

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DETERMINACIÓN DE UN MÉTODO PARA EVALUAR LA EXPOSICIÓN DE RUIDO A  
LOS TRABAJADORES DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA MIRAFLORES.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en sonido y acústica

Profesor Guía  
Ing. Christiam Garzón MSc

Autor  
Kléber Mauricio Ayala Miguez

Año  
2015

### **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el/la estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

---

Ing. Christiam Garzón MSc  
C.C.1713644621

### **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”

---

Kléber Mauricio Ayala Miguez  
C.C. 1717011884

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres, hermanos y a mi novia por compartir y apoyarme en esta proceso y aportar con mi formación profesional y personal.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por haber dado una vida y haberme permitido culminar una etapa mas de mi formación, a mis padres por sostenerme en todo momento, a mis hermanos porque siempre han estado ahí y se lo merecen y a mi novia por ayudarme en todo momento.

## RESUMEN

El ruido es una de las problemáticas a lo que los trabajadores pueden estar expuestos sea cual sea la naturaleza de su trabajo, por tanto, este trabajo de investigación pretende acercarse a la realidad de esta problemática en la Central Termoeléctrica Miraflores y en que está afectando a sus trabajadores.

Para poder realizar esto, se tomaron mediciones con un sonómetro integrador en distintos lugares de la Central Termoeléctrica donde los trabajadores suelen realizar sus actividades cotidianas, de este modo se podrá sacar un análisis global del ruido existente en la planta.

El ruido es producido en su mayoría por los motores generadores impulsados por diésel, estos mismos se encuentran dispersos en el entorno de la planta y no tienen un control al ruido y vibraciones que producen.

Se utilizaron metodologías ecuatorianas y españolas para poder tomar las medidas en los distintos puntos para obtener un nivel de presión sonora que nos pueda dar un estado inmediato de la situación de los puestos de trabajo.

Una vez obtenido el resultado por área de trabajo se evaluará la exposición a ruido que un trabajador sufre según su jornada y puesto de trabajo, con esto se realiza una hoja de cálculo que nos dará acciones a tomar según su grado de exposición.

Con este resultado la empresa decidirá tomar acciones para el cuidado de sus trabajadores y se brindan recomendaciones e información de dicho problema.

## ABSTRACT

Noise is one of the problems to which workers may be exposed whatever the nature of their work, hence this research aims to approach the reality of this problem in the Central Termoelectrica Miraflores and the effect their workers.

In order to do this, with a sound level meter measurements were taken at various locations in the plant where workers typically perform their daily work, so it could take a comprehensive analysis of existing noise on the ground.

Noise is produced mostly by generators powered by diesel engines, the same are scattered in the vicinity of the plant and have no proper noise control and vibration.

Ecuadorian and Spanish methodologies to take measures at various points and get a sound pressure level that can give us an immediate state of play of the jobs were used.

Once obtained the result by work area noise exposure to a worker by day and suffer job is evaluated with a spreadsheet that will give us action to take as their exposure is made.

With this result the company decided to take action to care for their workers and recommendations and information about the problem are provided.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes .....	2
Aspectos generales de la empresa .....	2
Nombre de la empresa .....	2
Ubicación. ....	2
Actividad económica.....	3
Áreas de interés para la medición en la Central Termoeléctrica Miraflores.....	3
Objetivos. ....	4
Objetivos generales.....	4
Objetivos específicos.....	4
Marco Teórico .....	5
1. CONCEPTOS Y DEFINICIONES .....	5
1.1 Sonido.....	5
1.2 Presión sonora .....	5
1.3 Potencia acústica .....	5
1.4 Decibel .....	6
1.5 Nivel de presión sonora.....	6
1.6 Nivel de presión sonora continua equivalente ( $L_{A,eq}$ ) .....	6
1.7 Nivel de exposición diaria equivalente $L_{(Aeq,d)}$ .....	7
1.8 Frecuencia .....	8
1.9 Ruido.....	9
1.10 Ruido aleatorio .....	9
1.11 Ruido estable .....	9
1.12 Ruido ambiental .....	9

1.13	Contaminación acústica .....	9
1.14	Nivel de presión sonora pico ( $L_{pico}$ ).....	10
1.15	Flujo de energía sonora incidente sobre una superficie...	10
1.16	Coeficiente de reflexión .....	11
1.17	Coeficiente de transmisión .....	12
1.18	Grado de aislamiento acústico .....	13
1.19	Pérdida por transmisión en paredes simples .....	14
1.20	Curvas de sonoridad .....	16
1.21	Escalas de ponderación .....	18
1.22	Control de ruido.....	18
1.23	Control de ruido en la vía de transmisión .....	18
1.24	Emplazamiento.....	19
1.25	Disposición de la edificación .....	19
1.26	Barreras .....	19
1.27	Atenuación de la energía sonora $\Delta LB$ por inserción de una barrera mediante la fórmula Kurze-Anderson. ....	20
1.28	Atenuación de sonido debido a la propagación .....	21
1.29	Particiones simples .....	22
1.30	Aislamiento acústico de ventanas .....	22
1.31	Cristal único .....	22
<b>2. EL OÍDO Y EL RIESGO AUDITIVO POR</b>		
<b>EXPOSICIÓN A RUIDO .....</b>		
2.1	El oído humano .....	24
2.2	Transmisión ósea .....	26
2.3	El nivel umbral de audición.....	28
2.4	Efectos del ruido.....	29
2.5	Desplazamiento del umbral del oído asociado con la edad ...	29

2.6 Umbrales de exposición al ruido.....	30
2.7 Hipoacusia .....	30
2.8 Las hipoacusias conductivas .....	31
2.9 Las hipoacusias perceptivas por exposición a ruido .....	32
3. MARCO LEGAL .....	33
3.1 Decreto ejecutivo 2393 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo .....	33
3.2 Ordenanza Municipal del cantón Manta acerca del control de ruidos.....	34
3.2.1 Valores límite de inmisión de ruido en ambiente interior. ....	35
3.2.2 Valores límites de emisión de ruido de los vehículos a motor, maquinarias e instalaciones de climatización o ventilación forzada.....	36
3.3 Metodología de evaluación para ruido.....	36
3.4 Metodología de medición y evaluación según normativas españolas.....	39
3.4.1 Metodología de medición según el Real Decreto 286/206 .....	41
3.4.2 Metodologías para la medición de varios tipos de ruido .....	41
3.5 Acerca de la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionadas con la exposición de los trabajadores a ruido .....	42
4. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDO EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA MIRAFLORES .....	45
4.1 Análisis de metodologías de medición y evaluación .....	45
4.2 Planificación de la toma de muestras .....	46
4.3 Ubicación del sonómetro .....	46
4.4 Numero de mediciones.....	47

4.5 Duración de las mediciones.....	47
4.6 Registro de medición.....	47
4.7 Ubicación de las áreas y de los puntos de medición .....	47
4.8 Distribución de los puntos de medición según la ubicación ...	51
4.9 Datos generales de los equipos, instrumentos y software utilizados .....	51
4.10 Proceso de toma de muestras y obtención de datos. ....	52
4.11 Resultados de la medición .....	52
4.11.1 Niveles de presión sonora promedio obtenidos .....	55
4.11.2 Resultados de medición por área y horas de exposición según el área de trabajo.....	56
4.12 Cálculos de exposición (LAeq, d) y dosis (D) .....	57
4.12.1 Exposición obtenida por área de trabajo LAeq, d.....	58
4.12.2 Cálculo de nivel exposición LAeq, d por trabajador .....	59
4.13 Dosis de ruido según las áreas de trabajo.....	62
<b>5. MEDIDAS DE CONTROL DE RUIDO</b>	
<b>MÍNIMAS RECOMENDADAS .....</b>	<b>64</b>
5.1 Recomendación para el uso del elemento de protección personal EPI para trabajadores de la planta. ....	64
5.2 Recomendación para la implementación de elementos constructivos .....	69
5.2.1 Construcción de barreras acústicas.....	69
5.2.2 Construcción de particiones simples .....	70
5.3 Construcción de una cabina tipo encierro en tablero de controles de los motores 11 y 12.....	71
5.3.1 Predicción de la atenuación por una partición simple.....	74
5.4 Instalación de una cortina acústica en área de centrifugadoras de aceite y búnker.....	75
5.4.1 Predicción de la atenuación de una cortina como barrera	

acústica en la zona de centrifugadores .....	76
5.5 Construcción de particiones simples en laboratorio químico .	77
5.5.1 Predicción de la atenuación con la instalación de gypsum en las paredes de laboratorio químico .....	78
5.6 Barrera acústica entre unidades 13, 10 hacia guardianía .....	79
5.6.1 Predicción de la atenuación de barrera acústica en el área de unidades 13 y 10 hacia la guardianía de entrada .....	81
5.7 Barrera acústica en zona de transformadores .....	82
5.7.1 Predicción de la atenuación de barrera acústica en el área de transformadores.....	84
5.8 Aislamiento acústico en cuarto de control de las unidades 10 y 13 .....	84
5.8.1 Predicción de la atenuación por la instalación de una partición simple en el cuarto de control de las unidades 10 y 13 .....	85
5.8.2 Barrera acústica externa en unidades 18, 16, 22. ....	86
5.8.3 Predicción de la atenuación de barrera acústica en el área de las unidades 18, 16, 22 .....	88
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES .....	902
REFERENCIAS .....	94
ANEXOS .....	96

## INTRODUCCIÓN

Las leyes, ordenanzas, normativas entre otras acerca del ruido y el peligro que este significa para el ser humano son las herramientas para la protección del mismo, es por eso, que en esta investigación se toma como principal método de investigación o metodología de análisis a la legislación laboral que protege a los trabajadores directa o indirectamente de varias condiciones que pueden ser peligrosas para ellos.

En varios textos como del autor Cyril M. Harris, Manual de medidas acústicas y control de ruido, consideran al ruido como un sonido no deseado o desagradable y molesto para quien lo percibe. El ruido causa molestia e insatisfacción para varias personas y en algunos casos también puede causar daño a la salud de los seres humanos, especialmente en el sistema auditivo y/o nervioso, esto sucede en lugares donde el oído es expuesto a niveles altos de ruido, como plantas industriales.

El excesivo ruido perjudica en la salud de las personas que trabajan en plantas industriales y centrales termoeléctricas sea a mediano o largo plazo, en el Ecuador, los estudios acerca de este tema parecen ser escasos; es por esto, que el presente trabajo de investigación abordará el tema con fundamentos teóricos que proponen la creación de una herramienta práctica para evaluar y posteriormente utilizarla para tomar acciones acerca de esta problemática.

## **Antecedentes**

La Central Termoeléctrica Miraflores es una empresa generadora de energía que posee motores de combustión que se encuentran instalados en distintos sectores de la planta que generan ruido constante y considerable en sus instalaciones. Este antecedente ha creado un problema de ruido para sus trabajadores, por tanto, la central Termoeléctrica Miraflores es el objeto de estudio para este trabajo de investigación. Está ubicada en Manta, provincia de Manabí, en el barrio Jipijapa.

Según CELEC EP (Corporación Eléctrica del Ecuador) la central Termoeléctrica Miraflores, forma parte de la unidad de negocios TERMO PICHINCHA, que se encamina a ser una unidad líder en generación térmica con fuentes de generaciones renovables y no renovables.

En el 2008, TERMOPICHINCHA S.A. y EMELMANABÍ S.A., emprendieron un acuerdo para la rehabilitación, mantenimiento y operación de la Centrales Termoeléctrica Miraflores y otras.

Como parte del proceso de rehabilitación de las centrales está el mejoramiento de las instalaciones y condiciones en las que laboran sus trabajadores. Una de las consideraciones, es el ruido excesivo al que están expuestos los empleados de la planta.

Esta tesis resume el trabajo realizado para la evaluación de exposición a ruido y las medidas que se proponen para minimizar su efecto en los trabajadores.

## **Aspectos generales de la empresa**

### **Nombre de la empresa**

TERMO PICHINCHA – CENTRAL TERMOELÉCTRICA MIRAFLORES EN  
MANTA.

### **Ubicación.**

Ciudadela Miraflores, calle Jipijapa - Manta. Ecuador.

### **Actividad económica**

La Central Termoeléctrica Miraflores Manta es parte de CELEC EP; que es concebida para el servicio público con obligatoriedad.

El fin de esta empresa es brindar el servicio de energía eléctrica a sus habitantes con suma responsabilidad y calidad.

### **Áreas de interés para la medición en la Central Termoeléctrica Miraflores**

Ver figura 16.

- Tableros de control de unidades 11 y 12.
- Entre unidades 11 y 12.
- Taller Mecánico.
- De centrifugadoras de aceite y búnker.
- Bodega.
- Transformadores.
- Entre unidades 13 y 10.
- Entre unidades 14 y 8.
- Cuarto de controles unidad 8.
- Entre unidades 22, 28 y 16.
- Laboratorio Químico.
- Recepción de combustible.
- Turbina.
- Recepción de combustible.
- Guardianía.

## **Objetivos.**

### **Objetivos generales.**

Evaluar el nivel de exposición a ruido al que los trabajadores de la central Termoeléctrica Miraflores están expuestos según sus áreas y horas de trabajo comparando entre las normativas ecuatorianas y españolas para proponer medidas de protección y prevención en los trabajadores.

### **Objetivos específicos**

Identificar las principales áreas de la Central Termoeléctrica Miraflores con mayores niveles de ruido.

Determinar los niveles de ruido de la Central Termoeléctrica Miraflores.

Determinar el nivel de ruido continuo equivalente (Leq) dentro de la Central Termoeléctrica Miraflores en niveles totales y por octavas en las áreas principales identificadas.

Utilizar un método para determinar los niveles de exposición a ruido del personal que labora dentro de la Central Termoeléctrica Miraflores según su área y horario de trabajo.

Facilitar un método para determinar el tipo de protección auditiva.

Proponer medidas de control de ruido en la planta.

## **Marco Teórico**

Este capítulo contiene conceptos, definiciones y aplicaciones básicas recopilados de varios textos de acústica con el fin de facilitar la búsqueda y el entendimiento de recursos utilizados para esta tesis.

### **1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES**

#### **1.1 Sonido**

El sonido es la sensación percibida por el oído humano debido a las rápidas fluctuaciones de presión en el aire. Estas fluctuaciones son producidas por superficies vibrantes que originan en el aire ondas longitudinales (Sommerhoff, 1987).

“El sonido se caracteriza por fluctuaciones de presión en un medio comprensible. No todas las fluctuaciones de presión producen la sensación de audición cuando alcanzan al oído humano. La sensación de sonido sólo ocurrirá cuando la amplitud de estas fluctuaciones y la frecuencia con que se repiten se encuentran dentro de determinaciones rangos de valores. De esta forma, las fluctuaciones de presión con amplitudes inferiores o superiores a ciertos mínimos y máximos no serán audibles” (Samir, 1992, p. 22).

#### **1.2 Presión sonora**

La vibración de una superficie que está en contacto con el aire, produce variaciones de presión que se superponen a la presión atmosférica (Sommerhoff, 1987).

“Una fuente sonora genera vibraciones de pequeña amplitud en el aire que la rodea y, debido a la comprensibilidad y a la masa del aire, estas se propagan y llegan al oído del auditor. A estas pequeñas variaciones de la presión, que se combinan con la presión estática, se les denomina presión sonora” (Möser & Barros, 2009, p. 2).

#### **1.3 Potencia acústica**

Es la cantidad de energía que una fuente puede producir, esta energía viene determinada en forma de onda, la amplitud de esta forma de onda determina su potencia, es decir, a mayor amplitud, mayor potencia acústica

La potencia acústica, es un valor propiamente de la fuente y no depende del lugar donde se halle (Cyril, 1995).

#### 1.4 Decibel

Es una unidad que denota la relación entre dos cantidades que son proporcionales a la potencia: el número de decibelios es 10 veces el logaritmo (de base diez) de esta relación (Cyril, 1995).

#### 1.5 Nivel de presión sonora

Para expresar una presión sonora en decibeles, se define primero una expresión de referencia ( $P_{ref} = 2 \times 10^{-5}$  [Pa]) que es la mínima presión audible (Miyara, 1999).

Entonces el nivel de presión sonora (NPS) se define por la siguiente expresión:

$$NPS = 20 \log \frac{P}{P_{ref}} \text{ [dB]}$$

(Ecuación 1)

Dónde:

$P$  = Presión sonora instantánea.

$P_{ref}$  = Presión de referencia  $2 \times 10^{-5}$  [Pa].

#### 1.6 Nivel de presión sonora continua equivalente ( $L_{A,eq}$ )

El nivel de un sonido estable que en un periodo de tiempo establecido y en una localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo (Cyril, 1995).

El nivel de presión sonora está definido por la siguiente expresión:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_t^2}{p_0^2} dt \right) \text{ [dBA]}$$

(Ecuación 2)

Dónde:

T = Tiempo de medición en segundos.

$P_t$  = Presión en función del tiempo.

$P_0$  = Presión de referencia  $2 \times 10^{-5}$  [Pa].

### 1.7 Nivel de exposición diaria equivalente $L_{(Aeq,d)}$

En el Real Decreto 286/2006, define al nivel de exposición diaria equivalente con la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \left( \frac{T}{8} \right) \text{ [dBA]}$$

(Ecuación 3)

Dónde:

T = Tiempo de exposición al ruido, en una jornada laboral de 8 horas.

$L_{Aeq,T}$  = Nivel equivalente continuo debido a la exposición durante un T.

Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos.

Durante la jornada laboral, un trabajador puede estar expuesto a diversos tipos de ruido, cada uno de los trabajadores que estén dentro de esta exposición deberán ser evaluado por separado.

## 1.8 Frecuencia

La frecuencia  $f$  de una onda, es el número de perturbaciones que pasan por un segundo frente a un observador fijo (Sommerhoff, 1987).

“Es el número de vibraciones completas por unidad de tiempo, es por tanto la inversa del período. La unidad en el sistema internacional (SI) es el ciclo por segundo que se denomina Hertz ( $1\text{Hz}=1\text{s}^{-1}$ )” (Llopis, 2008, p. 15).

La frecuencia está definida por la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]}$$

(Ecuación 4)

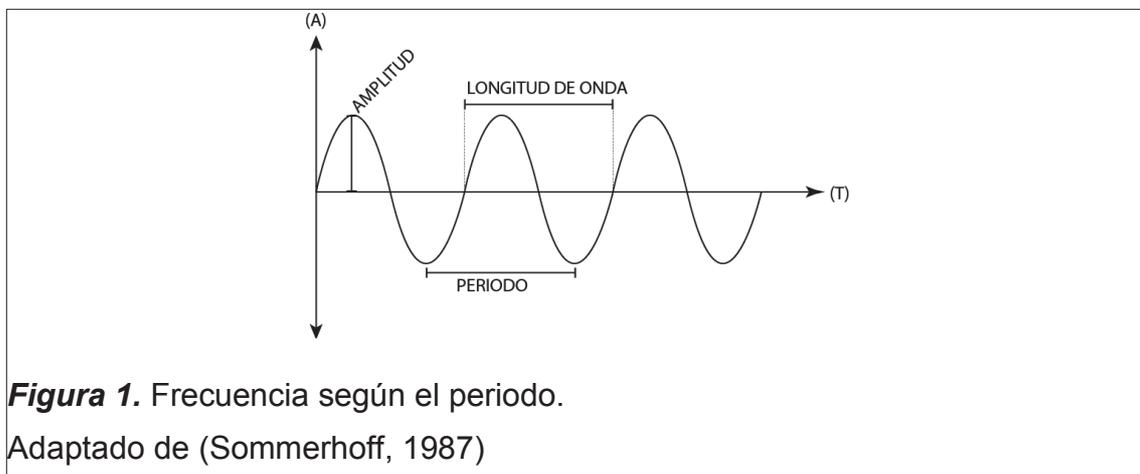
Dónde:

$T$  = tiempo.

La unidad de medida es el Hertz y es equivalente a 1 ciclo sobre segundo.

El rango de frecuencias que el humano puede escuchar esta entre los 20 Hertz y los 20000 Hertz.

“El término frecuencia va unido al concepto de tono puro, entendido como una variación temporal de forma sinusoidal. Tal comportamiento puramente sinusoidal raramente se puede encontrar en los sonidos naturales” (Möser & Barros, 2009, p. 2).



**Figura 1.** Frecuencia según el periodo.

Adaptado de (Sommerhoff, 1987)

## **1.9 Ruido**

El ruido se puede considerar como todo sonido o vibración que sea molesto para el ser humano, actualmente es considerado un contaminante. El ruido en algunos casos puede ser causa de enfermedades para el ser humano (Cyril, 1995).

