67
Pared ladrillo macizo enlucido	-----	140	28	33	34	41	55	72	76	79

Fuente: Salgado, 2012.

- En la tabla 18 se detallan los valores de la perdida por transmisión del ladrillo macizo enlucido.

**Tabla 18:** Perdida por transmisión del ladrillo macizo.

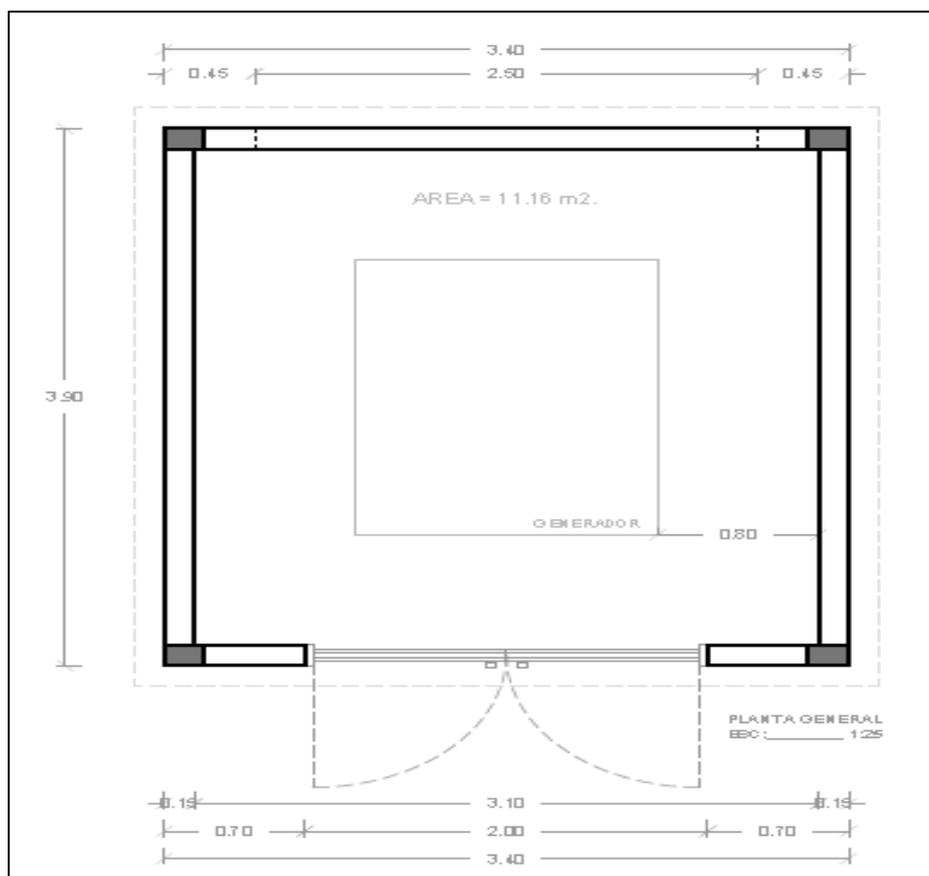
MATERIAL	ESPESOR Mm.	PESO Kg/m <sup>2</sup>	CENTROS BANDAS FRECUENCIAS Hz							
			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Aluminio	1,0	2,6	8	11	10	11	17	24	25	30
Acero	1,0	7,0	3	7	15	19	25	32	37	39
Acero	1,5	13,0	9	13	22	28	32	38	42	41
Plomo	1,5	17,0	21	29	32	34	32	32	34	37
Plomo	3,0	34,0	25	31	32	28	37	43	33	39
Vidrio	3,0	7,0	11	15	15	20	23	29	26	31
Vidrio	6,0	14,0	17	11	24	29	31	26	36	39
Vidrio	10,0	23,0	19	23	25	32	31	31	40	42
Aglomerado de madera	12,0	4,0	9	11	16	19	26	30	32	36
Madera sólida	50,0	25,0	14	20	22	25	31	38	43	45
Cartón-yeso	10,0	7,0	10	14	21	23	30	31	36	38
Ladrillo hueco sencillo enlucido	60	75	25	31	30	29	30	39	44	49
Ladrillo hueco doble (tabicón)	120	94	27	30	30	32	40	46	52	56
Ladrillo 1/2 pie macizo enlucido	150	185	36	41	35	43	51	59	64	68
Losa hormigón	100	220	31	37	36	45	51	60	62	64
Losa hormigón	300	700	37	41	45	53	60	63	67	72
Puerta ligera	45	9	9	14	17	19	18	21	26	29
Puerta acústica especial	100	----	35	37	40	45	50	57	59	63
Ventana simple marco aluminio	6	----	17	11	24	28	32	28	35	41
Ventana doble marco aluminio	25	63	25	27	30	30	34	44	48	54
Pared ladrillo sencillo enlucidos	-----	140	28	34	36	36	38	49	60	67
Pared ladrillo macizo enlucido	-----	140	28	33	34	41	55	72	76	79

Fuente: Salgado, 2012.