### **1.10 Ruido aleatorio**

El ruido cuya magnitud no puede predecirse con precisión en un momento determinado (Cyril, 1995).

### **1.11 Ruido estable**

Es un ruido que se mantiene constante en un intervalo de 5 dB en intensidad a lo largo del tiempo, puede variar de manera periódica o aleatoria.

### **1.12 Ruido ambiental**

Es el ruido envolvente, asociado con un ambiente determinado y momento específico, está compuesto habitualmente del sonido de fuentes en direcciones, próximas y lejanas. Ningún sonido en particular es determinante (Cyril, 1995).

### **1.13 Contaminación acústica**

Se puede definir a la contaminación acústica, como el exceso de sonido que altera las condiciones ambientales normales en una determinada zona y degrada la calidad de vida de los habitantes de esa zona (Contra la contaminación acústica, 2014).

“El término contaminación acústica hace referencia al ruido provocado por la actividad humana (tráfico, industrias, locales de ocio, aviones, entre otras.), que produce efectos negativos sobre la salud física y mental de las personas. Este término está estrechamente relacionado con el ruido debido a que la

contaminación acústica se da cuando el ruido es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos para la salud” (Contra la contaminación acústica, 2014).

#### **1.14 Nivel de presión sonora pico ( $L_{pico}$ )**

Es diez veces el logaritmo común del cuadrado de la relación entre la presión sonora instantánea y la presión sonora de referencia de 20 micro pascales ( $\mu Pa$ ) (Cyril, 1995).

Es el nivel de presión sonora instantánea pico durante un intervalo de tiempo establecido. No debe confundirse con  $NPS_{Max}$ , ya que éste es el máximo valor eficaz (no instantáneo) en un periodo de tiempo dado.

#### **1.15 Flujo de energía sonora incidente sobre una superficie**

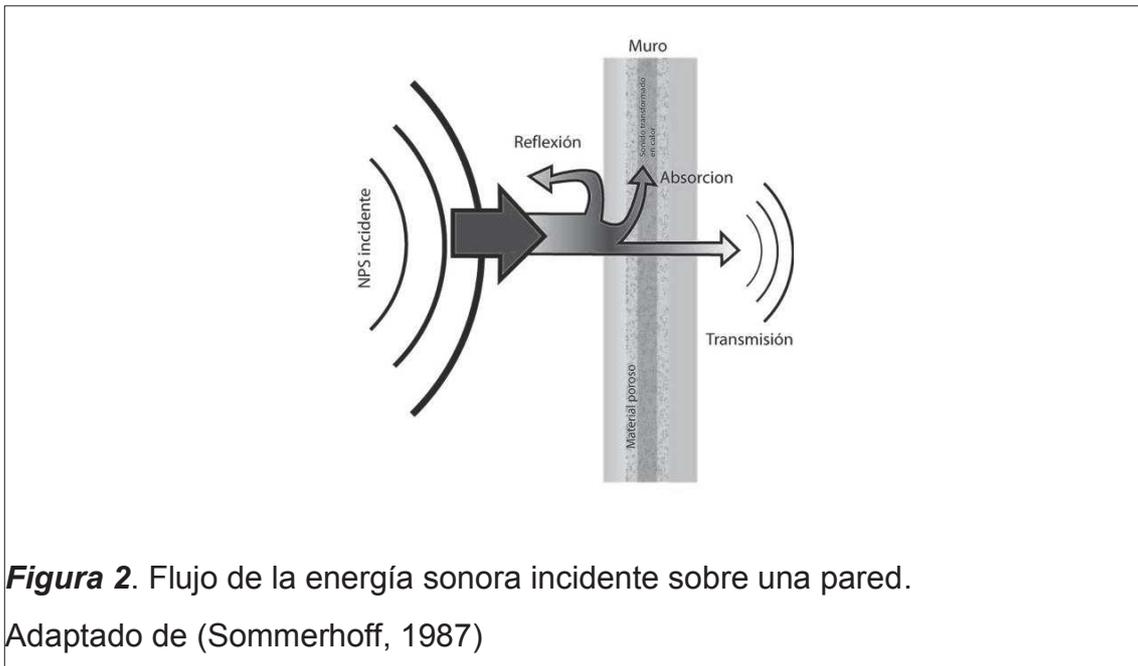
Al incidir un sonido sobre una superficie sólida, esta se somete a una vibración forzada, producto de la presión sonora que incidente sobre esta superficie (Sommerhoff, 1987).

La vibración que incide sobre una superficie puede generar las siguientes consecuencias.

- Parte de la energía se refleje como reflexión radiante.
- Parte de la energía se irradie al espacio que colinda con la parte posterior de la superficie.
- Parte de la energía se transforme en calor producto de la fricción de las moléculas en el sólido.
- Parte de la energía se transmita por el sólido.

“Si la contextura de este sólido es porosa, habrá una cierta cantidad de energía que atraviesa esta superficie por los poros, y otra cantidad que se transforma en calor debido a la fricción de las moléculas que atraviesan la superficie porosa. Estos coeficientes permiten cuantificar el poder absorbente y reflectante de energía sonora de una superficie, como también, la cantidad de

energía sonora que se transmite de un lado al otro de ella” (Sommerhoff, 1987).



**Figura 2.** Flujo de la energía sonora incidente sobre una pared.

Adaptado de (Sommerhoff, 1987)

### 1.16 Coeficiente de reflexión

La razón entre la intensidad de energía reflejada y la intensidad de energía incidente sobre una superficie, se denomina coeficiente de reflexión (Sommerhoff, 1987).

$$\sigma = \frac{I_R}{I_i}$$

(Ecuación 5)

Dónde:

$I_R$  = Intensidad de un sonido reflejado por la superficie [ $W_{ac}/m^2$ ].

$I_i$  = Intensidad del sonido incidente sobre la superficie [ $W_{ac}/m^2$ ].

Por definición del coeficiente de absorción y reflexión, se deduce que éstos tienen un rango entre 0 y 1, y que la suma de ambos coeficientes debe ser uno (Sommerhoff, 1987), luego:

$$\alpha = 1 - \sigma$$

(Ecuación 6)

### 1.17 Coeficiente de transmisión

La razón entre la intensidad de energía transmitida (de un lado al otro de la superficie), a la intensidad de energía incidente sobre la superficie, se denomina coeficiente de transmisión (Sommerhoff, 1987).

$$\tau = \frac{I_t}{I_i}$$

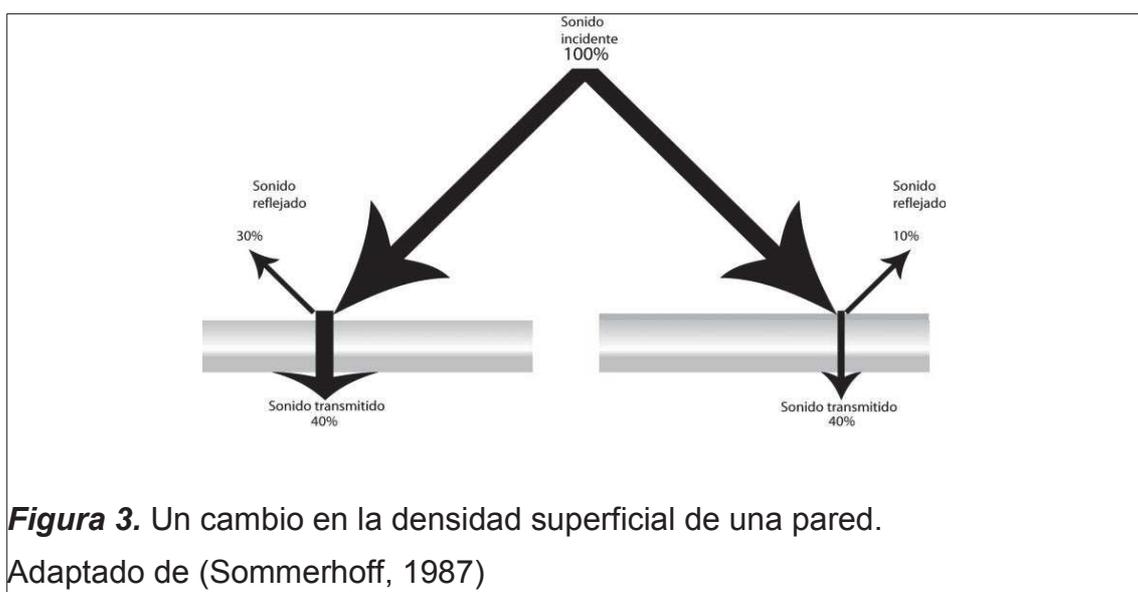
(Ecuación 7)

Dónde:

$I_t$  = Intensidad de sonido transmitida a través de la superficie [ $W_{ac}/m^2$ ].

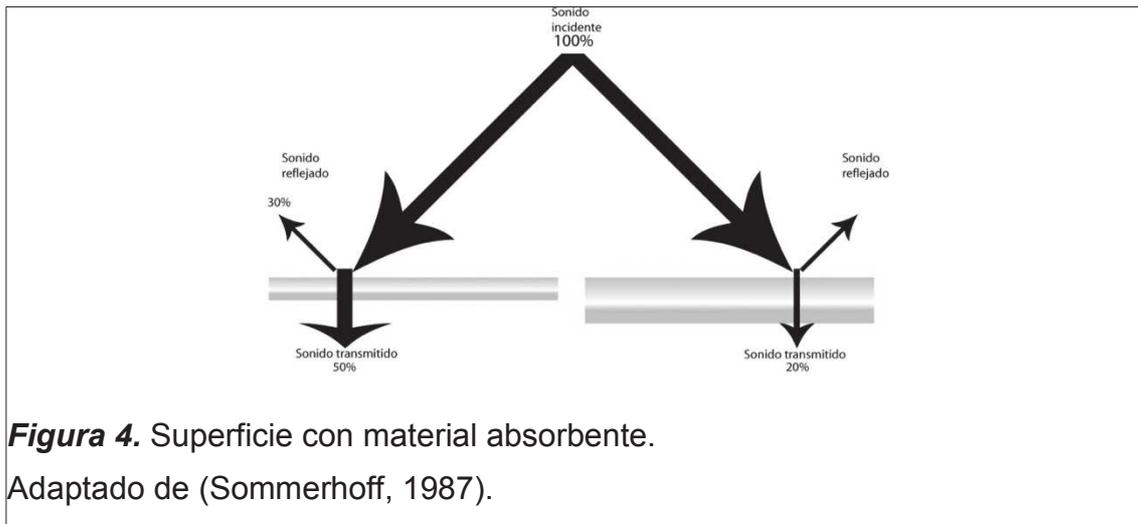
$I_i$  = Intensidad del sonido incidente sobre la superficie [ $W_{ac}/m^2$ ].

No es posible establecer una relación entre el coeficiente de absorción y el de transmisión. El coeficiente de transmisión depende principalmente de la masa y la rigidez de la pared.



**Figura 3.** Un cambio en la densidad superficial de una pared.

Adaptado de (Sommerhoff, 1987)



Cuando un material que posea baja densidad superficial, se adosa a una superficie de alta densidad superficial, el coeficiente de transmisión no se ve alterado pero el coeficiente de absorción y reflexión se verán afectados y aumentarán.

### 1.18 Grado de aislamiento acústico

El grado de aislamiento acústico, se define como la capacidad de un elemento constructivo de reducir la intensidad acústica de un ruido que se propaga a su través (Sommerhoff, 1987).

$$R = L_{pe} - L_{pr}$$

(Ecuación 8)

Dónde:

R = Índice de aislamiento acústico.

$L_{pe}$  = Nivel de presión en el emisor.

$L_{pr}$  = Nivel de presión en el receptor.

Para calcular el aislamiento acústico de elementos mixtos tenemos la siguiente expresión:

$$R_g = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{0.1 R_i}}}$$

(Ecuación 9)

Dónde:

$S_i$  = Área del elemento constructivo en  $m^2$ .

$R_i$  = Aislamiento específico del elemento constructivo de área  $S_i$ .

Para calcular el aislamiento acústico de un cerramiento ciego con ventana tenemos la siguiente fórmula:

$$R_g = 10 \log \left[ \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{0.1 R_c}} + \frac{S_v}{10^{0.1 R_v}}} \right]$$

(Ecuación 10)

Dónde:

$S_c$  = Área del cerramiento en  $m^2$ .

$S_v$  = Área de la ventana en  $m^2$ .

$R_c$  = Grado de aislamiento del cerramiento.

$R_v$  = Grado de aislamiento de la ventana.

### 1.19 Pérdida por transmisión en paredes simples

La diferencia entre los niveles de intensidad de las ondas incidentes y las ondas transmitida a través de una superficie se llama pérdida por transmisión (R), y está relacionado con el coeficiente de transmisión, por la siguiente expresión:

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

(Ecuación 11)

Dónde:

$\tau$  = Coeficiente de transmisión.

Al vibrar una pared, puede dar lugar a ondas de flexión, y cuando la proyección de la longitud de onda del sonido incidente, es igual a la longitud de onda de la onda libre de flexión. A lo largo del panel es cuando se produce el efecto de coincidencia, esto ocurre a la frecuencia crítica (Recuero, 1992).

La ley de masa es una expresión semi-empírica que se puede utilizar para predecir la pérdida por transmisión de particiones delgadas, homogéneas, simples (Recuero, 1992).

En condiciones habituales (campo reverberante) y cuando se realiza una evaluación del aislamiento en tercios de octava, la ecuación que se ajusta mejor es:

$$TL = 20 \log(mf) - 48 \text{ (dB)}$$

(Ecuación 12)

Dónde:

TL = Pérdida por transmisión en dB.

m = Masa de la superficie en kg/m<sup>2</sup>.

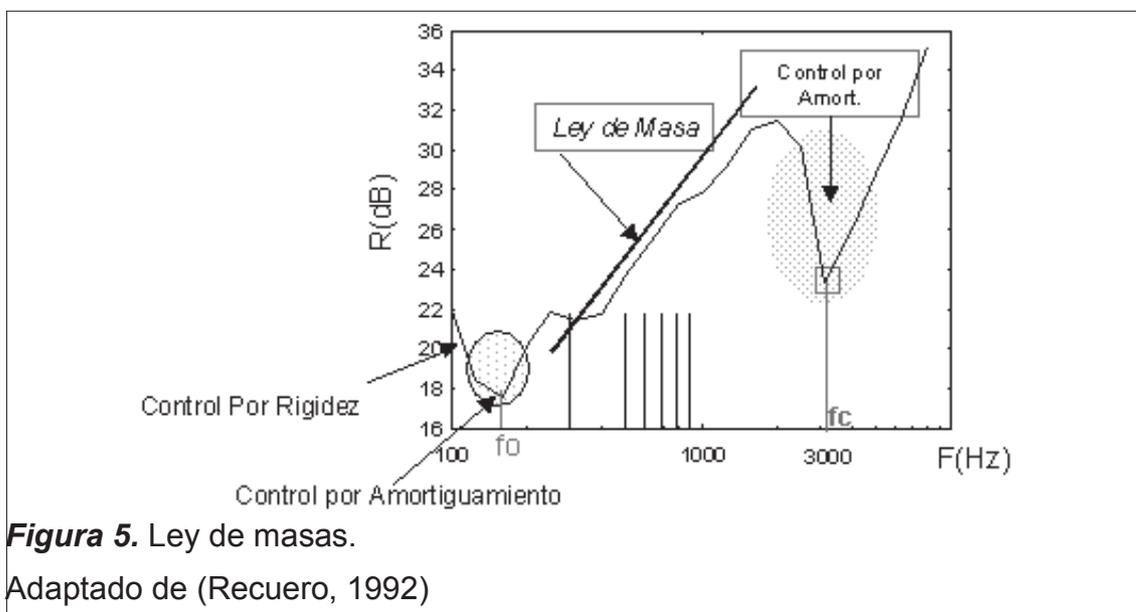
f = Frecuencia en Hz.

Así, existen tres zonas en las que el aislamiento acústico está gobernado por diferentes factores:

- Zona de dominio de la elasticidad ( $f < f_0$ ), correspondiente a muy bajas frecuencias donde el aislamiento desciende hasta  $f_0$ , frecuencia de

resonancia del primer modo vibratorio de la partición, donde es prácticamente nulo (Recuero, 1992).

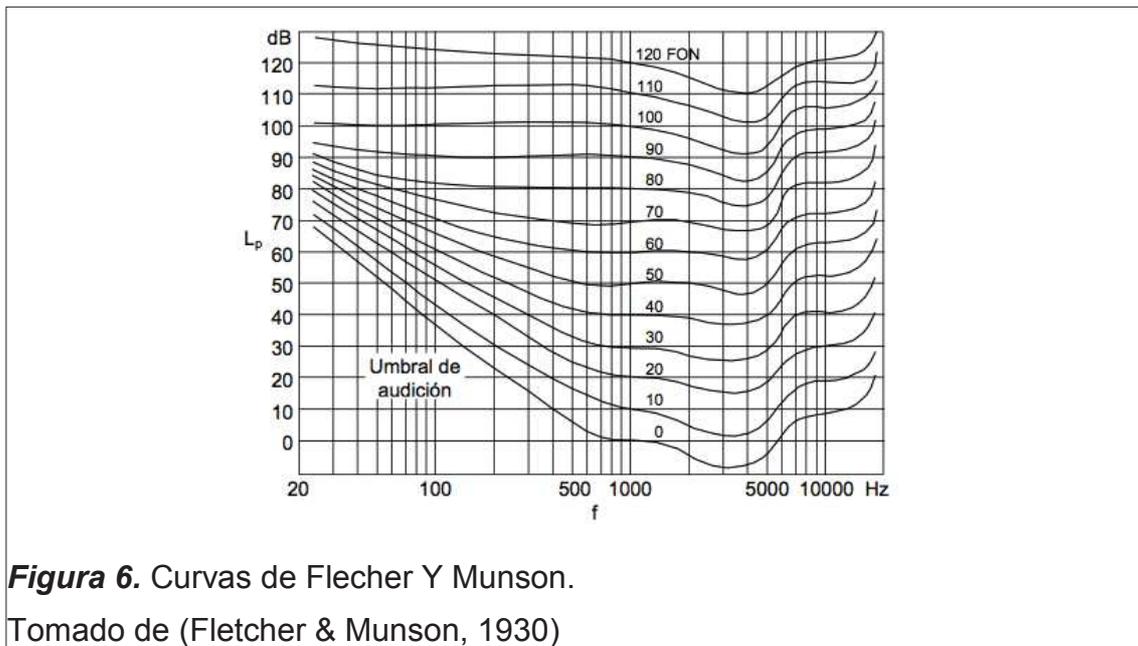
- Zona de dominio de la masa, ( $f_0 < f < f_c$ ), donde el aislamiento es gobernado por la ley de masas, (aumento de 6 dB/octava) (Recuero, 1992).
- Zona de dominio del amortiguamiento interno o coincidencia, ( $f > f_c$ ), donde el aislamiento baja considerablemente hasta llegar a  $f_c$  para después volver a crecer de modo progresivo a razón de unos 10 dB/octava (Recuero, 1992).



### 1.20 Curvas de sonoridad

Debido a que no todos los seres humanos escuchamos de igual manera, la discusión de que si un sonido suena igual a otro se ve en juicio, de tal manera que para determinar lo mencionado, se tomó a un grupo jóvenes adultos con audición normal, de cara a la fuente para que juzguen la presión sonora como igualmente sonoros en el campo libre, estos datos y juicios de igual sonoridad para tonos puros de varias frecuencias y niveles han dado lugar a curvas de igual sonoridad como se ve en la figura 6.

Por ejemplo, la curva que pasa por los 1000 Hz a un nivel de presión sonora de 40 dB es isosónica a un tono con un nivel de presión sonora de 35 dB a 3000 Hz, o a un tono de 100 Hz con un nivel de presión sonora de 50 dB. Se denomina cada curva por su nivel a 1000 Hz, que es la frecuencia de referencia.



**Figura 6.** Curvas de Flecher Y Munson.

Tomado de (Fletcher & Munson, 1930)

El nivel de sonoridad, expresado en fon, es el nivel de presión sonora correspondiente a un dado contorno en la frecuencia 1000 Hz. Se observa que en baja frecuencia y en muy alta frecuencia, la sensibilidad del oído es menor, ya que a igual  $L_p$  el nivel de sonoridad percibido resulta menor. Para realizar una medición que a la vez fuera objetiva pero vinculada a lo percibido, se introdujeron tres filtros, denominados A, B y C, destinados a procesar la señal sonora previamente a su efectiva medición. El filtro A tenía una respuesta en frecuencia aproximadamente opuesta al contorno de 40 fon, el B, opuesta al de 70 fon, y el C, opuesta al de 100 fon de esa manera, cada uno de estos filtros atenúa las frecuencias en que el oído es menos sensible, siendo el resultado aproximadamente indicativo de lo realmente percibido (Fletcher & Munson, 1930).

El oído humano no percibe de igual manera los distintos niveles de presión de las frecuencias, por esta razón se definió el decibelio dB ponderado, el cual es una unidad de nivel sonoro que toma en cuenta la sensibilidad del oído a diferentes frecuencias e intensidades.

Esto dio lugar a la obtención de cuatro escalas de ponderación denominadas A, B, C, D que se encuentran introducidas en los aparatos de medida para corregir sus lecturas adaptándolas a la respuesta del oído.

### **1.21 Escalas de ponderación**

La escala A está pensada como atenuación al oído cuando soporta niveles de presión sonora menores a 55 dB. La escala B representa la atenuación para niveles intermedios es decir de 55 a 85 dB y la C para niveles altos mayores a 85 dB. La D está pensada para niveles muy altos de presión sonora como el despegue de una aeronave turbinas entre otras (Fletcher & Munson, 1930).

### **1.22 Control de ruido**

“Define el control del ruido como la tecnología para obtener un entorno de ruido aceptable para un receptor de acuerdo con consideraciones económicas y operativas, teniendo presente que el receptor puede ser una persona, un grupo de personas, o una pieza del equipamiento cuyo funcionamiento se ve afectado por el ruido que diferenciar entre aislamiento acústico y absorción acústica” (Cyril, 1995).

Aislar acústicamente a un recinto, es proporcionar una protección contra la penetración del ruido a dicho recinto y de manera viceversa. Mientras que acondicionar, es mejorar las condiciones acústicas en el interior del recinto contralando varios parámetros como por ejemplo la reverberación.

### **1.23 Control de ruido en la vía de transmisión**

Consiste en controlar la vía de transmisión para reducir la energía hacia al receptor. Esto puede lograrse de algunas maneras descritas en esta tesis.

### **1.24 Emplazamiento**

Al aire libre, la atenuación máxima se consigue aumentando, en lo posible, la distancia entre la fuente y el receptor.

### **1.25 Disposición de la edificación**

La cuidadosa planificación de la localización de las habitaciones de un edificio, en función de la posición relativa de las fuentes de ruido y áreas en que se desean condiciones de silencio, puede dar como resultado una considerable economía al reducir la magnitud de las medidas de control de ruido que en caso contrario hubieran sido precisas.

### **1.26 Barreras**

Cualquier obstáculo sólido que impide la línea de visión directa entre la fuente y el receptor puede ser considerado como una barrera, creando así una sombra de sonido entre el emisor y el receptor.

Una barrera acústica para que sea eficaz, debe ser lo suficientemente grande en su longitud transversal con respecto a la de longitud de onda incidente en la barrera, esto se debe considerar debido a la difracción del sonido incidente en la barrera, es decir, debe extenderse lateralmente para evitar el paso o difracción que ocurre alrededor de los extremos o límites de la misma, caso contrario, puede llegar a ser prácticamente transparente o inútil.

La distancia desde la fuente a los extremos de la barrera, debe ser al menos dos veces la distancia normal de la fuente a la barrera, o una barrera formando un ángulo de  $160^\circ$  desde el receptor, es decir, la longitud debe ser 4 a 5 veces más largo que la altura.

**1.27 Atenuación de la energía sonora  $\Delta L_B$  por inserción de una barrera mediante la fórmula Kurze-Anderson.**

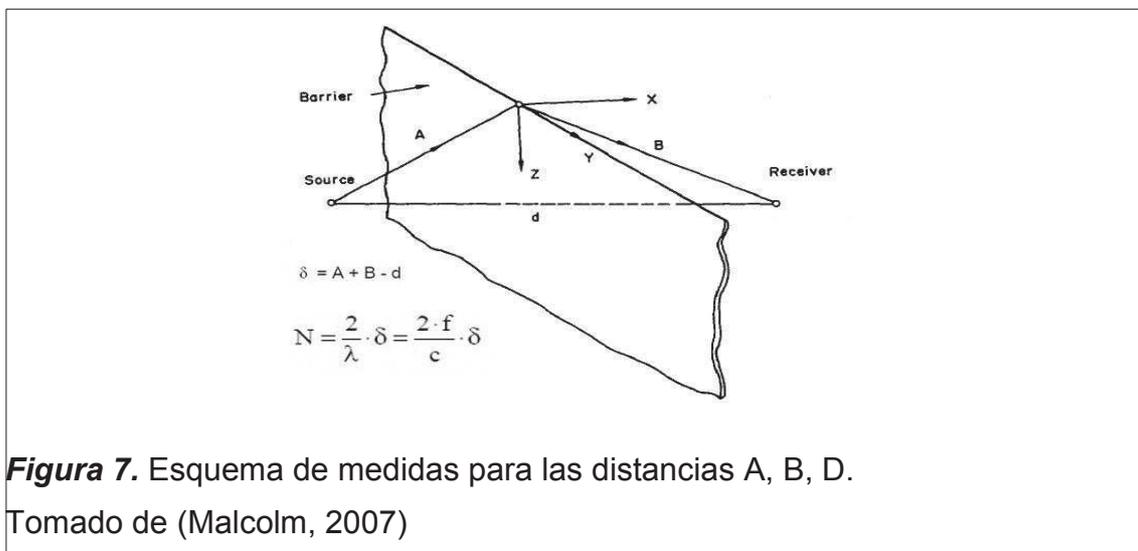
$$\Delta L_B = 5 + 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh \sqrt{2\pi N}} \quad (dB)$$

(Ecuación 13)

Dónde:

$\Delta L_B$  = Atenuación por inserción de una barrera.

N = Numero de fresnel ( $N > 0,2$  y  $N < 12,5$ ).



Para el cálculo de N lo siguiente:

Para  $N > 12.5$ , los datos experimentales muestran que existe un límite superior de 24 dB.

$$N = \frac{2 * f}{c} * \delta$$

(Ecuación 14)

Donde:

f = Frecuencia (Hz).

c = Velocidad del sonido (m/s).

$$\delta = A + B - d$$

Dónde:

A = La distancia del emisor a la cumbre de la barrera.

B = La distancia del receptor a la cumbre de la barrera.

d = La distancia del emisor al receptor.

Para utilizar este método vamos a condicionar que la barrera siempre será de mayor altura con respecto al emisor y receptor.

De tal manera se puede definir la atenuación por la inserción de una barrera con la siguiente expresión:

$$\text{Barrier Att}(dB) = - \left[ 10 \log \left( 3 + \frac{40\delta f}{c} \right) \right]$$

(Ecuación 15)

### 1.28 Atenuación de sonido debido a la propagación

Las ondas sonoras se propagan como una esfera y siguen la "ley del inverso del cuadrado" para la reducción de nivel. Una regla general es que el nivel se reduce en 6 dB por duplicación de la distancia (Stigwood & Stigwood, 2013). Esta regla solo se puede considerar al tener una fuente puntual.

Se puede estimar la atenuación por distancia, para campo libre, con la siguiente expresión:

$$Lp2 = Lp1 + 20 \log \left( \frac{r1}{r2} \right)$$

(Ecuación 16)

Dónde:

$L_{p2}$  = Al nivel de presión en el receptor a una distancia  $r_2$ .

$L_{p1}$  = Al nivel de presión del emisor a una distancia  $r_1$ .

$r_1$  = Distancia de  $L_{p1}$  a la emisor.

$r_2$  = Distancia de  $L_{p2}$  al receptor.

### **1.29 Particiones simples**

Es aquella que tiene dos caras exteriores rígidamente conectadas de manera que se muevan como si fuera una, éste tipo de particiones incluye todos los paneles solidos homogéneos; una partición compuesta puede actuar como una partición simple si su interior es rígido.

La pérdida por transmisión del sonido de un panel simple, depende sobre todo de su masa por unidad de área, su rigidez y el amortiguamiento propio del material o en los bordes del panel (Sommerhoff, 1987).

### **1.30 Aislamiento acústico de ventanas**

La transmisión del sonido a través de ventanas se rige por los mismos principios físicos que afectan a las paredes. Las medidas prácticas de control del ruido influidas por las propiedades del cristal y las características de los montajes de las ventanas (Sommerhoff, 1987).

### **1.31 Cristal único**

El aislamiento acústico que aporta un cristal único aumenta con el espesor del cristal (es decir, al aumentar la masa por unidad de área). La curva de pérdida por transmisión con respecto a la frecuencia, se ajusta de forma razonable a la ley de masa por frecuencias medias, pero a frecuencias altas la bajada por efecto de coincidencia limita las prestaciones (Sommerhoff, 1987).

El cristal laminado (dos o más capas de cristal unidas mediante finas láminas de plástico) puede proporcionar una pérdida por transmisión más alta que el cristal sólido para frecuencias próximas a la bajada de coincidencia, la mejora se debe fundamentalmente al amortiguamiento que brinda el plástico entre las capas de vidrio.

El amortiguamiento depende significativamente de la temperatura; en general, el mejor rendimiento acústico se logra cuando el cristal laminado se mantiene próximo a la temperatura normal de la habitación.

## 2 EL OÍDO Y EL RIESGO AUDITIVO POR EXPOSICIÓN A RUIDO

Uno de los principales órganos del ser humano es su oído y como parte de esta investigación se pretende mencionar los posibles daños que este puede sufrir debido al ruido.

### 2.1 El oído humano

El oído humano está formado por tres secciones: el oído externo, el oído medio y el oído interno.

“El oído humano es un sistema sensible, delicado, complejo y discriminativo permite percibir, interpretar el sonido. La recepción y análisis del sonido por el oído humano, son procesos complicados, no siendo conocidos completamente” (Samir, 1992, p. 44).

El oído externo, es la sección que se encarga de recolectar el sonido y transfiere las vibraciones externas al tímpano, además, se encarga de proteger de elementos externos, como partículas de polvo.

“El oído externo está constituido por tres elementos: pabellón, canal auditivo y tímpano. El pabellón tiene una forma apropiada para coleccionar y transmitir las ondas sonoras que excitan al tímpano” (Samir, 1992, p. 44).

El oído medio, es el encargado de transformar las vibraciones que inciden en el tímpano mediante un acople mecánico con el fluido del oído interno, está compuesto por el tímpano (que separa el oído externo del oído medio), los osículos (martillo, yunque y estribo que es como una cadena ósea denominada así a partir de sus formas). La trompa de Eustaquio, el martillo y el yunque funcionan como un mecanismo de palanca dando lugar a una ganancia mecánica, lo que hace que el incremento total de la presión sea de unas 17,4 veces a 1 (Cyril, 1995).

“El oído medio actúa como amplificador sonoro, aumentando las vibraciones del tímpano a través de ligaciones de éste con tres huesos: Martillo, que golpea contra el Yunque que a su vez está ligado con el Estribo. Este último está ligado a la membrana llamada Ventana Oval. La cóclea es el órgano

responsable de tomar estos movimientos y tiene forma espiral cónica” (Samir, 1992, p. 46).

El oído interno se encarga de originar las señales que se transmiten al cerebro a través del nervio auditivo. El oído interno está lleno de material linfático, mientras que el oído medio está lleno de aire, dada esta circunstancia el oído tiene un pérdida de 30 dB porque el sonido al transmitirse de un medio gaseoso (aire) a un medio líquido (material linfático) incurre un una perdida por cambio de estado.

“Los movimientos de vibración del tímpano y de los huesos del oído medio son transmitidos por nervios hasta el cerebro. La cóclea es la parte responsable para tomar estas vibraciones. La cóclea es la parte responsable para tomar estas vibraciones. La cóclea tiene forma de espiral cónica con tres tubos comprimidos de lado a lado. Los tubos de arriba y abajo se comunican con el oído medio a través de la ventana oval y de la ventana redonda, respectivamente. Ambos tubos están rellenos de un líquido llamado perilinf” (Samir, 1992, p. 46).

En el oído externo el canal auditivo y el tímpano se produce una amplificación de entre 5 dB y 10 dB en las frecuencias comprendidas entre los 2.000 Hz y los 5.000 Hz, lo que contribuye de manera fundamental para la zona de frecuencias a la que nuestro sistema auditivo es más sensible (Cyril, 1995).

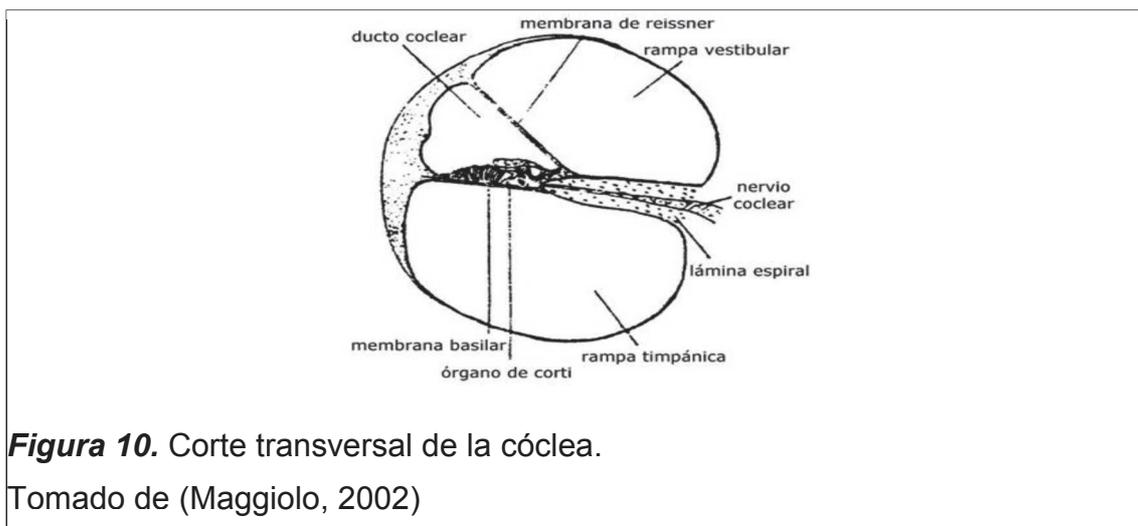
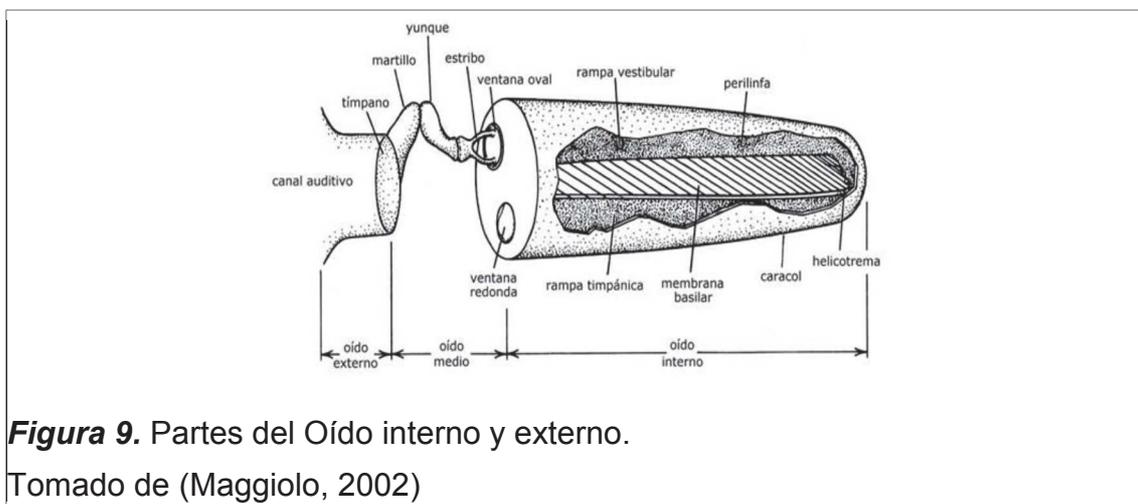


**Figura 8.** Esquema de las partes del oído.

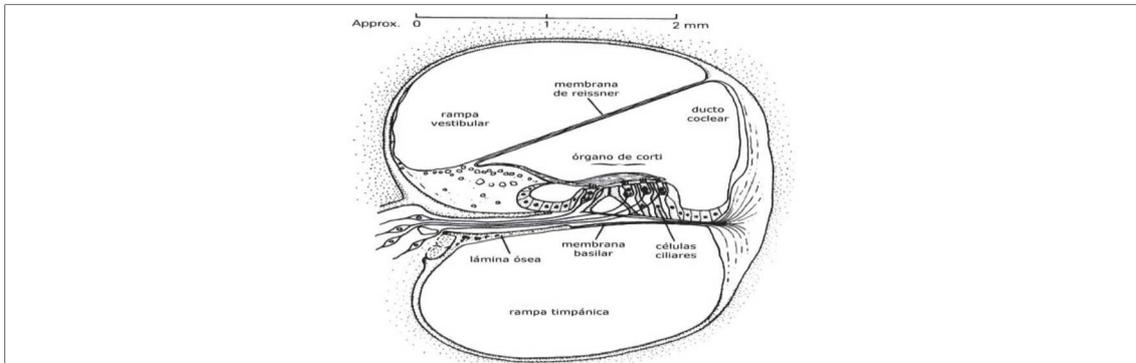
Tomado de (Cyril, 1995)

## 2.2 Transmisión ósea

Las ondas sonoras también llegan directamente al oído interno por medio de los huesos del cráneo, dado que el oído interno se encuentra en una cavidad del hueso temporal, las oscilaciones en el cráneo hacen entrar en oscilación también el fluido linfático, lo que sí resulta evidente es que cualquiera de las dos formas de transmisión de las ondas es igualmente efectiva, sirviendo la transmisión ósea como medio alternativo cuando hay enfermedades en el oído medio. La transmisión ósea es también la responsable de que escuchemos nuestra voz con un timbre distinto al que lo escucha el resto de las personas.

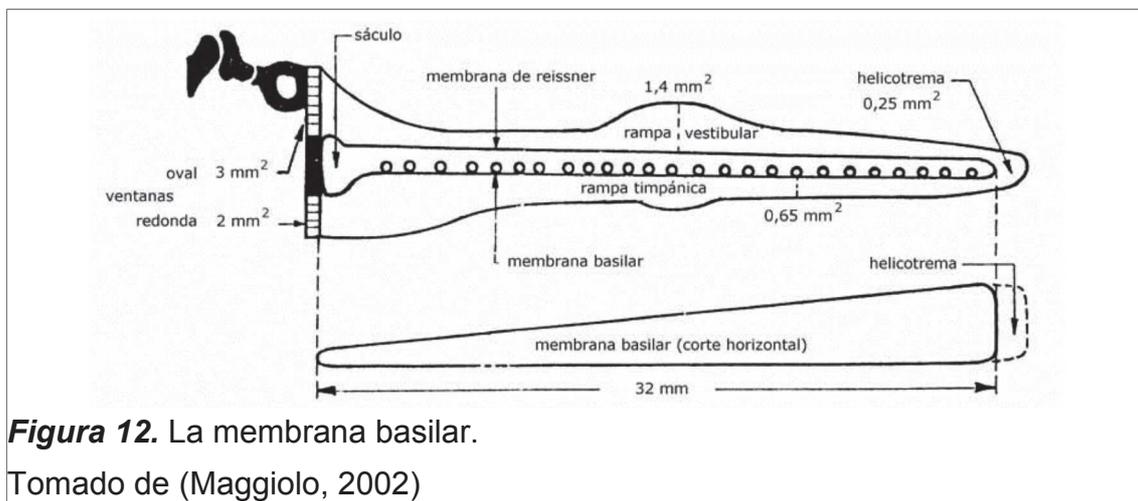


Cuando la membrana basilar entra en movimiento las células ciliares generan impulsos eléctricos que son transmitidos al cerebro este se encuentra en el órganos de Corti.