Para el diseño de la cabina de insonorización, a parte de los materiales que se van a emplear se consideran las dimensiones de la cabina. Estas dimensiones se establecen, tomando en cuenta las necesidades de mantenimiento, encendido y apagado, cubeto para derrames del generador.

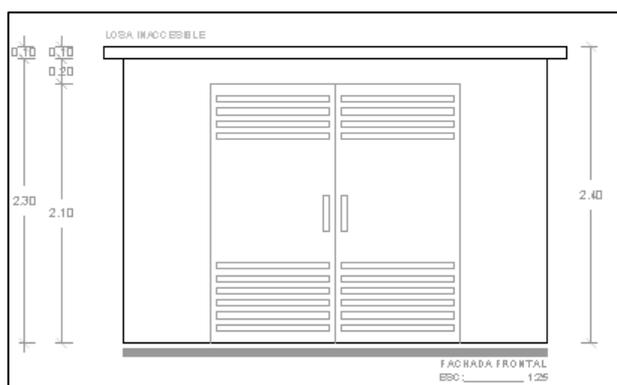
En la figura 11, se presentan las dimensiones que se definen para el diseño de la cabina de insonorización (Anexo 3 y 4).

**Figura 11:** Planta general de la cabina de insonorización

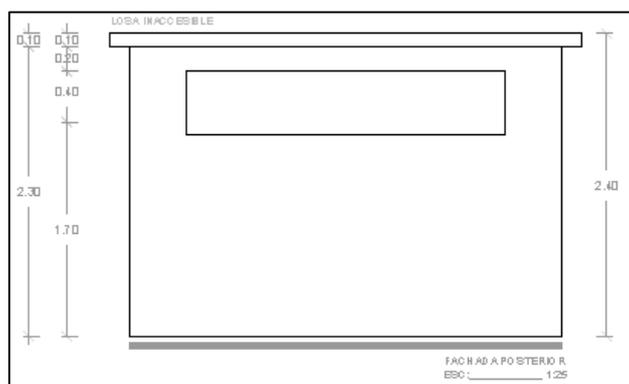


**Fuente:** El autor.

Las dimensiones y el diseño definido, tanto para la fachada frontal como para la posterior se presentan en las figuras 12 y 13 respectivamente.

**Figura 12:** Fachada frontal de la cabina de insonorización.

**Fuente:** El autor.

**Figura 13:** Fachada posterior de la cabina de insonorización.

**Fuente:** El autor.

Las áreas de cada material necesarias para construir la cabina de insonorización, se presentan en la tabla 19.

**Tabla 19:** Área necesaria de los materiales para construir la cabina de insonorización.

MATERIALES		ÁREA (m <sup>2</sup> )	
Ladrillo macizo enlucido		23,71	
Losa de Hormigón		15,54	
Aire		2,96	
Puerta compuesta	Tool	8,4	11,7
	Espuma flex	3,3	

**Fuente:** El autor.

Una vez definidos los materiales y las áreas, se calcula la pérdida por transmisión que aplica cada material de la cabina para reducir los niveles de presión sonora iniciales (83 dB (A)).

- En la tabla 20 se presenta el cálculo de la pérdida por transmisión ( $T_L$ ) de la relación del tool y el poliestireno expandido.

**Tabla 20:** Pérdida por transmisión entre tool y poliestireno expandido.

f (Hz.)	TL1	TL2	TL1-TL2	$\Delta T$	TL
	TOOL	POLIESTIRENO EXPANDIDO			TOOL+POLIESTIRENO EXPANDIDO
63	9	24	15	10	1
125	14	19	5	7	7
250	21	21	1	0	21
500	27	14	13	9	18
1000	32	12	20	14	18
2000	37	17	20	14	23
4000	43	24	19	13	30
8000	42		42	27	15

**Fuente:** El autor.

- En la tabla 21 se presenta el cálculo de la pérdida por transmisión ( $T_L$ ) de la relación del conjunto de materiales tool+poliestireno expandido y el aire.

**Tabla 21:** Pérdida por transmisión entre tool+poliestireno expandido y aire.

f (Hz.)	TL1	TL2	TL1-TL2	$\Delta T$	TL
	TOOL+POLIESTIRENO EXPANDIDO	AIRE			TOOL/POLIESTIRENO EXPANDIDO+AIRE
63	1	0	1	0	1
125	7	0	7	2	5
250	21	0	21	16	5
500	18	0	18	12	6
1000	18	0	18	12	6
2000	23	0	23	17	6
4000	30	0	30	24	6
8000	15	0	15	10	5

**Fuente:** El autor.

- En la tabla 22 se presenta el cálculo de la pérdida por transmisión ( $T_L$ ) de la relación del conjunto de materiales tool+poliestireno expandido+aire y la losa de hormigón.

**Tabla 22:** Pérdida por transmisión entre tool+poliestireno expandido+ aire y losa de hormigón.

f (Hz.)	TL1	TL2	TL1-TL2	$\Delta T$	TL
	TOOL+POLIESTIRENO EXPANDIDO+AIRE	LOSA DE HORMIGON			TOOL/POLIESTIRENO EXPANDIDO/AIRE + LOSA HORMIGON
63	1	31	30	26	25
125	5	37	32	28	23
250	5	36	31	27	22
500	6	45	39	35	29
1000	6	51	45	40	34
2000	6	60	54	50	44
4000	6	62	56	52	46
8000	5	64	59	54	49

Fuente: El autor.

- En la tabla 23 se presenta el cálculo de la pérdida por transmisión ( $T_L$ ) de la relación del conjunto de materiales tool+poliestireno expandido+aire+losa de hormigón y el ladrillo macizo enlucido.

**Tabla 23:** Pérdida por transmisión entre tool+poliestireno expandido+aire+losa de hormigón y ladrillo macizo enlucido.

f (Hz.)	TL1	TL2	TL1-TL2	$\Delta T$	TL
	TOOL+POLIESTIRENO EXPANDIDO+AIRE	PARED DE LADRILLO MACIZO ENLUCIDO			TOOL/POLIESTIRENO EXPANDIDO/AIRE + LOSA HORMIGON
63	25	28	3	9	16
125	23	33	10	14	9
250	22	34	12	11	11
500	29	41	12	12	17
1000	34	55	21	14	20
2000	44	72	28	13	31
4000	46	76	30	15	31
8000	49	79	30	17	32

Fuente: El autor.

En la tabla 24, se presentan los resultados del diseño de la cabina de insonorización, el mismo que establece que el nivel de presión sonora con la presencia de la cabina, a seis metros de distancia del generador es de 66 dB (A).

**Tabla 24:** Cálculos para el diseño de la cabina de insonorización.

f(Hz)	31.5Hz.	63Hz.	125Hz.	250Hz.	500Hz.	1000Hz.	2000Hz.	4000Hz.	8000Hz.	16000Hz.
NPS	70.85	81.1	84	80	80.8	78.95	75.15	70.1	65.8	55.85
AT Cabina		16	9	11	17	20	31	31	32	
NPS Cabina	70.85	65.1	75	69	63.8	58.95	44.15	39.1	33.8	55.85
AT (dB A)	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7
Leq (dB A)	31.85	39.1	59	60	60.8	58.95	45.15	40.1	32.8	48.85
PROMEDIO Leq (dB A)										
EXP	3.185	3.91	5.9	6	6.08	5.895	4.515	4.01	3.28	4.885
BASE	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
RESULTADO	1531.087462	8128.305162	794328.2347	1000000	1202264.435	785235.63	32734.069	10232.93	1905.4607	76736.149
LOGARITMO	3913096.306									
MULT*10	6.592520537									
Leq (dB A)	66									

**Fuente:** El autor.

Una vez que se obtiene la atenuación que brinda la cabina a 6 metros de distancia del generador, se aplica la ecuación 21 y se determina el ruido equivalente para cada distancia entre 2 a 20 metros, como lo demuestra la tabla 25. Se elabora el mapa de ruido manteniendo los criterios de seguridad y ambiente (Anexo 4).