**Figura 11.** El órgano de Corti. Tomado de Tomado de (Maggiolo, 2002)

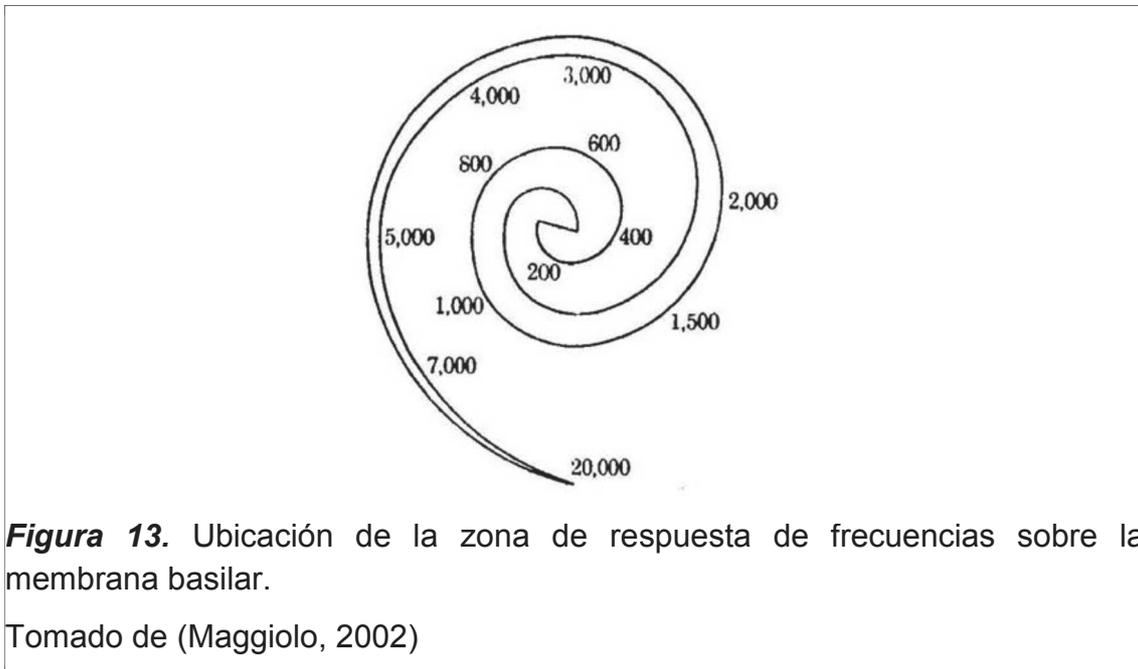
La membrana basilar no llega hasta el final de la cóclea dejando un espacio para la intercomunicación del fluido entre la rampa vestibular y la timpánica, llamado helicotrema que tiene aproximadamente unos  $0,3 \text{ mm}^2$  de superficie.



**Figura 12.** La membrana basilar. Tomado de (Maggiolo, 2002)

La membrana basilar se deforma como producto del movimiento del fluido linfático dentro de la cóclea. El punto de mayor amplitud de oscilación de la membrana basilar varía en función de la frecuencia del sonido que genera su

movimiento, produciendo así la información necesaria para nuestra percepción de la altura del sonido.



**Figura 13.** Ubicación de la zona de respuesta de frecuencias sobre la membrana basilar.

Tomado de (Maggiolo, 2002)

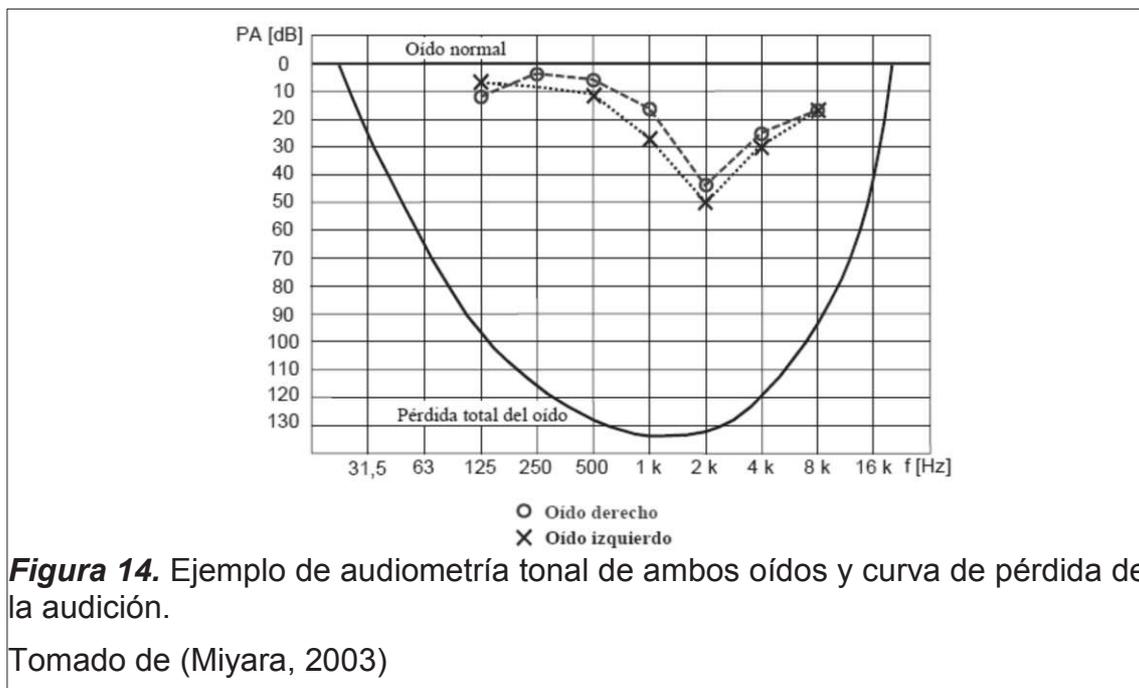
### 2.3 El nivel umbral de audición

El umbral de audición está regido al mínimo nivel que el ser humano es capaz de escuchar en una frecuencia determinada, si ponemos un ejemplo: una persona que tenga un oído normal o sano, deberá tener en término medio un nivel de umbral de audición de 0 dB en todas las frecuencias audibles.

“La presión acústica mínima que el oído puede detectar, se denomina umbral de audición. La experiencia confirma que es umbral varía con la frecuencia y con el individuo” (Llopis, 2008, p. 144).

Para lograr determinar estos valores, se debe realizar una audiometría tonal que consiste en determinar y representar gráficamente los valores de audición tonal.

El gráfico normalizado que se utiliza para ello es el que se ilustra en la figura 14. En él se representa la pérdida auditiva, que es la denominación habitual para el nivel umbral de audición. En el diagrama audio métrico se incluye la recta de audición normal y la curva de pérdida total de la audición.



## 2.4 Efectos del ruido

El ruido tiene efectos negativos para la salud del ser humano, se han presentado trastornos psicológicos y físicos como irritación y pérdida de audición respectivamente. A su vez, puede generar situaciones no favorables en el desempeño diario ya sea en lo laboral o en su entorno cercano.

## 2.5 Desplazamiento del umbral del oído asociado con la edad

El desplazamiento del umbral debido sólo a la edad se lo conoce como presbiacusia.

Existen dos casos en que el umbral de audición del oído se desplaza. El primero es considerar que se trata de personas “otológicamente normales”, es

decir, personas en buen estado de salud, sin antecedentes de enfermedades auditivas ni de exposiciones indebidas a ruidos, son aquellas que naturalmente pierden capacidad auditiva a razón del tiempo. El segundo caso a considerar es el de aquellas personas que no son expuestas a ruidos laborales, pero pertenecen a una sociedad que está expuesta a ruidos de tránsito o al ruido propio de las ciudades.

“El límite superior de 16 KHz está referido a una persona sana con una edad cercana a los 20 años comienza a disminuir con la edad, a razón de 1 KHz por cada diez años” (Möser & Barros, 2009, p. 18).

## **2.6 Umbrales de exposición al ruido**

Son las condiciones determinadas por los niveles de presión sonora y la duración de las exposiciones bajo la cual es actualmente aceptado, que por lo general, todos los trabajadores pueden ser expuestos repetidamente sin sufrir efectos adversos en su habilidad para oír y entender una conversación normal. Para ello, existen tablas que muestran los niveles máximos permitidos según el nivel de exposición a ruido constante con respecto al tiempo.

“Los límites de sonido audible no pueden definirse con mucha precisión. El límite superior es diferente para cada individuo, dependiendo de los factores como la edad, la exposición prolongada a sonidos intensos, tales como el ruido en el trabajo o música con elevado volumen” (Möser & Barros, 2009, p. 22).

## **2.7 Hipoacusia**

“Es la pérdida parcial de la capacidad auditiva. Esta pérdida puede ser desde leve o superficial hasta moderada, y se puede dar de en uno o ambos oídos; esta pérdida puede ser de más de 40 dB en adelante” (Miyara, 2003).

Las personas con pérdida de audición pueden experimentar alguno de los siguientes problemas o todos:

- Dificultad para escuchar conversaciones, especialmente cuando hay ruido de fondo.

- Siseo, ronquido o zumbido en los oídos (tinnitus o acúfenos).
- Dificultad para oír la televisión o la radio a un volumen normal.
- Fatiga e irritación causada por el esfuerzo para oír.
- Mareo o problemas de equilibrio.

Como menciona Aram Gorig, (1995), médico higienista, quien realizó investigaciones sobre criterios de riesgo auditivo, utiliza la exposición en términos de nivel sonoro del ruido con compensación A, en lugar de clasificarlo en términos de su distribución espectral.

**Tabla 1.** Criterio de Gorig sobre riesgo porcentual de daño auditivo.

Tomado de (Gorig, 1995)

<b>Edad</b>		18	23	28	33	38	43	48	53	58	63
<b>Años de exposición</b>		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
<b>Nivel de exposición [dBA]</b>	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	85	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
	90	0	4	10	14	16	16	18	20	21	15
	95	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
	100	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
	105	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
	110	0	26	55	70	76	78	77	72	62	45
	115	0	36	71	82	86	84	81	75	64	47

“El criterio, indicado, considera la cantidad de años de exposición así como la edad, y proporciona el riesgo porcentual de adquirir una discapacidad auditiva permanente por exposición a ruido, definida como un aumento promedio de 25 dB en el umbral auditivo correspondiente a las frecuencias de 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz a partir del cual comienza a haber dificultades para la inteligibilidad de la palabra hablada. El riesgo, a su vez, se define como la diferencia entre el porcentaje de personas en un grupo sometido a una determinada exposición a ruido que adquiere discapacidad auditiva permanente y el porcentaje de personas no expuestas que adquiere dicha discapacidad” (Gorig, 1995).

## 2.8 Las hipoacusias conductivas

Se originan por algún mal funcionamiento del oído externo o del oído medio. Constituyen trastornos de la conducción del sonido. Pueden deberse a una

razón tan simple como una obstrucción del conducto auditivo por un tapón de cerumen, a un desgarramiento del tímpano (que normalmente se regenera en forma natural)

## **2.9 Las hipoacusias perceptivas por exposición a ruido**

Esto se da cuando se causa daño a las células ciliadas (hipoacusia coclear) o al nervio auditivo (hipoacusia retro coclear). En cualquiera de los dos casos, los daños son generalmente irreversibles.

Las hipoacusias perceptivas inducidas por ruido, pueden ser a su vez de dos clases: las ocasionadas por algún accidente auditivo (por ejemplo una explosión demasiado cerca del oído), cuya consecuencia puede variar desde una perforación del tímpano, hasta la destrucción del oído interno, y las causadas a lo largo de años de exposición a ruido de alto nivel.

En el primer caso, puede recuperarse si se trata de un desgarramiento del tímpano, ya que si el desgarramiento se produce de manera rápida, como para no superar la inercia de la cadena de huesecillos el oído interno, no recibe un estímulo suficientemente intenso como para destruirse. En el segundo caso, es cuando la afección se desarrolla paulatinamente, se debe en general a la destrucción gradual de las células ciliadas, ya sea en forma aislada o en grupos.

En algunos casos la destrucción es por causas mecánicas (por estar sometidas a esfuerzos mecánicos mayores que lo que toleran), y en otros por causas metabólicas (falta de oxigenación por la constricción de los vasos sanguíneos en presencia de ruidos intensos).

### **3 MARCO LEGAL**

La documentación legal en cuanto a normativas en el país considerada para este trabajo de investigación son la base para revisar la problemática de ruido en los trabajadores

De este modo que este capítulo, se refiere a un breve análisis a cerca de las normativas vigentes en el País, de manera que genere un aporte en el cuidado de la salud auditiva para los trabajadores de la Central Termoeléctrica Miraflores.

Como parte de este estudio, se consideró el decreto 2393, que nos habla acerca de la seguridad salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente, para empresas con más de 100 colaboradores o más de 50 con alto riesgo.

#### **3.1 Decreto ejecutivo 2393 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo**

Este decreto ejecutivo 2393 menciona lo siguiente: el Estado Ecuatoriano debe precautelar la seguridad y bienestar de los trabajadores, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos del trabajo, higiene y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

El decreto ejecutivo 2393 compromete al Estado ecuatoriano mediante un comité interinstitucional, a ser el canal de control para el bienestar del trabajador, en las diferentes áreas de trabajo, tanto en higiene y seguridad, donde los empleadores, intermediarios, trabajadores tienen derechos y obligaciones.

Este decreto podrá aplicarse a lugares de trabajo permanente o temporal, es decir, deben cumplir ciertos requerimientos y condiciones generales en las áreas de trabajo y de igual manera, las condiciones ambientales como: calor, temperatura, emisión de gases y ruidos; siendo este último el de mayor interés para este estudio.

En el Art. 55 del Decreto Ejecutivo 2393, habla acerca del riesgo auditivo por ruido y vibraciones: considerando que en los procesos industriales donde existan contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando la generación, emisión, y transmisión. Sólo cuando sea técnicamente imposible evitar su generación, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.

Para coordinar las acciones ejecutivas de los organismos del sector público, existirá un Comité Internacional de Seguridad e Higiene del trabajo que tendrá funciones de acción y control de las acciones ejecutivas.

### **3.2 Ordenanza Municipal del cantón Manta acerca del control de ruidos.**

Esta ordenanza tiene como objetivo mejorar las condiciones ambientales del cantón Manta. En el título V, señala que el control de ruidos, prohíbe la producción de ruidos y vibraciones en lugares públicos, sin importar la forma en la que se provoque y que estos produzcan molestias trastornos mentales o físicos a la ciudadanía en general.

Establece que los propietarios de talleres y representantes de compañías ubicadas dentro del cantón Manta, así como constructores que utilicen maquinarias que generan emisiones de ruido para sus actividades y vibraciones que ocasionen molestias, trastornos mentales, físicos o psicológicos.

Así mismo esta Dirección de Gestión Ambiental del Municipio de Manta establecerá un plan de acción en materia de ruido y vibraciones para concientizar a la ciudadanía y se considerara los siguientes aspectos:

- Prevención de la contaminación acústica.
- Control y corrección de la contaminación acústica.
- Información y conciencia del público.
- Elaboración de mapas de ruido.

- Establecimiento de un catálogo de actividades potencialmente contaminantes por ruido y vibraciones.
- Determinación de los objetivos de calidad acústica asociados a los índices de emisión e inmisión de ruidos y vibraciones.
- Duración de exposición a ruido.
- Mecanismos de financiamiento de campañas de control de contaminación por ruido.

### 3.2.1 Valores límite de inmisión de ruido en ambiente interior.

Ningún emisor acústico podrá producir unos niveles de inmisión de ruido en ambientes interiores de los edificios propios o colindantes que superen los valores establecidos en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Valores objetivos expresados en LAeq (dB)

Área de Sensibilidad Acústica	Uso del recinto	Período diurno	Período Nocturno
Tipo VI (Área de trabajo)	Sanitario	40	30
Tipo VI (Área de trabajo)	Docente	40	30
Tipo VI (Área de trabajo)	Cultural	40	40
Tipo VI (Área de trabajo)	Oficinas	45	45
Tipo VI (Área de trabajo)	Comercio	50	50
Tipo VI (Área de trabajo)	Industrial	60	55
Tipo VII (Área de vivienda)	Residencial	35	30
Tipo VII (Área de vivienda)	Residencial	40	35
Tipo VII (Área de vivienda)	Hospedaje	40	30

Para actividades no mencionadas en el cuadro anterior, los límites de aplicación serán los establecidos por usos similares que sean regulados.

### 3.2.2 Valores límites de emisión de ruido de los vehículos a motor, maquinarias e instalaciones de climatización o ventilación forzada.

Ningún tipo de maquinaria, instalaciones de climatización o ventilación forzada, utilizadas en la jurisdicción cantonal de Manta, podrán superar en más de 4 dB (A) los límites de emisión de ruidos.

### 3.3 Metodología de evaluación para ruido

El artículo 55 del decreto 2393 fija como límite máximo 85 dB(A)  $L_{Aeq}$  (T=8h), medidos donde el trabajador mantiene su cabeza durante 8 horas de trabajo en un ambiente de ruido continuo, sin embargo si la actividad es intelectual o de concentración el nivel máximo permitido será de 70 dB(A).

**Tabla 3:** Relación entre el tiempo de exposición a ruido y los niveles de exposición.

Tomado del decreto ecuatoriano 2393

Nivel sonoro /dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

La tabla 3 indica valores de  $L_{Aeq}$  según un tiempo de exposición por jornada de trabajo.

Comparando la tabla 3 con la guía técnica española para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido según el real decreto 286/2006, hemos notado que la tabla parece no seguir el mismo criterio de exposición a ruido que el decreto 2393 de Ecuador, por ejemplo, la tabla 3 admite que un trabajador sea expuesto a un nivel de presión sonora igual a 90 dB por 4 horas, y el nivel de exposición según el real

decreto 286/2006 es igual a  $L_{Aeq(T=4h)} = 87$  dB. Lo que implica que un trabajador según el decreto 2393 puede estar a (90 dB) durante 4 horas y según el real decreto 286 solo puede estar a 87 dB.

Cuando se usa la ecuación 3 para  $L_{Aeq}$  junto al criterio de exposición máxima de  $L_{Aeq(8h)} = 85$  dB Los valores que se obtienen son:

**Tabla 4.** Relación entre el tiempo de exposición a ruido y los niveles de exposición calculados según fórmula (4)

Nivel de exposición máxima $L_{Aeq(T)}$ ESTABLECIDA T=8 horas	NPS en el sitio de trabajo	Jornada de trabajo evaluación (H)	$L_{eq}$ nivel de exposición diaria
85 dB (A)	85	8	85
	90	4	87
	95	2	89
	100	1	91
	110	0,25	95
	115	0,125	97

Como se muestra en la tabla 4, los valores calculados son distintos a los mostrados en la tabla 3, se demuestra que, por ejemplo si una persona está expuesta a un NPS igual a 95 dB(A) por 2 horas su exposición en  $L_{Aeq}$  (8 horas) es 89 dB, es decir, su exposición supera el máximo permitido que es 85 dB  $L_{Aeq}$  (8 horas). Al tener criterios diferentes por la tasa de incremento que tiene diferencia de 3 dB y 5 dB entra la española y la ecuatoriana respectivamente la tabla 3 del decreto 2393 deja en zona de riesgo a un trabajador si se compara con el decreto 286.

La tabla 5 muestra el referencial del tiempo máximo de exposición permitida para varios niveles de presión sonora continua, utilizando la fórmula general de nivel presión sonora equivalente (ecuación 4).

**Tabla 5.** Tiempo máxima de exposición permitida en una jornada de trabajo máximo de 8 horas

NIVEL DE EXPOSICIÓN MÁXIMA PERMITIDA $L_{Aeq}$ (dB)	Tiempo de referencia (T) en horas para obtener el $L_{Aeq}$	NIVEL DE EXPOSICIÓN SONORA (dB) VARIABLE	TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN PERMITIDA (h)
85	8	70	252:58:56
		75	80:00:00
		80	25:17:54
		85	8:00:00
		90	2:31:47
		95	0:48:00
		100	0:15:11
		105	0:04:48
		110	0:01:31
		115	0:00:29
		120	0:00:09

Se considera que los valores de exposición establecidos en el decreto 2393 parecen ser incorrectos y parecería que estos no están protegiendo a los trabajadores que se encuentran expuestos a esos niveles de ruido.

Por tal motivo para los resultados se toma en cuenta el real decreto 286 para determinar la exposición a ruido de los trabajadores.

En el decreto 2393 sobre la evaluación a exposición por ruidos de impacto, se menciona que un trabajador puede estar expuesto a varios eventos de impactos y a varios niveles los cuales parecen ser excesivos en comparación con la guía técnica española para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.

Para determinar el tiempo máximo en que un trabajador puede estar expuesto a ruido, el decreto 2393 establece el parámetro Dosis de Ruido (D) siendo el valor de 1 el valor de dosis diaria permitida (Decreto Ejecutivo 2393, 1986).