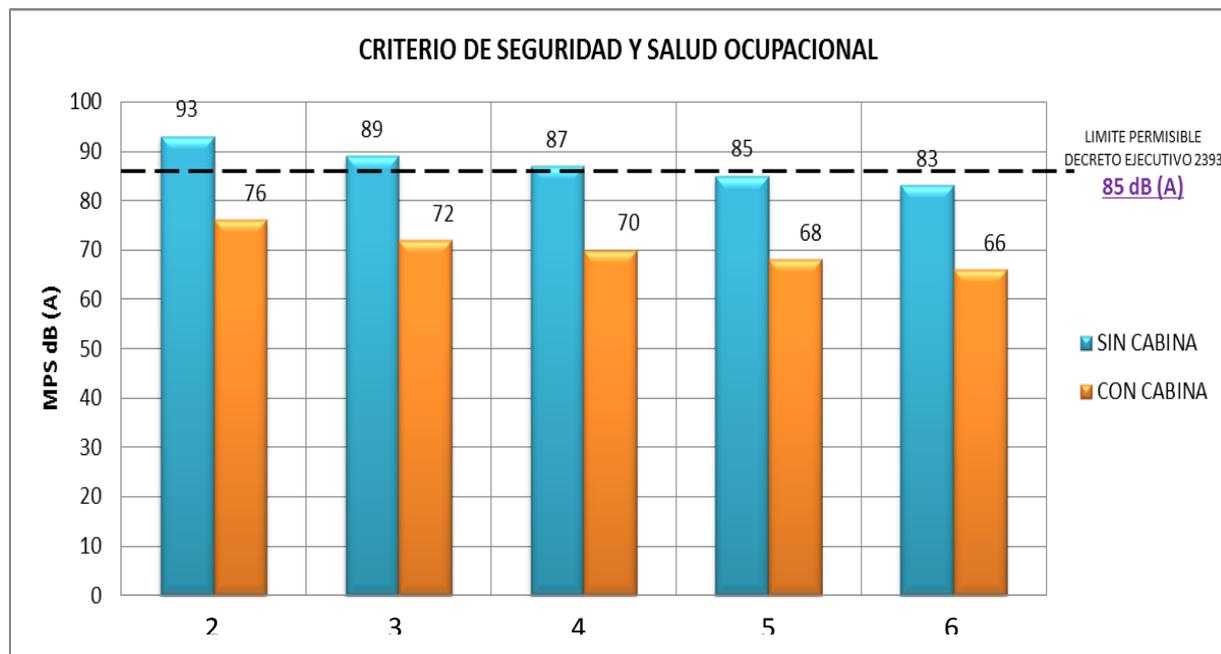
**Tabla 25:** Propagación de los niveles de presión sonora en el rango de 2 a 20 metros de distancia del generador, con la cabina de insonorización.

d (m)	Leq
2	76
3	72
4	70
5	68
6	66
7	65
8	64
9	62
10	62
11	61
12	60
13	59
14	59
15	58
16	57
17	57
18	56
19	56
20	56

**Fuente:** El autor.

Se toma como referencia la legislación vigente de seguridad y salud ocupacional y de ambiente, y se comparan los valores obtenidos en los cálculos para el diseño, sin la presencia de la cabina de insonorización y con la presencia de la cabina de insonorización, como se indica en las figuras 14 y 15.