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:

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \dots + \frac{Cn}{Tn}$$

(Ecuación 17)

Dónde:

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

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

El decreto 2393 dice también que en ningún caso se permitirá sobrepasar el nivel de 115 dB (A) cualquiera que sea el tipo de trabajo.

### **3.4 Metodología de medición y evaluación según normativas españolas**

Para comenzar a referirnos a la metodología y evaluación según España debemos considerar que esta problemática tiene muchos años más de estudio en España que en nuestro país, por esta situación se ha tomado como referente estas normativas para el desarrollo de esta tesis.

A continuación se mencionan algunas normas que tratan de la problemática del ruido ambiental y laboral según sea el caso.

REAL DECRETO 286/2006, Sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

REAL DECRETO 213/1992: información, determinación y control sobre el ruido aéreo emitido por los aparatos domésticos.

LEY 38/1999: Ordenación de la Edificación.

REAL DECRETO 1257/2003: Regulación de los procedimientos para la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en aeropuertos.

LEY 37/2003: Acerca del Ruido ambiental.

ORDEN FOM/926/2005: Donde se regula la revisión de las huellas de ruido de los aeropuertos.

REAL DECRETO 1513/2005, Donde se desarrolla la Ley 37/2003, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

REAL DECRETO 314/2006: Por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

REAL DECRETO 315/2006: Por el que se crea el Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación.

REAL DECRETO 1371/2007: Por el que se aprueba el documento básico DB-HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

REAL DECRETO 1367/2007: Por el que se desarrolla la Ley 37/2003, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

ORDEN ITC/2845/2007: Por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos.

REAL DECRETO 1675/2008: Por el que se modifica el Real Decreto 1371/2007, por el que se aprueba el Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

ORDEN VIV/984/2009: Por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, y el Real Decreto 1371/2007.

Considerando el objetivo de nuestro estudio se utiliza el Real Decreto 286/2006 para que dispone que el Instituto de seguridad e Higiene en el trabajo elabore y actualice la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados por la exposición a ruido. En base a esto El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) elabora la Guía Técnica Para la Evaluación y Prevención De Los Riesgos Relacionados Con La Exposición De Los Trabajadores Al Ruido (INSHT, 2008).

### **3.4.1 Metodología de medición según el Real Decreto 286/2006**

En el Anexo II del RD 286/2006 indica una metodología de medición y nos dice que:

“Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado. (INSHT, 2008)

El número, la duración y el momento de realización de las mediciones tendrán que elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de éstas es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el Real Decreto” (INSHT, 2008).

### **3.4.2 Metodologías para la medición de varios tipos de ruido**

Si el ruido es estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo (INSHT, 2008).

En caso de efectuar la medición con un sonómetro se realizará como mínimo 5 mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ( $L_{Aeq, T}$ ) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador promediador o con un dosímetro se tendrían en cuenta que, se podría obtener directamente el  $L_{Aeq, T}$  con mediciones de corta duración a lo largo del periodo T pero se consideraría

como  $L_{Aeq, T}$  como ruido periódico. Como precaución podrían efectuarse un mínimo de la media aritmética de ellas.

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo  $T$ , cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador o un dosímetro entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente ( $L_{LAeq}$ ) obtenidos es inferior o igual a 2 dB, el número de mediciones puede limitarse a tres. Si no, el número de mediciones deberá ser como mínimo de cinco. El  $L_{Aeq}$  se calcula entonces a partir del valor medio de los  $L_{Aeq}$ , obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica a continuación (INSHT, 2008).

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo  $T$  determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador-promediado o con un dosímetro. (INSHT, 2008)

La evaluación del ruido de impacto se efectuará, tal como exige el Real Decreto 1316/89, mediante la medición del nivel de pico, que se realizará en el momento en que se espera que la presión acústica instantánea alcance su valor máximo.

### **3.5 Acerca de la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionadas con la exposición de los trabajadores a ruido**

Después de haber investigado la guía técnica española para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido de 2008 se obtuvo la información necesaria para la evaluación y medición de ruido así como los efectos que este causa a los trabajadores.

En el artículo 6 y el artículo 7 de esta guía habla acerca de la evaluación de los riesgos y evaluación presentándonos un organigrama basado en los niveles máximos permitidos y de la exposición diaria (INSHT, 2008)

La figura 15 se divide en 3 niveles de acción y un nivel aceptable.

\*Si al efectuar la EVALUACIÓN el  $L_{A(eq, d)}$  es  $\leq 80$  dB(A) o  $L_{(pico)} \leq 135$  dB(C) se está en un nivel donde el trabajador está en un nivel ACEPTABLE.

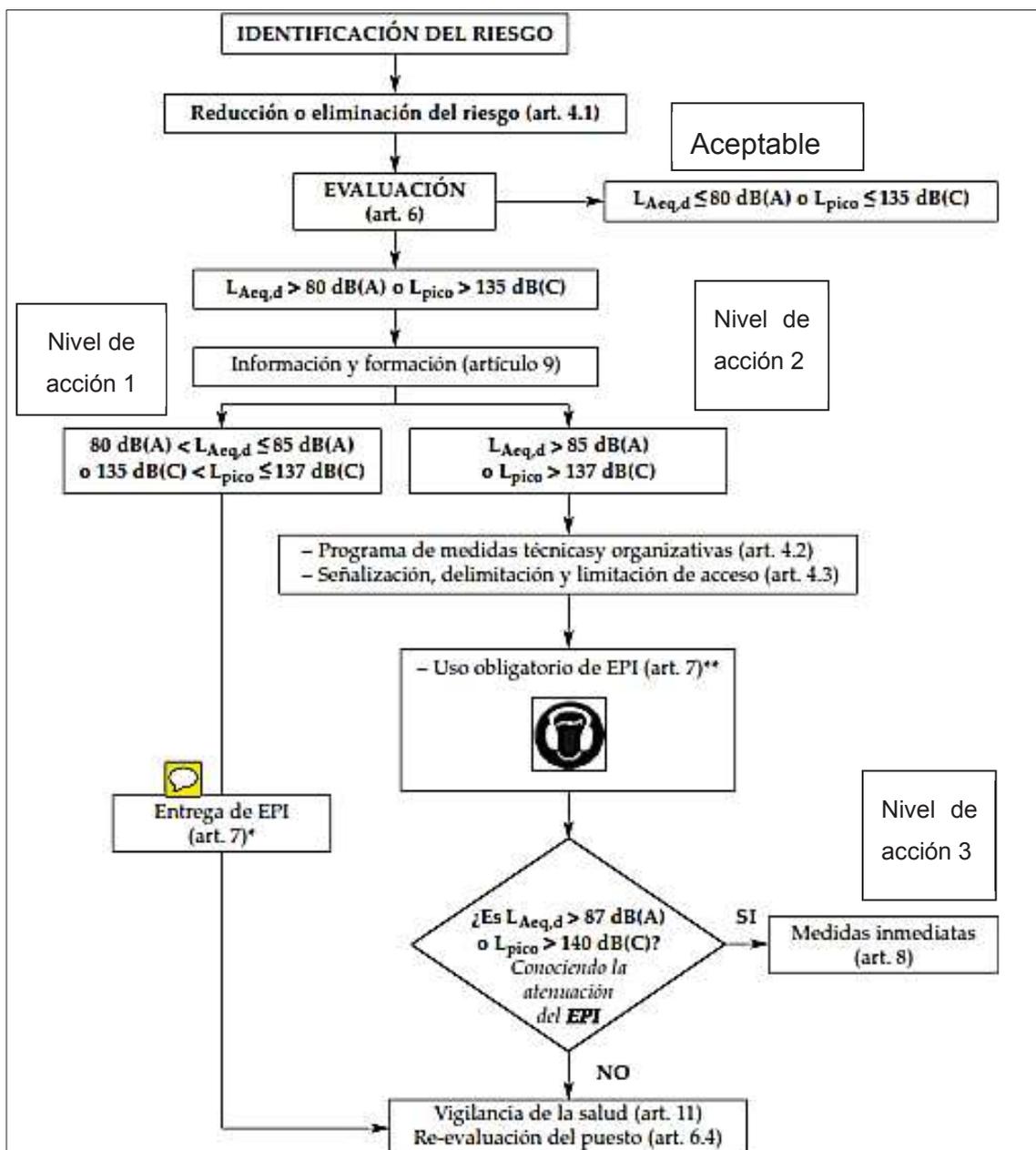
\*Si al efectuar la EVALUACIÓN el  $L_{A(eq, d)}$  es  $> 80$  dB(A) y  $\leq 85$  dB(A) o  $L_{(pico)} > 135$  dB(C) o  $\leq 137$  dB(C) se está en un nivel donde se aplicara NIVEL DE ACCIÓN 1 y se proporcionara información y formación, además se realiza:

- Entrega de Equipo de Protección Individual (EPI)

\*Si al efectuar la EVALUACIÓN el  $L_{A(eq, d)}$  es  $> 85$  dB(A) o  $L_{(pico)} > 137$  dB(C) se está en un nivel donde se aplicara NIVEL DE ACCIÓN 2 y se entregara información y formación además se realiza:

- Programas de medidas técnicas y organizativas se realiza
- Señalización delimitación y limitación de acceso.
- Uso obligatorio de EPI.

\*Si al efectuar la EVALUACIÓN el  $L_{A(eq, d)}$  es  $> 87$  dB(A) o  $L_{(pico)} > 140$  dB(C) se está en un nivel donde se aplicara NIVEL DE ACCIÓN 3 es decir, medidas de acción inmediatas. De no llegar a este límite dependiendo del EPI se realiza vigilancia y reevaluación del puesto de trabajo.



**Figura 15.** Diagrama de evaluación de riesgos según la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.

Tomado de guía técnica española (INSHT, 2008)

## **4 MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDO EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA MIRAFLORES**

La evaluación de ruido en la Central Termoeléctrica Miraflores parte del precedente de una solución al problema de ruido que se tiene en las instalaciones, en los puestos de trabajo y a sus alrededores.

Se planifica realizar una medición para encontrar los problemas y de esta manera poder presentar una solución a dicha problemática.

### **4.1 Análisis de metodologías de medición y evaluación**

Las metodologías para esta investigación no fueron extensas y se utilizó herramientas como hojas de cálculo para levantar los datos con el equipo de medición, de tal manera que se tomaron ciertos decretos y criterios para la toma de muestras de NPS en los puntos establecidos.

En cuanto a la metodología de medición hay varias normativas, ordenanzas y decretos que hablan acerca de cómo realizar una medición de ruido tanto ambiental como laboral, sin embargo no existe una metodología específica y extensa para la medición de ruido dentro de industrias.

Sobre la metodología de evaluación para determinar la exposición a ruido se utilizó el Decreto 2393, que es una guía para la evaluación de riesgo auditivo para los trabajadores por exposición a ruido, la cual no es muy detallada a comparación de normativas internacionales como guía técnica española para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido según el real decreto 286/2006, lo que dificulta el evaluar correctamente la exposición a ruido de trabajadores en Ecuador.

A medida que la investigación avanzó, se encontró con la dificultad de no tener toda la metodología adecuada para poder realizar una buena evaluación, se decidió seguir utilizando la metodología que teníamos al alcance, es decir, el decreto 2393, con la finalidad de encontrar las dificultades y deficiencias en comparación de las metodologías internacionales.

Para presentar la información se tomó como referencia el informe técnico descrito en la resolución N°002 y se consideraron los siguientes puntos.

- 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 en el punto de medición;
- 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.

#### **4.2 Planificación de la toma de muestras**

Se identificó los puntos de medición según el tránsito y zonas de trabajo de los obreros dentro de las diferentes áreas de la empresa, de esta forma se logro levantar información acerca de la distribución, temperatura, humedad y turnos de trabajo.

#### **4.3 Ubicación del sonómetro**

Las mediciones se realizaron en los puestos de trabajo y lugares de circulación de los obreros según la naturaleza de su trabajo, se ubicó el sonómetro integrador a la altura de donde el obrero realiza sus labores. Es decir se

consideró una altura de 1.50 m del suelo. Y por lo menos a 3 metros de límites que produzcan reflexiones.

#### **4.4 Numero de mediciones**

Encontramos que la naturaleza del ruido existente en todas las áreas dentro de la Central termoeléctrica Miraflores era de carácter estable y constante dado que la diferencia de nivel de presión sonora entre una medición y la otra no sobre pasaban los 5 dB, además que no existían ruidos impulsivos. Al tratarse de un ruido estable y continuo de tal manera se consideró que dos muestras por lugar identificado eran suficientes para determinar el nivel de presión sonora constante que existía en cada sitio.

#### **4.5 Duración de las mediciones**

Consideramos tomar muestras de un minuto al tratarse de ruido estable continuo, a pesar de que el INSHT dice que si la medición se realiza con un sonómetro integrador se puede obtener directamente el  $L_{Aeq, T}$ , con mediciones de corta duración.

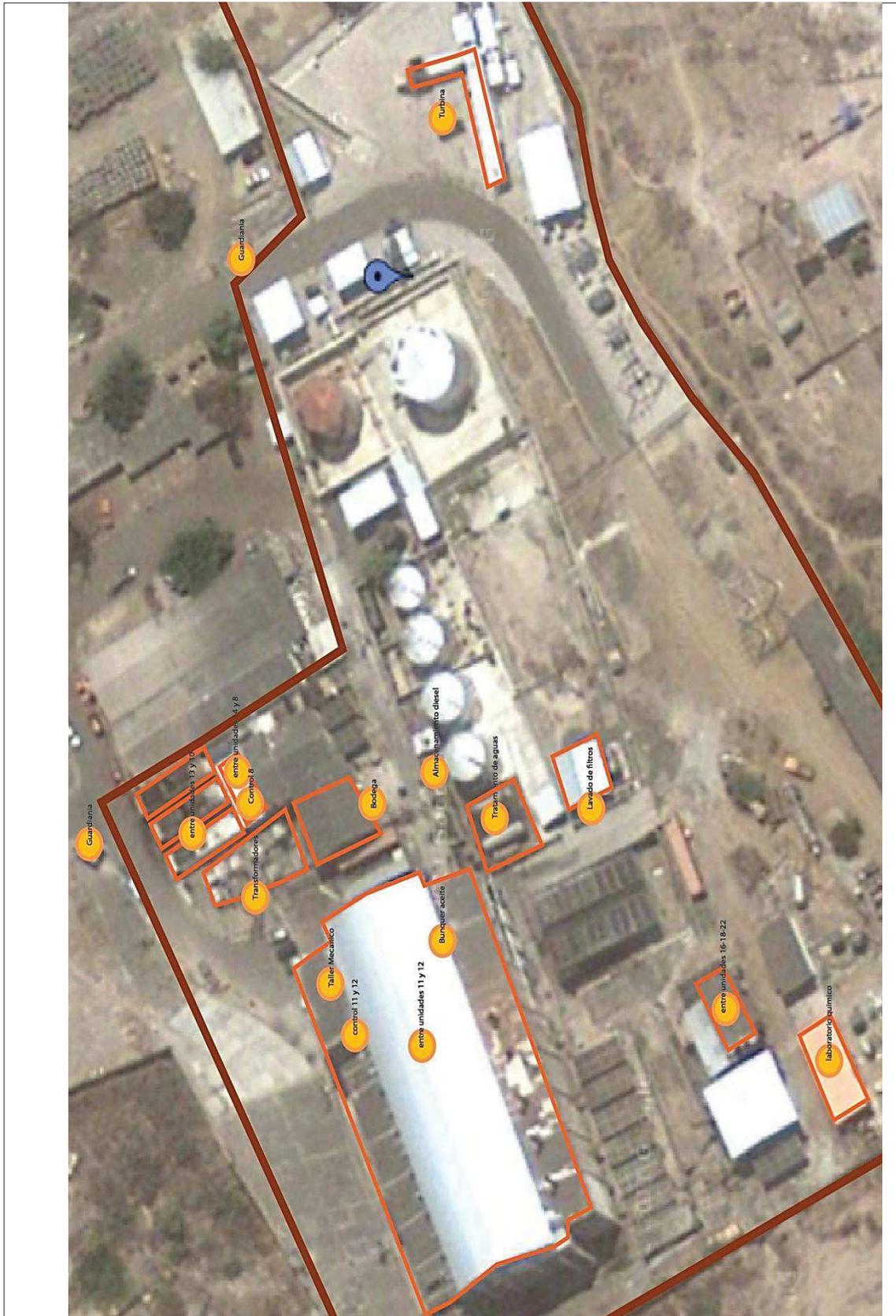
#### **4.6 Registro de medición**

Se elaboró una hoja de ruta donde se ubicó las condiciones atmosféricas, la descripción del punto y el registro de  $L_{Aeq}$  en cada punto.

La tabla 11 hace referencia a las horas de trabajo en el área de evaluación por obrero, este dato se levantó haciendo una encuesta rápida acerca de las horas aproximadas de trabajo en dichas áreas por turno de trabajo.

#### **4.7 Ubicación de las áreas y de los puntos de medición**

A continuación se muestra un esquema de los sitios donde se realizaron las mediciones y los valores promedios del nivel de presión sonora que existe en cada punto de medición.