**Figura 14:** Valores obtenidos y limite permisible para el criterio de seguridad y salud ocupacional.

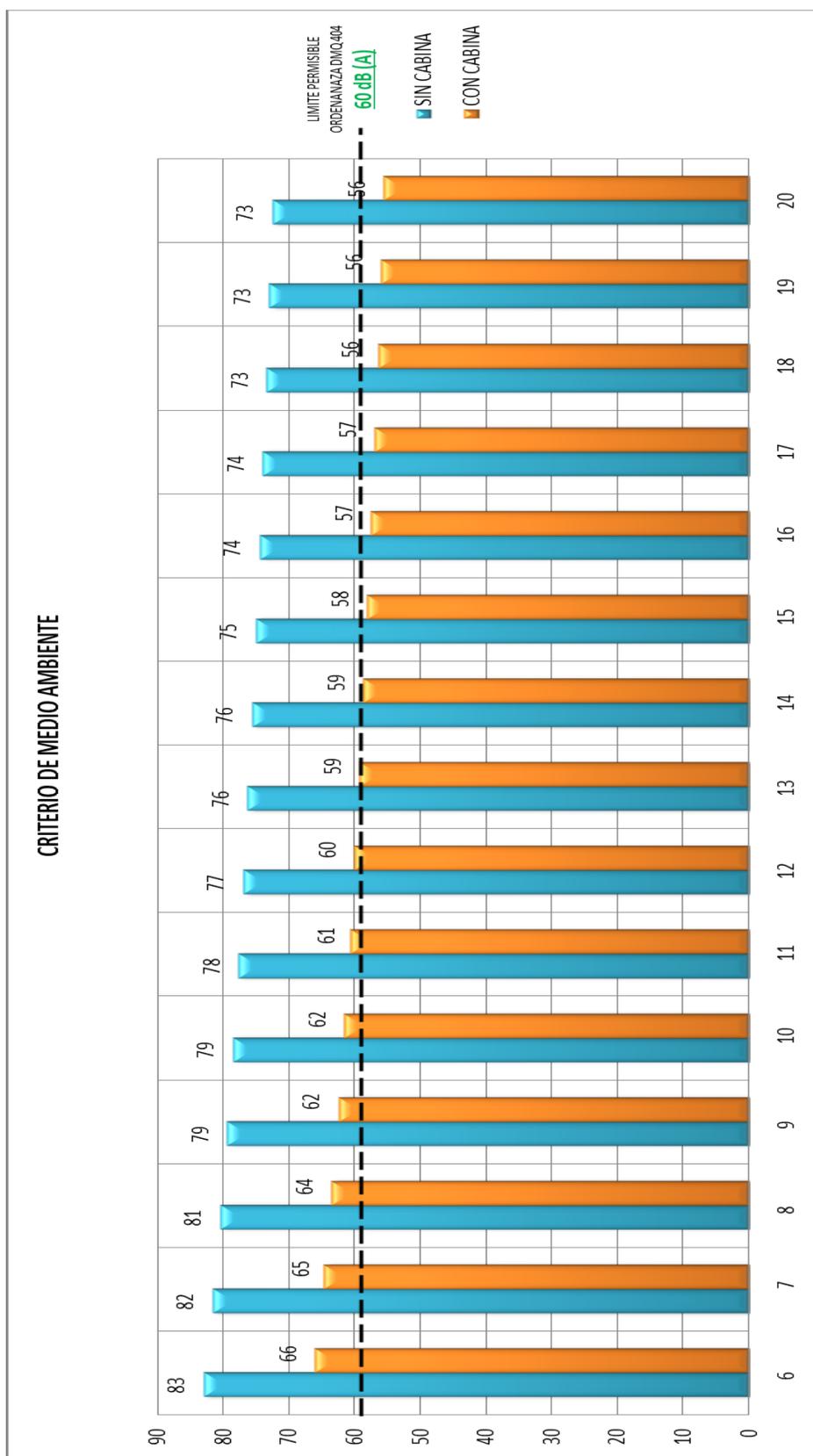


**Fuente:** El autor.

El resultado de las mediciones de niveles de presión sonora sin la presencia de la cabina de insonorización indica que el personal en las distancias de 2 a 6 metros del generador se encuentra sobre expuesto a ruido laboral, por lo tanto no cumple con la legislación vigente.

Al instalar la cabina de insonorización, se demuestra los niveles de presión sonora en la distancia determinada disminuye en 17 dB (A), lo que resulta en el cumplimiento de lo establecido en la legislación de seguridad y salud ocupacional.

**Figura 15:** Valores obtenidos y límites permisibles para el criterio ambiental.



Las mediciones de niveles de presión sonora sin la presencia de la cabina de insonorización, da como resultado en el rango de distancias de 6 a 20 metros respecto del generador y considerando la legislación ambiental vigente, que los niveles de ruido ambiental exceden a los 60 dB (A) permitidos en la zona industrial.

Al calcular los niveles de ruido con la presencia de la cabina de insonorización, se determina que se disminuye 17 dB (A), dando como resultado el cumplimiento de la normativa vigente de medio ambiente.

## CAPITULO IV: DISCUSIÓN

### 4.1. Conclusiones

- Se determinó que la potencia sonora del generador es 0,33 vatios.
- Se estableció que los trabajadores del laboratorio de calidad se encuentra expuesta a 83 dB (A) y el personal de la bodega a 81 dB (A) sin la presencia de la cabina de insonorización.
- Se definió que sin la cabina de insonorización, según el Art. 55 del Decreto Ejecutivo 2393, el personal del laboratorio de calidad y de la bodega no están dentro de la consideración de 85 dB (A), pero existe exposición a ruido.
- De comprobó que sin la cabina de insonorización, según la legislación ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, se están superando los niveles de ruido ambiental permitidos en la Zona Industrial 1, debido a que en durante el día se producen 73 dB (A).
- Una vez que se diseñó la cabina de insonorización, se determinó que la atenuación es de 17 dB (A).
- Tomando en cuenta tanto el criterio de seguridad y de medio ambiente, se estableció que el nivel de presión sonora en el laboratorio de calidad es 65 dB (A) y en la bodega es 64 dB (A), y 56 dB (A) dentro de los límites de ruido ambiental de 60 dB (A) de 06h00 a 20h00.

### 4.2. Recomendaciones

- Implementar la cabina de insonorización en el generador que proporciona energía para la planta de asfalto de la empresa EQFALTO.

- Evaluar los niveles de presión sonora producidos por otros equipos que se utilizan en las actividades de producción de mezcla asfáltica.
- Implementar un programa de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo para el generador eléctrico.
- Elaborar un programa de vigilancia de la salud de los trabajadores de la planta de asfalto.

## 5. Bibliografía

- Bernal, F. (2006). *Higiene Industrial* (3 ed.). Madrid: Servicio de ediciones y publicaciones del INSHT Madrid.
- Bies, D. (2009). *Engineering Noise Control* (4 ed.). New York: Spon Press.
- Dattwyler, A. (2013). Plan de Desarrollo y Comercialización para Sistemas de Insonorización de Generadores Industriales. Chile: Universidad Austral de Chile.
- ECUADOR, P. C. (1986). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Ecuador.
- Elejande, M. (2003). <http://www.ehu.es/acustica/bachillerato/ga.html>. Recuperado el 25 de 05 de 2015
- Etxebarria, G. G. (2008). *Manual para la formación en Prevención de Riesgos Laborales*. España: Wolters Kluwer España S.A.
- Falagan, M. (2008). *Higiene Industrial Aplicada "Ampliada"* (1 ed.). España: Fundación Luis Fernandez Velasco.
- Gil-Carcedo, E. (2008). *Efectos del Ruido en la Salud Humana* (1 ed.). Valladolid: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial.
- Gimenes, J. C. (2012). *Ruido: Para los Posgrados de Higiene y Seguridad Industrial* (1 ed.). Bogotá: NABUKO: Ediciones de la U.
- Gomez, G. (2008). *Manual para la Formación en Prevención de Riesgos Laborales: Especialidad higiene Industrial* (5 ed.). España: CISS group Wolters Kluwer.
- Gonzalez, A. (2006). *Manual para el Técnico en Prevención de Riesgos Laborales II* (9 ed.). España: Confemetal.
- HARRIS, C. M. (1995). *Manual de Medidas*. España: Interamericana España.
- Henao, F. (2007). *Riesgos Físicos I: Ruido, Vibraciones y Presiones Anormales* (1 ed.). Bogotá: ECOE Ediciones.
- MAPFRE, F. (1996). *Manual de Higiene Industrial* (4 ed.). Madrid: Editorial MAPFRE S.A.
- MAPFRE, S. (27 de DICIEMBRE de 2006). Obtenido de [http://www.mapfre.com/documentacion/.../i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1028514](http://www.mapfre.com/documentacion/.../i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1028514)
- Menendez, F. (2009). *Higiene Industrial: Manual para la Formación del Especialista* (11 ed.). España: ILVA Edición.
- Ordoñez, C. (2014). Estudio, Diseño e Implementación de una Cámara Anecoica para el Análisis Acústico de Sistemas Mecánicos del Motor de Combustión Interna alternante. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca.
- Paz, J. C. (2013). *Ingeniería Acústica para Estudiantes y Profesores en Higiene y Seguridad*. Argentina: Buschi Express.

QUITO, D. M. (2015). Normas Técnicas para la Aplicación de la Codificación del Título V, "Del Medio Ambiente", Libro Segundo, del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador.

Rojo, M. J. (2005). *Higiene Industrial Aplicada*. España: Graficas Varona S.A.

Salgado, F. (2012). Curva para el Calculo de la Pèrdida por Transmisiòn Resultante al Considerar la Superficie de Materiales Diferentes.

## 6. Anexos

## **ANEXO 1**

Informe técnico de medición y evaluación de factores de riesgo  
físicos: Ruido laboral.

## **Anexo 2**

Mapa de propagación del ruido entre las distancias de 2 a 20 metros y niveles de presión sonora en cada distancia sin la instalación de la cabina de insonorización.

### **Anexo 3**

Mapa de propagación del ruido entre las distancias 2 a 20 metros y niveles de presión sonora en cada distancia con la instalación de la cabina de insonorización.

## **Anexo 4**

Diseño arquitectónico de la cabina de insonorización.

## **Anexo 5**

Diseño en tres dimensiones de la cabina de insonorización.