**Figura 16.** Ubicación de puntos de medición en Central termoeléctrica

PLANO DE PUNTOS DE MUESTREO PARA RUIDO CENTRAL TERMOELECTRICA MIRAFLORES

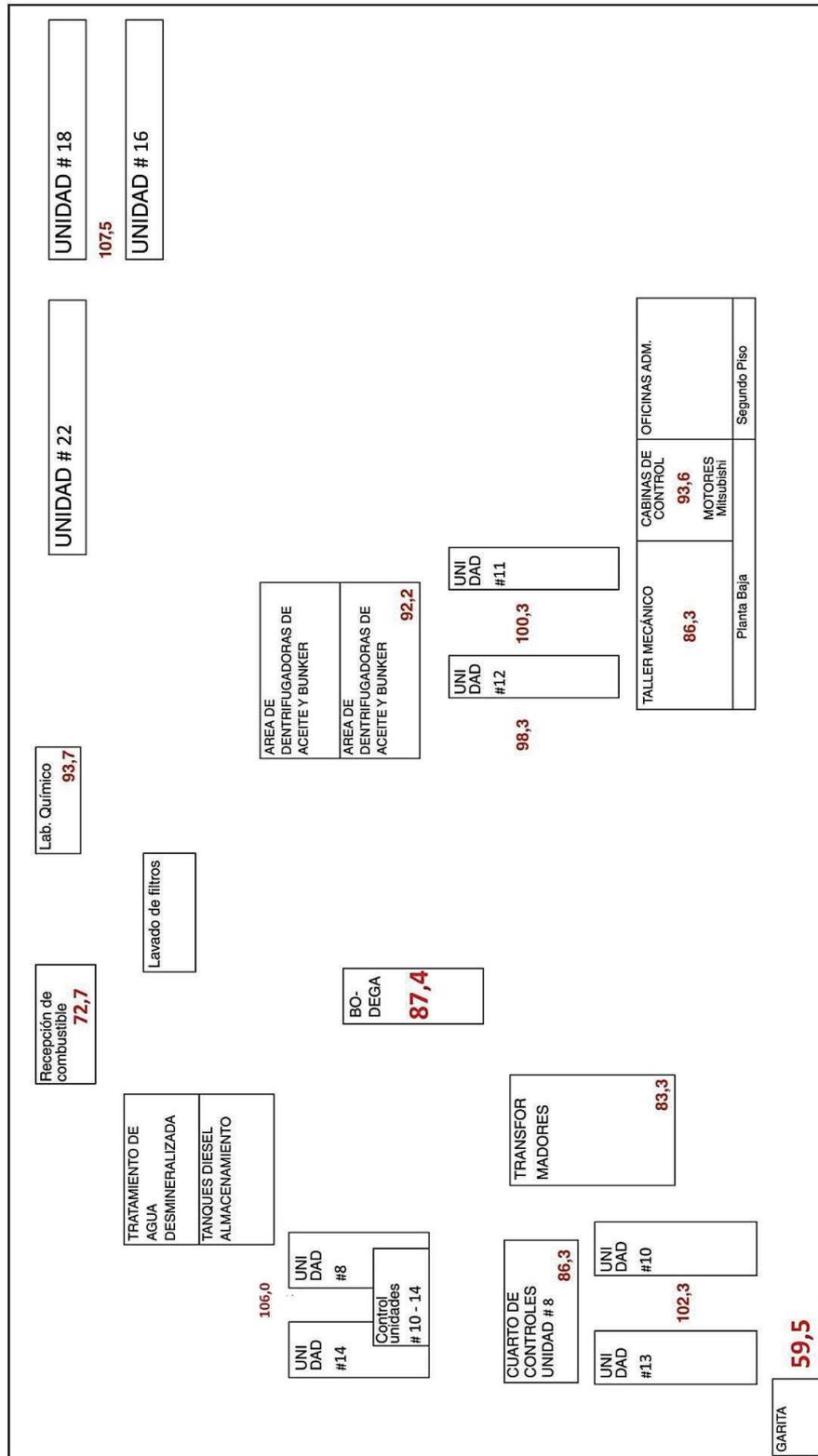
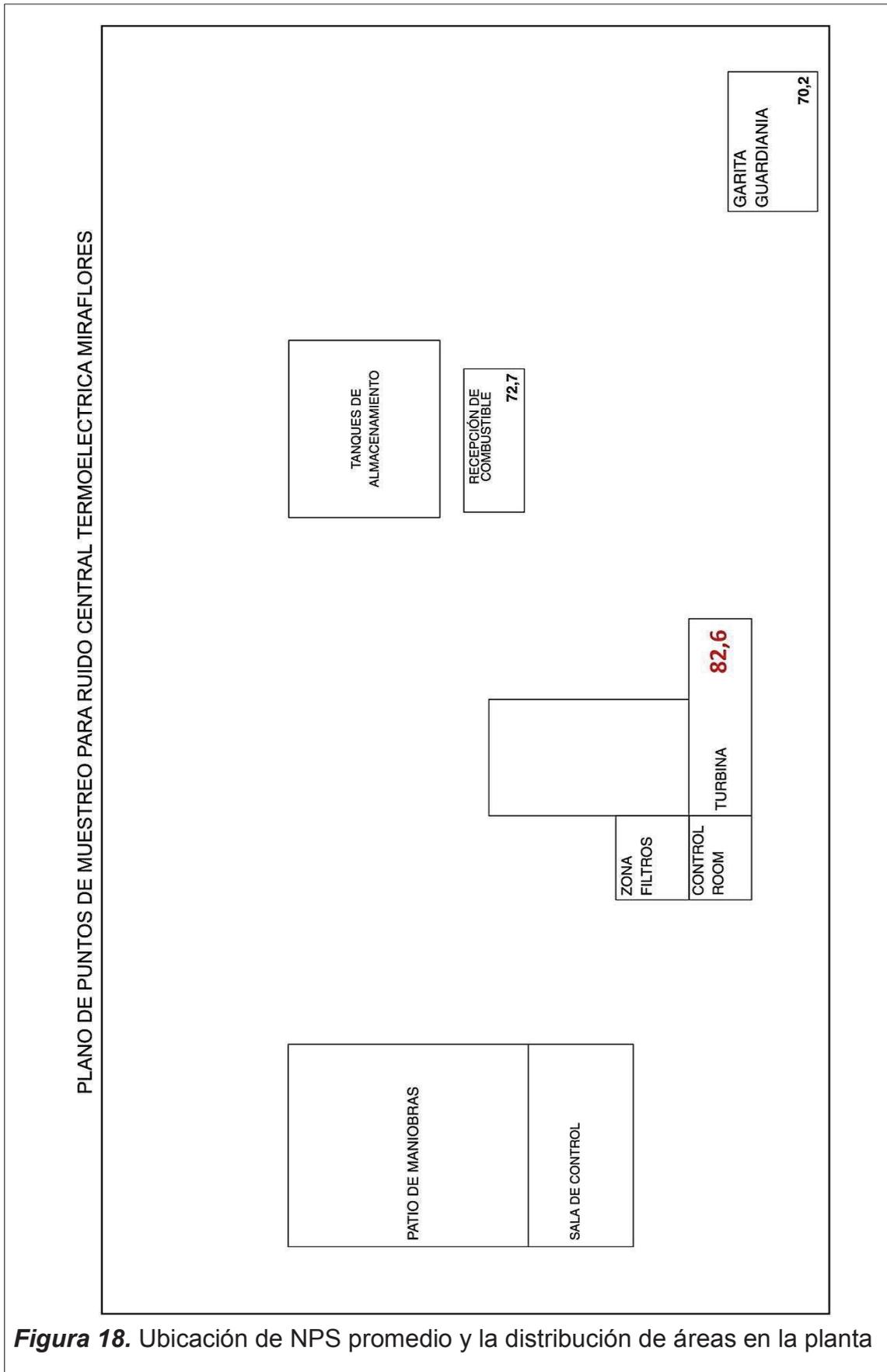


Figura 17. Ubicación de NPS promedio y la distribución de áreas en la planta



**Figura 18.** Ubicación de NPS promedio y la distribución de áreas en la planta

#### 4.8 Distribución de los puntos de medición según la ubicación

**Tabla 6.** Áreas donde se ubicaron los puntos de medición

	ÁREA/SECTOR	PUNTO DE MEDICIÓN
<b>PLANTA PRINCIPAL</b>	TABLEROS DE CONTROL PB (PLANTA BAJA)	P1 - P2
	ENTRE UNIDADES 11 Y 12 (PLANTA BAJA)	P3 - P4
	TALLER MECÁNICO (PLANTA BAJA)	P5 - P6
	DE CENTRIFUGADORAS DE ACEITE Y BÚNKER	P7 - P8
	BODEGA	P9 - P10
	TRANSFORMADORES	P11 - P 12
	ENTRE UNIDADES 13 Y 10	P13 - P 14
	ENTRE UNIDADES 14 Y 8	P15 - P16
	CUARTO DE CONTROLES 8	P17 - P18
	ENTRE UNIDADES 22, 18 Y 16	P18 - P20
	LABORATORIO QUÍMICO	P21 – P22
	RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE	P23 – P24
	TURBINA	P25 – P26
	GUARDIANÍA	P27 – P28
	<b>EXTERIORES PLANTA</b>	TALLER AUTOMOTRIZ
A 35 M DEL INGRESO/FAB ADYACENTE		P31 – P32
INGRESO EXTERIOR Y GUARDIANÍA		P33 – P34

#### 4.9 Datos generales de los equipos, Instrumentos y software utilizados

- Sonómetro integrador con analizador de frecuencia. Marca SVANTEK modelo 953 Accesorios: Calibrador, protector contra el viento y trípode.
- Higo Termo-Anemómetro digital. Marca Extech Modelo 407412.
- Software de aplicación.
- SVANPC++.

#### 4.10 Proceso de toma de muestras y obtención de datos.

Siguiendo el orden de la metodología establecida en este capítulo, los resultados obtenidos de las mediciones realizadas fueron obtenidos siguiente el siguiente orden:

1. Captura de datos por el equipo de medición correspondiente, esto fue hecho con un sonómetro integrador que cuenta con un analizador de frecuencia de bandas de octava.
2. Transferencia de datos del sonómetro al computador
3. Análisis de muestras obtenidas en software SvanPC++ ver 1.1.5
4. Transferencia de datos a tablas de Excel.
5. Análisis de resultados.
6. Cálculos de exposición.

#### 4.11 Resultados de la medición

A continuación se muestran los NPS promedios obtenidos en cada punto de medición por bandas de octava.

**Tabla 7.** Datos obtenidos del sonómetro integrador en los diferentes puntos

<b>TABLEROS DE CONTROL</b>										
1	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total A
	1/3 Octava LEQ [dB]	56,2	71,1	77,4	81,7	81,6	83	79,3	67,3	93,5
<b>TABLEROS DE CONTROL</b>										
2	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total A
	1/3 Octava LEQ [dB]	55,9	70,3	77,4	82,1	81,7	83,1	79,5	67,3	93,6
<b>ENTRE UNIDADES 11 Y 12</b>										
3	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total A
	1/3 Octava LEQ [dB]	57,3	76,7	82,8	88,4	89,4	87,5	84,2	73,4	100
<b>ENTRE UNIDADES 11 Y 12</b>										
4	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total A
	1/3 Octava LEQ [dB]	57,1	76,9	83,5	88,8	89	87,5	86,9	85,3	100,5
<b>TALLER MECÁNICO</b>										
5	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total A
	1/3 Octava LEQ [dB]	54,8	65,6	68,1	73,8	74,2	76,7	72,3	58,7	86,3
<b>TALLER MECÁNICO</b>										

6	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	55,1	64,7	68,6	73,6	74,3	76,8	72,3	59	<b>86,3</b>
<b>DE CENTRIFUGADORES</b>										
7	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	57,8	70,1	74,4	80	81,2	82,2	77,6	66,9	<b>92,1</b>
<b>DE CENTRIFUGADORES</b>										
8	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	57,6	70,4	75	80	81,2	82,1	77,6	66,9	<b>92,2</b>
<b>BODEGA</b>										
9	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	73,1	65,3	71	74,8	77,2	77	75,4	63	<b>87,4</b>
<b>BODEGA</b>										
10	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	72,9	65,1	70,8	74,3	77,3	77	75,3	62,9	<b>87,3</b>
<b>TRANSFORMADORES</b>										
11	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	58,3	60,2	61,1	71,1	73,2	73,8	72,3	59,9	<b>83,2</b>
<b>TRANSFORMADORES</b>										
12	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	58,5	60,2	61,7	70,5	73,6	74,3	72,5	60,1	<b>83,3</b>
<b>ENTRE UNIDADES 13 Y 10</b>										
13	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	63	79,3	86,2	93	91,3	93,4	89,9	83,7	<b>102,3</b>
<b>ENTRE UNIDADES 13 Y 10</b>										
14	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	63	79,3	85,9	92,5	91,3	93,3	90,1	83,7	<b>102,3</b>
<b>ENTRE UNIDADES 14 Y 8</b>										
15	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	67,1	78,8	82,6	92,8	96,4	96,8	95,7	83,9	<b>105,8</b>
<b>ENTRE UNIDADES 14 Y 8</b>										
16	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	67,3	78,5	82,6	92,8	96,6	96,5	95,6	83,9	<b>106,2</b>
<b>CONTROLES UNI 8</b>										
17	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	70,8	74,6	69,8	73,1	75,8	75,5	75,3	58,9	<b>86,1</b>
<b>CONTROLES UNI 8</b>										
18	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	64,5	79,3	71,6	72,9	76,2	75,8	74	58,5	<b>86,5</b>
<b>ENTRE 22,18 26</b>										
19	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	63,4	81,1	85,1	90,7	93,1	99	103	90,8	<b>107,4</b>
<b>ENTRE 22 18 26</b>										
20	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	63,2	81,5	84,4	90,2	93,2	99,1	103,2	90,8	<b>107,6</b>
<b>LABORATORIO</b>										

21	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	47,7	70,1	76,1	81,4	82,6	85,1	86,4	72,9	<b>93,8</b>
<b>LABORATORIO</b>										
22	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	47	70	75,2	81,3	82,4	84,9	86,1	72,8	<b>93,5</b>
<b>RECEPCIÓN COMBUSTIBLE</b>										
23	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	56,2	62,7	59,3	57,6	57,1	56,9	54	51,9	<b>72,7</b>
<b>RECEPCIÓN COMBUSTIBLE</b>										
24	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	56,3	63,1	59,1	57	57,3	56,8	53,9	51,8	<b>72,7</b>
<b>TURBINA</b>										
25	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	61,1	66,1	70,8	67,9	68,2	66,2	67,8	65,2	<b>82,6</b>
<b>TURBINA</b>										
26	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	60,8	66,4	70,7	67,8	68,2	66,3	67,9	65,3	<b>82,6</b>
<b>GUARDIANÍA</b>										
27	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	50	54,5	57,3	56,7	51,2	50	47,5	42,7	<b>67,7</b>
<b>GUARDIANÍA</b>										
28	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	46,4	45,5	52,4	56,9	52,3	49,9	47,5	42,5	<b>66,1</b>
<b>TALLER AUTOMOTRIZ</b>										
29	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	48,8	61,2	69,2	75,9	79,5	78,4	78,6	77,4	<b>90,1</b>
<b>TALLER AUTOMOTRIZ</b>										
30	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	48,2	61,7	69,1	74,9	78,4	76,8	76,2	74,1	<b>88,4</b>
<b>35 m DEL ACCESO y FAB.ADY.</b>										
31	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	24,4	36,4	41	49,2	44,9	45,8	39,8	29,4	<b>57,2</b>
<b>35 m DEL ACCESO Y FAB.ADY.</b>										
32	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	22,8	33,1	36,5	43,9	40,8	39,5	37,5	26,6	<b>53</b>
<b>INGRESO Y GUARDIANÍA</b>										
33	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	42,8	47,9	49,1	50,5	48,7	47,9	43,6	39	<b>61,2</b>
<b>INGRESO Y GUARDIANÍA</b>										
34	Frecuencia [Hz]	63.0	125	250	500	1000	2000	4000	8000	<b>Total A</b>
	1/3 Octava LEQ [dB]	40,6	44,9	44,1	46,5	42,9	40,3	38,5	30,9	<b>56,7</b>

#### 4.11.1 Niveles de presión sonora promedio obtenidos

**Tabla 8.** Resultado de NPS promedio en Planta Principal

Referencia de medición	L <sub>Aeq</sub>
Tableros de control.	93,6
Entre unidades 11 y 12.	100,3
Taller Mecánico.	86,3
Centrifugadores de aceite y búnker.	92,2
Bodega.	87,4

**Tabla 9.** Resultado de NPS promedio en varios puntos de la planta

Referencia de medición	L <sub>Aeq</sub>
Trasformadores.	83,3
Entre unidades 13 y 10	102,3
Entre unidades 14 y 8	106,0
Cuarto de controles 8	86,3
Entre unidades 22, 18 y 16	107,5
Laboratorio Químico.	93,7
Recepción de combustible.	72,7
Turbina.	82,6
Guardianía.	67,0

**Tabla 10.** Resultados de NPS promedio en exteriores de la planta (ambiental)

Referencia de medición	L <sub>Aeq</sub>
Taller Automotriz	89,3
35 m del acceso y fab adyacente	55,6
Ingreso y guardianía	59,5

#### 4.11.2 Resultados de medición por área y horas de exposición según el área de trabajo

**Tabla 11.** Tabla de evaluación de resultados obtenidos

N	Área	Ruido Total			Tipo de Ruido	Tiempo de medición (min)	Horas de trabajo en el área de evaluación por obrero
		NPS1	NPS2	Leq T (1 min)			
1	Tableros de control.	93,5	93,6	93,6	Estable	1 min	4
2	Entre unidades 11 y 12.	100	100,5	100,3	Estable	1 min	2
3	Taller Mecánico.	86,3	86,3	86,3	Estable	1 min	4
4	Centrifugadores de aceite y búnker.	92,1	92,2	92,2	Estable	1 min	2
5	Bodega.	87,4	87,3	87,4	Estable	1 min	4
6	Trasformadores.	83,2	83,3	83,3	Estable	1 min	6
7	Entre unidades 13 y 10	102,3	102,3	102,3	Estable	1 min	4
8	Entre unidades 14 y 8	105,8	106,2	106,0	Estable	1 min	2
9	Cuarto de controles 8	86,1	86,5	86,3	Estable	1 min	1
10	Entre unidades 22, 18 y 16	107,4	107,6	107,5	Estable	1 min	0,5
11	Laboratorio Químico.	93,8	93,5	93,7	Estable	1 min	8
12	Recepción de combustible.	72,7	72,7	72,7	Estable	1 min	8
13	Turbina.	82,6	82,6	82,6	Estable	1 min	4
14	Guardianía.	67,7	66,1	67,0	Estable	1 min	12
15	Taller Automotriz	90,1	88,4	89,3	Estable	1 min	4
16	35 m del acceso y fabrica adyacente	57,2	53	55,6	Estable	1 min	8
17	Ingreso y guardianía	61,2	56,7	59,5	Estable	1 min	4

Dónde:

**NPS1:** Primera medición de nivel de presión sonora durante un minuto.

**NPS2:** Segunda medición de nivel de presión sonora durante un minuto.

**Leq T (1 min):** Nivel de presión sonora promedio en un minuto.

**Horas de trabajo en el área de evaluación por obrero:** Este valor en horas se refiera al número de horas aproximadamente que un trabajador esta en dicha área durante el día de trabajo.

#### **4.12 Cálculos de exposición ( $L_{Aeq, d}$ ) y dosis (D)**

La evaluación de exposición a ruido  $L_{Aeq, d}$  se realizó utilizando la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionas con la exposición a ruido (INSHT, 2008) y la dosis de ruido se utilizó el decreto 2393 de Ecuador, esto con el fin de poder comparar resultados.

Para realizar la evaluación se tomó en cuenta las jornadas de trabajo, es decir cuántas horas o qué tiempo un trabajador permanece en un mismo sitio. Al tratarse de ruido constante se tomaron 2 muestras de 1 minuto cada una para luego realizar un promedio de estas.

El valor  $L_{Aeq, d}$  se determinó mediante la ecuación (4) del apartado 1.1.8 Se utilizó el NPS promedio de cada área y se evaluó el  $L_{Aeq, d}$  para un  $d= 8$  horas de trabajo.

Por ejemplo en la área tableros de control un trabajador se encuentra en la zona durante cuatro horas aproximadamente a un nivel promedio de 93,6 dB(A) es decir que en ese tiempo estará expuesto a un  $L_{Aeq, 8h} = 90,5$  dB(A) en las 4 horas que permanece en ese sitio.

#### 4.12.1 Exposición obtenida por área de trabajo $L_{Aeq, d}$

**Tabla 12.** Nivel de exposición  $L_{Aeq, d}$  calculados

N	Área	NPS promedio	Horas de trabajo en el área de evaluación por obrero	Exposición $L_{Aeq}$ ( 8 horas)	Evaluación según INSHT
1	Tableros de control.	93,6	4	90,5	Nivel de acción 3
2	Entre unidades 11 y 12.	100,3	2	94,2	Nivel de acción 3
3	Taller Mecánico.	86,3	4	83,3	Nivel de acción 1
4	Centrifugadores de aceite y búnker.	92,2	2	86,1	Nivel de acción 2
5	Bodega.	87,4	4	84,3	Nivel de acción 1
6	Trasformadores.	83,3	6	82,0	aceptable
7	Entre unidades 13 y 10	102,3	4	99,3	Nivel de acción 3
8	Entre unidades 14 y 8	106,0	2	100,0	Nivel de acción 3
9	Cuarto de controles 8	86,3	1	77,3	aceptable
10	Entre unidades 22, 18 y 16	107,5	0,5	95,5	Nivel de acción 3
11	Laboratorio Químico.	93,7	8	93,7	Nivel de acción 3
12	Recepción de combustible.	72,7	8	72,7	Aceptable
13	Turbina.	82,6	4	79,6	Aceptable
14	Guardianía.	67,0	12	68,7	Aceptable
15	Taller Automotriz	89,3	4	86,3	Nivel de acción 2
16	35 m del acceso y fabrica adyacente	55,6	8	55,6	Aceptable
17	Ingreso y guardianía	59,5	4	56,5	Aceptable

Para ver los niveles de acción 1, 2 y 3 ver figura 15.

#### **4.12.2 Cálculo de nivel exposición $L_{Aeq, d}$ por trabajador**

El cálculo del  $L_{Aeq, d}$  por trabajador se torna complicado debido a que cada obrero realiza su jornada laboral en diferentes áreas y en diferentes tiempos, debido a esto se desarrolló una hoja de cálculo para que el personal encargado de la seguridad industrial de la planta pueda estimar el nivel de exposición de cada trabajador al solo ingresar las áreas en que realiza su jornada laboral en conjunto con el tiempo que este pasa en cada área.

Para la elaboración de la hoja de cálculo, que integra también recomendaciones según el nivel. Para esto se utilizó la metodología del Real decreto 286/2006 y la guía para la evaluación de los riesgos causados por ruido de España (INSHT, 2008).

La figura 19 muestra una captura de pantalla de la hoja de cálculo utilizada para realizar los cálculos de exposición según las áreas y las horas de trabajo de cada trabajador.

Esta información se levantó bajo una estadística aproximada de la frecuencia de trabajo de cada trabajador.

EMPRESA	TERMoeLECTRICA MIRAFLORES	
NOMBRE	OBRERO X	
JORNADA DE TRABAJO	DIURNO	
CEDULA	1234567890	
CARGO:	OPERADOR	
Area de la planta	NPS constante promedio por area	Tiempo de trabajo por area (Horas)
Tableros de control	90,54	0
Entre unidades 11 y 12.	94,24	0,5
Taller Mecánico.	83,29	0,5
Centrifugadores de aceite y bunquer.	86,13	0
Bodega.	84,34	0,5
Trasformadores.	82,00	0
Entre unidades 13 y 10	99,29	3
Entre unidades 14 y 8	99,98	4
Cuarto de controles 8	77,27	0,5
Entre unidades 22, 18 y 16	95,46	0
Laboratorio Químico.	93,65	0
Recepción de combustible.	72,70	0
Turbina.	79,59	0
Guardianía.	68,73	0
<b>NUMERO TOTAL DE HORAS</b>		<b>9 Horas</b>

**Figura 19.** Ingreso de tiempos por área (ej.: 0 horas significa que el obrero no vea esa área)

NOMBRE	OBRERO X		
JORNADA DE TRABAJO	DIURNO		
CEDULA	1234567890		
CARGO:	OPERADOR		
RESULTADOS	EXPOSICION	RECOMENDACIÓN	TIPO DE PROTECCION
Tableros de control	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Entre unidades 11 y 12.	82,20	INFORMACION	POR DEFINIR
Taller Mecánico.	71,25	PERMITIDO	NINGUNA
Centrifugadores de aceite y bunquer.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Bodega.	72,30	PERMITIDO	NINGUNA
Trasformadores.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Entre unidades 13 y 10	95,03	NO PERMITIDO	RECURSOS HUMANOS
Entre unidades 14 y 8	96,97	NO PERMITIDO	RECURSOS HUMANOS
Cuarto de controles 8	65,23	PERMITIDO	NINGUNA
Entre unidades 22, 18 y 16	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Laboratorio Químico.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Recepción de combustible.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Turbina.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Guardianía.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
<b>EXPOSICION DIARIA TOTAL (dB)</b>	<b>99,22</b>	<b>NO PERMITIDO</b>	<b>RECURSOS HUMANOS</b>
<i>EL DEPARTAMENTO DE RECURSOS HUMANOS EVALUARA EL CASO PARA PROTEGER AL TRABAJADOR</i>			

**Figura 20.** Hoja de cálculo de niveles de exposición y recomendaciones.

EXPOSICIÓN: Nivel de exposición según el área de trabajo

RECOMENDACIÓN: Estado de acción o información

TIPO DE PROTECCIÓN: Acción a tomar según el nivel de exposición

Exposición por área (ejemplo Taller Mecánico LAeq,d=82,20 – valor permitido)

Ver figura 15 - diagrama de evaluación

Tipos de acciones a tomar (según la guía técnica española para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido)

Recomendaciones según guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.

Exposición total diaria LAeq, d: El valor que recibe el trabajador en un periodo de tiempo al que ha estado expuesto.

#### 4.13 Dosis de ruido según las áreas de trabajo

**Tabla 13.** Exposición por horas de trabajo en áreas de la central termoeléctrica Miraflores y dosis de ruido según el decreto 2393 (ecuador)

N	Área	Promedio de Nivel de Ruido	Tiempo de exposición al que está expuesto un trabajador por área	Exposición $L_{Aeq}(T = 8 \text{ horas})$	Tiempo de exposición permitido según decreto 2393	Dosis de ruido diaria 2393		
		$L_{eq} T(1 \text{ min})$				D	%	Excede
1	Tableros de control.	93,6	4	90,5	4,0	1,00	100	no
2	Entre unidades 11 y 12.	100,3	2	94,2	No definido			
3	Taller Mecánico.	86,3	4	83,3	No definido			
4	Centrifugadores de aceite y búnker.	92,2	2	86,1	No definido			
5	Bodega.	87,4	4	84,3	8,0			
6	Transformadores.	83,3	6	82,0	No definido			
7	Entre unidades 13 y 10	102,3	4	99,3	1,0	4,00	400	si
8	Entre unidades 14 y 8	106,0	2	100,0	1,0	2,00	200	si
9	Cuarto de controles 8	86,3	1	77,3	No definido			
10	Entre unidades 22, 18 y 16	107,5	0,5	95,5	1,0	0,50	50	no
11	Laboratorio Químico.	93,7	8	93,7	No definido			
12	Recepción de combustible.	72,7	8	72,7	No definido	1,00	100	no
13	Turbina.	82,6	4	79,6	No definido	0,50	50	no
14	Guardianía.	67,0	12	68,7	No definido	1,50		
15	Taller Automotriz	89,3	4	86,3	No definido	1,00	100	no
16	35 m del acceso y fabrica adyacente	55,6	8	55,6	No definido	1,00	100	no
17	Ingreso y guardianía	59,5	4	56,5	No definido	0,50	50	no

En la tabla 13 para definir el tiempo se toma como referencia los valores de nivel de máximos permitidos del decreto 2393 , cabe mencionar que lo máximo

que se aproximó fue de 0,8 al valor superior y para tiempos de exposición no determinados en la tabla 3 se los puso como “no definidos”.

La diferencia entre la metodología de evaluación ecuatoriana y española es muy grande, para empezar el decreto 2393 no da medidas de precaución como da la norma española. También los cálculos de dosis no se los pudo hacer para todos los casos de nivel de ruido y de tiempo de exposición dejando grandes incertidumbres.

En el artículo 5 de la guía técnica de la exposición a ruido España, se establece los siguientes pasos para determinar las medidas requeridas para protección contra el ruido.

- Establecer el riesgo de exposición a ruido
- Reducción o eliminación del riesgo
- Evaluación

Para que un trabajador se encuentra en un ambiente sin riesgo auditivo debe estar expuesto a un  $L_{(LAeq,d)} < 80 \text{ dB(A)}$

## **5 MEDIDAS DE CONTROL DE RUIDO MÍNIMAS RECOMENDADAS**

En este capítulo lo pretende proponer medidas informativas, constructivas y de acción para mejorar el ambiente y los puestos de trabajo para los obreros que trabajan en el interior de la central Termoeléctrica con soluciones técnicas y realizables según nuestro mercado.

### **5.1 Recomendación para el uso del elemento de protección personal EPI para trabajadores de la planta.**

Para determinar que protectores tiene que usar el trabajador es necesario conocer las especificaciones de atenuación de cada protector y el nivel de presión sonora al que está expuesto el trabajador.

Para este punto se desarrolló una hoja electrónica que permite el cálculo de la eficiencia de protectores auditivos.

Cabe mencionar que la reducción sonora de protectores auditivos es especificado por los fabricantes de tres maneras: i) en reducción por octavas ii) en reducción por HML (frecuencias altas, medias y Bajas) y en iii) valor global SNR (sound noise reduction)

Por ejemplo, para determinar el nivel al que un trabajador va a estar expuesto se ingresa en la hoja electrónica cálculo de dosis los datos del tiempo que pasa el trabajador en cada área, por ejemplo: (ver figura 21)

EMPRESA	TERMoeLECTRICA MIRAFLORES	
NOMBRE	OBRERO X	
JORNADA DE TRABAJO	DIURNO	
CEDULA	1234567890	
CARGO:	OPERADOR	
Area de la planta	NPS constante promedio por area	Tiempo de trabajo por area (Horas)
Tableros de control	90,54	0
Entre unidades 11 y 12.	94,24	0,5
Taller Mecánico.	83,29	0,5
Centrifugadores de aceite y bunquer.	86,13	0
Bodega.	84,84	0,5
Trasformadores.	82,00	0
Entre unidades 13 y 10	99,29	3
Entre unidades 14 y 8	99,98	4
Cuarto de controles 8	77,27	0,5
Entre unidades 22, 18 y 16	95,46	0
Laboratorio Químico.	93,65	0
Recepción de combustible.	72,70	0
Turbina.	79,59	0
Guardianía.	68,73	0
<b>NUMERO TOTAL DE HORAS</b>		<b>9 Horas</b>

**Figura 21.** Ingreso de datos de un obrero X que está expuesto a diferentes NPS en un tiempo determinado, datos ingresado en archivo Cálculo de dosis

La hoja de cálculo entrega como resultado un nivel de exposición total de 99,22 dB y este valor resulta ser peligroso para el obrero si lo comparamos con la tabla 12, es en este caso que se debe recurrir al uso de protectores auditivos como medida de cuidado para los obreros según la guía técnica de la normativa española especificada en la figura 15.

NOMBRE		OBRERO X	
JORNADA DE TRABAJO		DIURNO	
CEDULA		1234567890	
CARGO:		OPERADOR	
RESULTADOS	EXPOSICION	RECOMENDACIÓN	TIPO DE PROTECCION
Tableros de control	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Entre unidades 11 y 12.	82,20	INFORMACION	POR DEFINIR
Taller Mecánico.	71,25	PERMITIDO	NINGUNA
Centrifugadores de aceite y bunquer.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Bodega.	72,30	PERMITIDO	NINGUNA
Transformadores.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Entre unidades 13 y 10	95,03	NO PERMITIDO	RECURSOS HUMANOS
Entre unidades 14 y 8	96,97	NO PERMITIDO	RECURSOS HUMANOS
Cuarto de controles 8	65,23	PERMITIDO	NINGUNA
Entre unidades 22, 18 y 16	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Laboratorio Químico.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Recepción de combustible.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Turbina.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
Guardianía.	0,00	PERMITIDO	NINGUNA
<b>EXPOSICION DIARIA TOTAL (dB)</b>	<b>99,22</b>	<b>NO PERMITIDO</b>	<b>RECURSOS HUMANOS</b>
<i>EL DEPARTAMENTO DE RECURSOS HUMANOS EVALUARA EL CASO PARA PROTEGER AL TRABAJADOR</i>			

**Figura 22.** Resultados de un Obrero X que está expuesto a diferentes NPS en un tiempo determinado

Para determinar si el protector auditivo seleccionado cumple con los requisitos de protección, se ingresa los datos del NPS al que el obrero está expuesto y los datos de la pérdida por inserción del protector auditivo (dados por el fabricante). Con estos datos se puede calcular si los protectores son eficientes para reducir el nivel de exposición.

Para este ejemplo, si se utiliza el protector **3M ultra fit** (ver figura 23) y la hoja electrónica eficiencia de protectores por el método de valores SNR (ver figura

24) el programa realiza los cálculos y muestra que el elemento provee una protección adecuada (ver figura 25).



**Figura 23.** Protector 3M ultra fit SNR 32

**METODO  
HML**

**METODO  
SNR**

**METODO  
BANDAS DE  
OCTAVA**

*Esta hoja de cálculo contiene calculadoras de tres métodos diferentes para estimar el rendimiento de la protección auditiva.*

*Cada uno de los métodos requiere que usted tenga la información sobre el ruido y sobre las capacidades del protector que se está evaluando.*

*El método HML se puede usar si usted sabe tanto de los niveles de ruido con ponderación A y C-ponderado*

*El método de la banda de octava se puede utilizar si se conocen los niveles de ruido en las bandas de frecuencia*

*El método SNR se puede utilizar si se conocen los niveles de ruido C-ponderados*

*Los tres métodos son casi equivalentes en su exactitud en la mayoría de situaciones de ruido.*

**INFORMACION**

**Figura 24.** Captura de pantalla de inicio de programa de cálculo de eficiencia de protectores auditivos, muestra los 3 métodos

### METODO SNR

**DATOS DEL FABRICANTE**

SNR

**Nivel de Ruido**

Nivel de ruido ponderado L (A)  dB

Nivel de ruido en la oreja según la norma BS EN ISO 4869-2:1995 (a = 1) 67 dB

ATENUACION DEL PROTECTOR (se recomienda 4 dB) **71** dB EN EL OIDO

[BORRAR](#)

[volver](#)

*Seleccione un protector de modo que la exposición diaria sea al menos de 85 dB o menos. Idealmente, entre 80 y 75 en el oído. Evite protectores que atenuen a menos de 70 dB en el oído - esto es "sobrepotección" (véase la norma BS EN 458:2004).*

**Protector da una protección adecuada, y no "sobre-proteger"**

**Protector no ofrece una protección adecuada, o "sobre-protege"**

*La siguiente tabla da una indicación de que el factor protector es probable que sea adecuado para diferentes niveles de ruido. Se basa en la clasificación de SNR provisto de un dispositivo de protección para los oídos. La información está pensada como una guía y no un sustituto para el uso de uno de los tres métodos, y en particular no será adecuada si hay componentes de baja frecuencia significativos en el ruido correspondiente. Ejemplos de entornos de ruido que pueden contener componentes de baja frecuencia significativos y para los que esta tabla no es adecuada, tienda de prensa, generadores y bahías de prueba del generador, salas de máquinas, salas de*

Nivel de Ruido ponderado (dBA)	Protector con un SNR de:
85-90	20 o menor
90-95	20-30
95-100	25-35
100-105	30 o mayor

**Figura 25.** Ingresamos el valor de SNR dado por el fabricante y el nivel de exposición diaria

## 5.2 Recomendación para la implementación de elementos constructivos

### 5.2.1 Construcción de barreras acústicas

Para determinar los valores de pérdida por inserción de barreras, se desarrolló una hoja electrónica cálculo de en la que se utilizaron dos ecuaciones, la primera es la fórmula de Kurze-Anderson y la otra fue tomada del libro Engineering Noise Control, de los autores Bies and Hensen. (Bies & Hensen, 1996)

Para proceder con este cálculo se deben ingresar los siguientes valores

Altura de la fuente

Altura del receptor

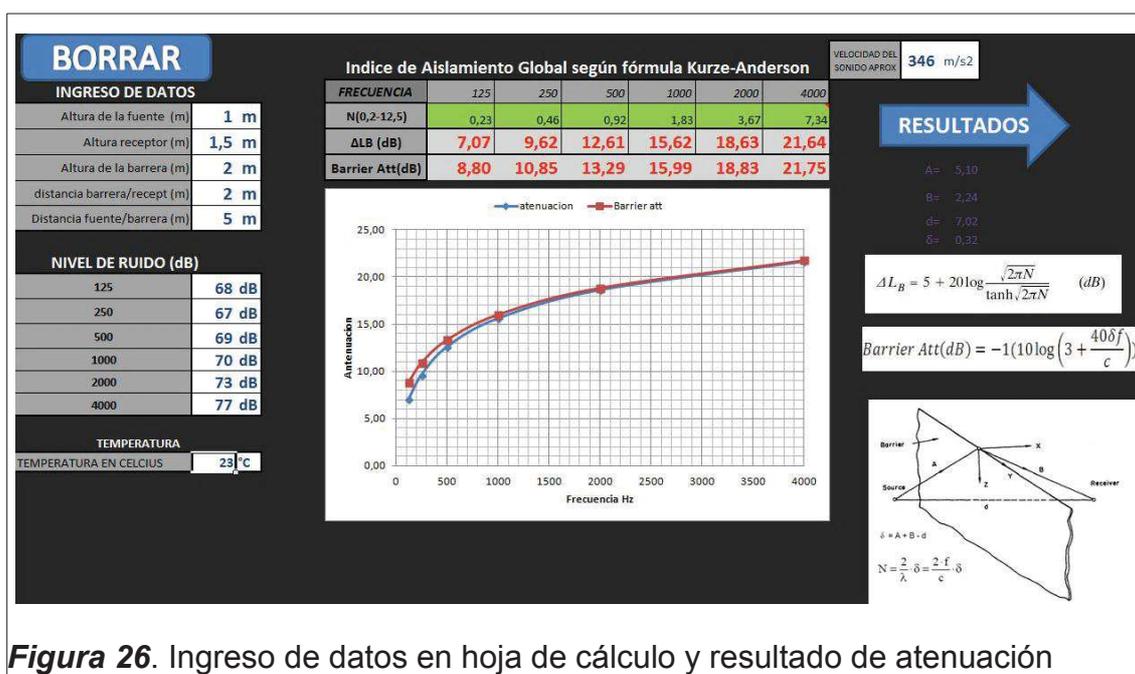
Altura de la barrera

Distancia entre la barrera y el receptor

Distancia entre la fuente y la barrea

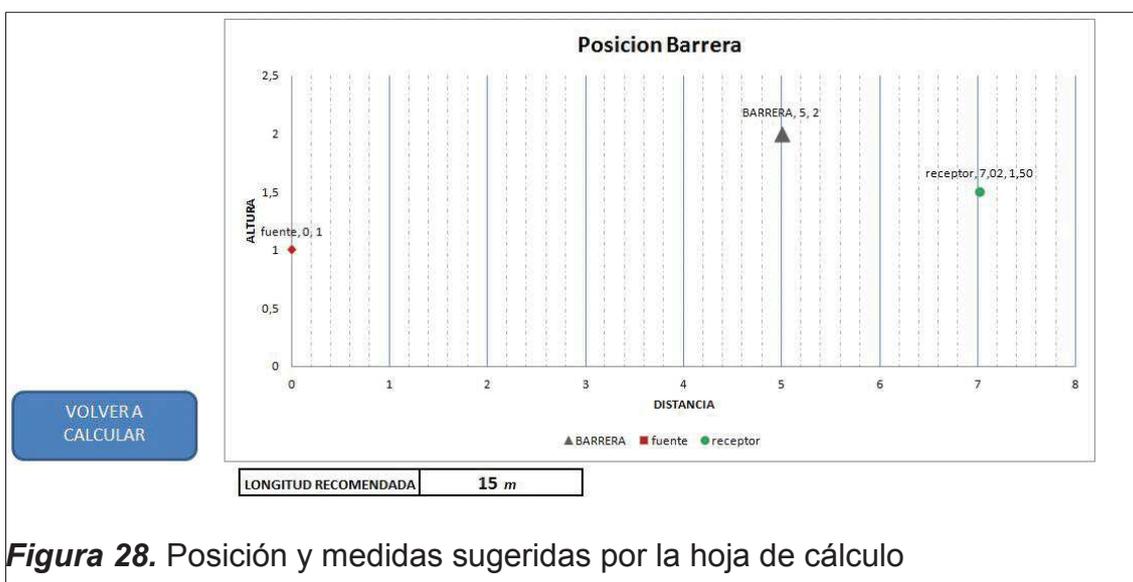
El nivel de ruido por bandas de octava

La temperatura ambiente





**Figura 27.** Resultados de nivel de atenuación mediante los 2 métodos



**Figura 28.** Posición y medidas sugeridas por la hoja de cálculo

Para predecir la pérdida por transmisión de elementos se utilizó la ecuación 12, la cual no hace una aproximación práctica de la pérdida por transmisión.

### 5.2.2 Construcción de particiones simples

Para determinar la pérdida por transmisión de particiones simples se utilizó una hoja de cálculo la cual mediante el ingreso del espesor y los datos de la superficie nos entrega una curva de R por bandas de octava según la UNE-EN 12354-1 ISO 12354.

### 5.3 Construcción de una cabina tipo encierro en tablero de controles de los motores 11 y 12

Debido a las condiciones de ruido en esta área se propone atenuar el ruido aéreo mediante la construcción de una partición simple.

La insonorización está constituida por un encierro con paneles metálicos tipo sánduche inyectados con poliuretano de  $38 \text{ kg/m}^3$  con 5 cm de espesor.

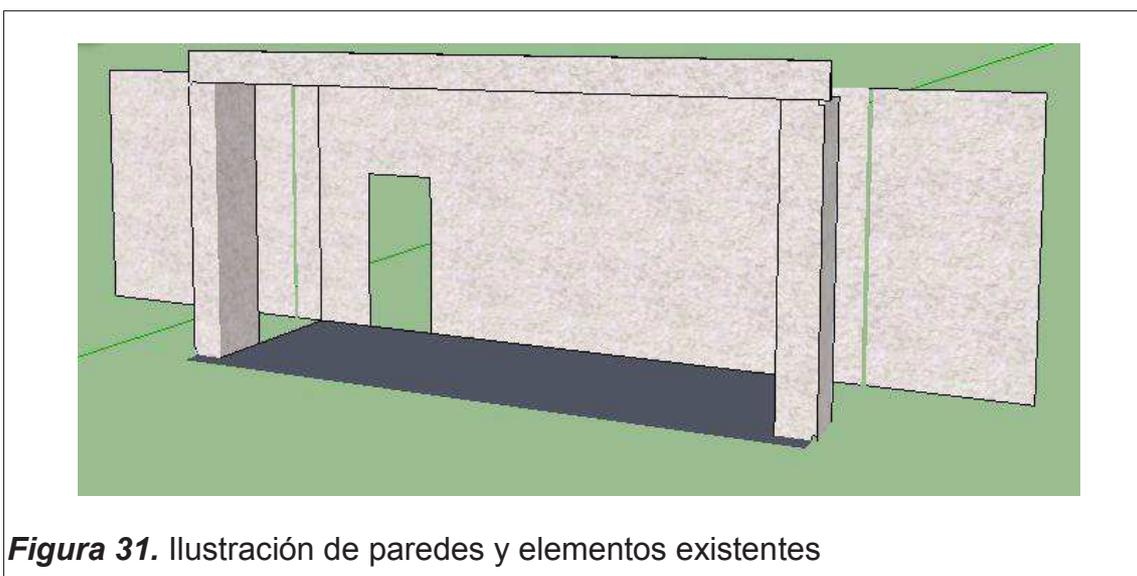
Elementos existentes:



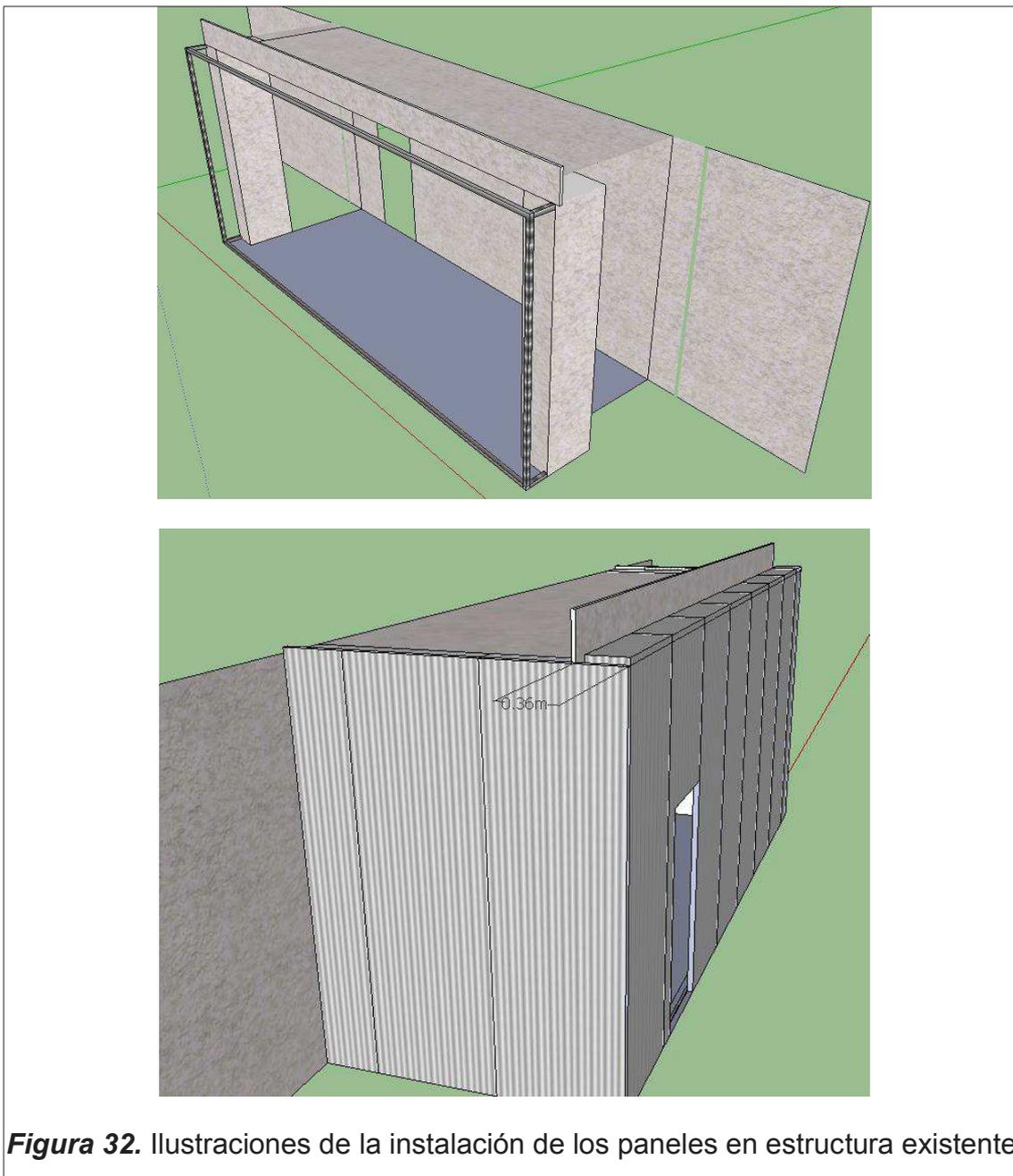
**Figura 29.** Vista frontal parte izquierda de la zona de tablero de controles



**Figura 30.** Vista frontal parte derecha de la zona de tablero de controles



**Figura 31.** Ilustración de paredes y elementos existentes



**Figura 32.** Ilustraciones de la instalación de los paneles en estructura existente

### 5.3.1 Predicción de la atenuación por una partición simple

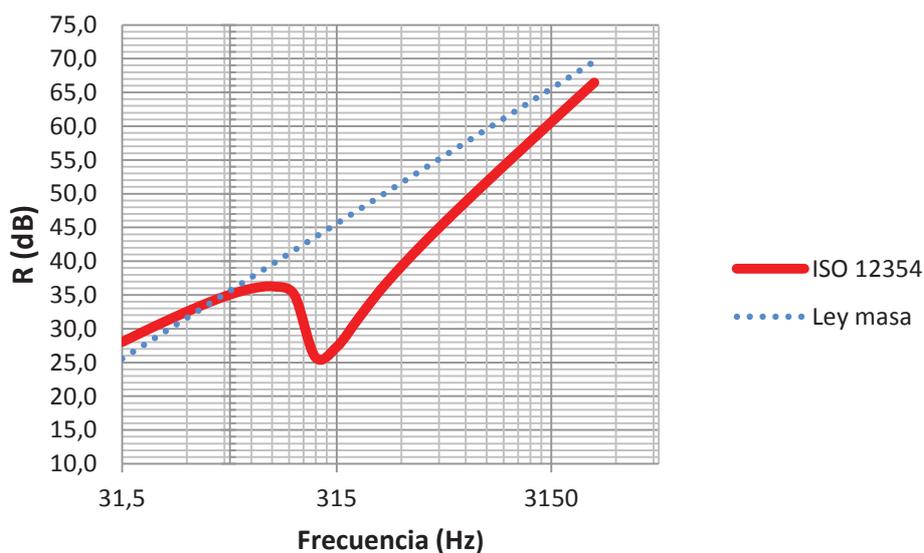
DATOS MATERIAL			DATOS SUPERFICIE		
Tipo de material	<b>ALUMINIO</b>		Ancho	<b>1,22</b>	m
Densidad volumétrica	2700	kg/m <sup>3</sup>	Alto	<b>2,44</b>	m
Espesor (d)	<b>0,05</b>	m			
Densidad superficial (m')	135	kg/m <sup>2</sup>			
Módulo elasticidad (E)	7,10E+10	N/m <sup>2</sup>			
Coefficiente amortiguamiento (n)	1,00E-03	$\eta$			
Velocidad del sonido material (c)	5128	m/s			
Frecuencia crítica (fc)	257,9	Hz			
R (dB)	38,4	dB(A)			

INCREMENTO AISLAMIENTO TRASDOSADO A RA				
ELEMENTO	$\Delta R$	UNIDAD	Rtot	fo Hz
Trasdosado lana de vidrio y PYL	<b>15,8</b>	dB(A)	<b>54,2</b>	<b>61,4</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 8 a 12 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>78,1</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 15 a 20 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>61,4</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 25 a 30 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>49,9</b>

**Figura 33.** Hoja de cálculo para atenuación por inserción de barrera en cabina de control

FRECUENCIA	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000
ISO 12354	0,4	4,9	9,6	14,5	19,7	25,3	31,3	37,3



**Figura 34.** Curva de respuesta de atenuación por inserción de barrera en cabina de control.

#### 5.4 Instalación de una cortina acústica en área de centrifugadoras de aceite y búnker

Para atenuar las altas frecuencias que son generados por la de centrifugadora se propone la instalación de una cortina para atenuar el ruido generado por esta zona al exterior. Esta cortina será de goma flexible con una densidad superficial aproximada de  $4,75 \text{ kg/cm}^3$ .



**Figura 35.** Fotografías ejemplo de una cortina acústica instalada



**Figura 36.** Lugar de instalación de la cortina acústica

### 5.4.1 Predicción de la atenuación de una cortina como barrera acústica en la zona de centrifugadores

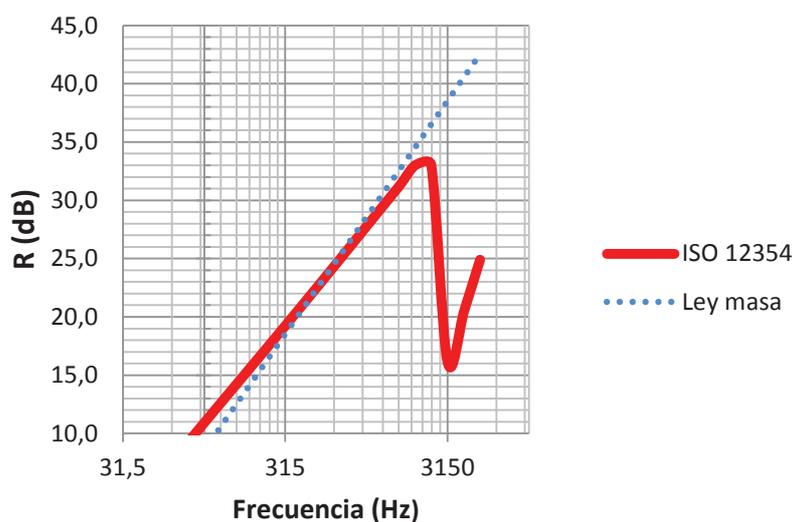
DATOS MATERIAL			DATOS SUPERFICIE		
Tipo de material	<b>GOMA ELASTICA</b>		Ancho	<b>5,08</b>	m
Densidad volumétrica	950	kg/m <sup>3</sup>	Alto	<b>3,2</b>	m
Espesor (d)	<b>0,01</b>	m			
Densidad superficial (m')	4,75	kg/m <sup>2</sup>			
Módulo elasticidad (E)	5,00E+06	N/m <sup>2</sup>			
Coefficiente amortiguamiento (n)	0,00E+00	$\eta$			
Velocidad del sonido material (c)	73	m/s			
Frecuencia crítica (fc)	182294,0	Hz			
R (dB)	14,2	dB(A)			

INCREMENTO AISLAMIENTO TRASDOSADO A RA				
ELEMENTO	$\Delta R$	UNIDAD	R <sub>tot</sub>	f <sub>o</sub> Hz
Trasdosado lana de vidrio y PYL	<b>27,9</b>	dB(A)	<b>42,1</b>	<b>123,7</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 8 a 12 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>132,8</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 15 a 20 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>123,7</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 25 a 30 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>118,5</b>

**Figura 37.** Hoja de cálculo para atenuación por inserción de cortina en área de centrifugadores de aceite.

FRECUENCIA	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000
ISO 12354	0,4	4,9	9,6	14,5	19,7	25,3	31,3	37,3

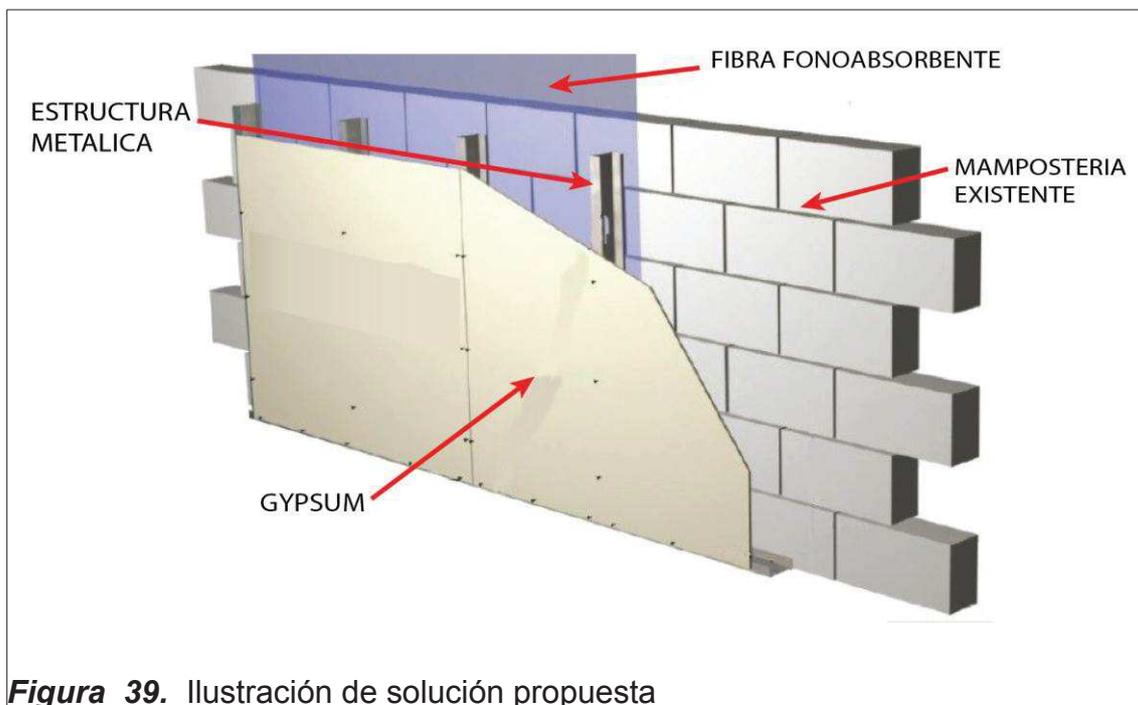


**Figura 38.** Curva de respuesta de atenuación por inserción de barrera en área de centrifugadores

### 5.5 Construcción de particiones simples en laboratorio químico

Para el control de ruido en esta área se recomienda una solución que incremente la masa de la mampostería actual. En este caso se obtiene un mayor pérdida por transmisión utilizando paneles de gypsum instalados sobre la mampostería a manera de un trasdosado mas fibra fonoabsorbente, esta manera tenemos mayor aislamiento acústico al interior.

También se recomienda cambiar la ventana actual por una ventana doble que proporcione mayor aislamiento, se recomienda usar una puerta acústica que proporcione un sellado hermético en las juntas de la puerta.



**Figura 39.** Ilustración de solución propuesta

### 5.5.1 Predicción de la atenuación con la instalación de gypsum en las paredes de laboratorio químico

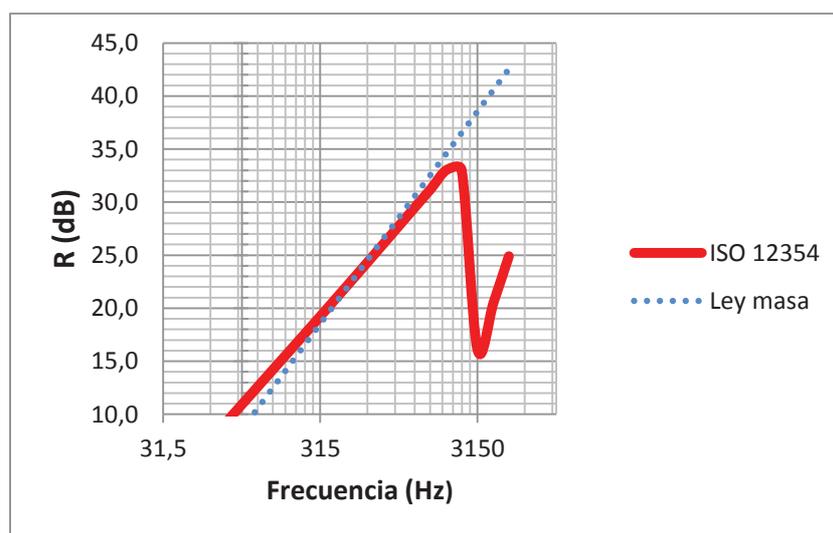
DATOS MATERIAL			DATOS SUPERFICIE		
Tipo de material	<b>GYPSUM</b>		Ancho	<b>1,22</b>	m
Densidad volumétrica	1200	kg/m <sup>3</sup>	Alto	<b>2,44</b>	m
Espesor (d)	<b>0,01</b>	m			
Densidad superficial (m')	6	kg/m <sup>2</sup>			
Módulo elasticidad (E)	3,00E+10	N/m <sup>2</sup>			
Coefficiente amortiguamiento (n)	6,00E-03	$\eta$			
Velocidad del sonido material (c)	5000	m/s			
Frecuencia crítica (fc)	2645,0	Hz			
R (dB)	15,9	dB(A)			

INCREMENTO AISLAMIENTO TRASDOSADO A RA				
ELEMENTO	$\Delta R$	UNIDAD	R <sub>tot</sub>	f <sub>0</sub> Hz
Trasdosado lana de vidrio y PYL	<b>27,0</b>	dB(A)	<b>43,0</b>	<b>113,2</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 8 a 12 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>123,1</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 15 a 20 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>113,2</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 25 a 30 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>107,4</b>

**Figura 40.** Hoja de cálculo para atenuación por inserción de barrera de yeso laminado en laboratorio

FRECUENCIA	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000
ISO 12354	2,4	7,6	12,5	17,6	22,6	27,8	33,0	20,6

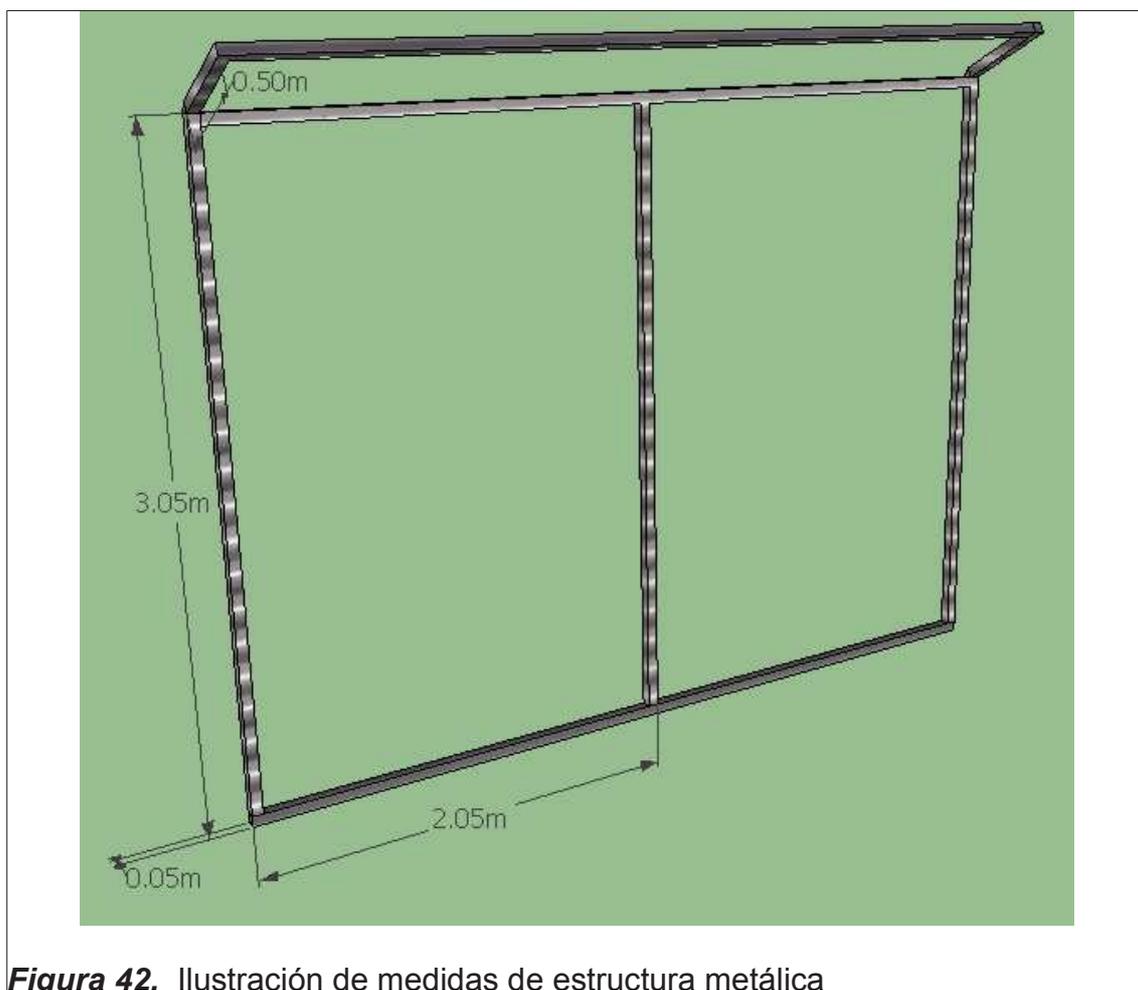


**Figura 41.** Curva de respuesta de atenuación por inserción de barrera de yeso laminado en laboratorio

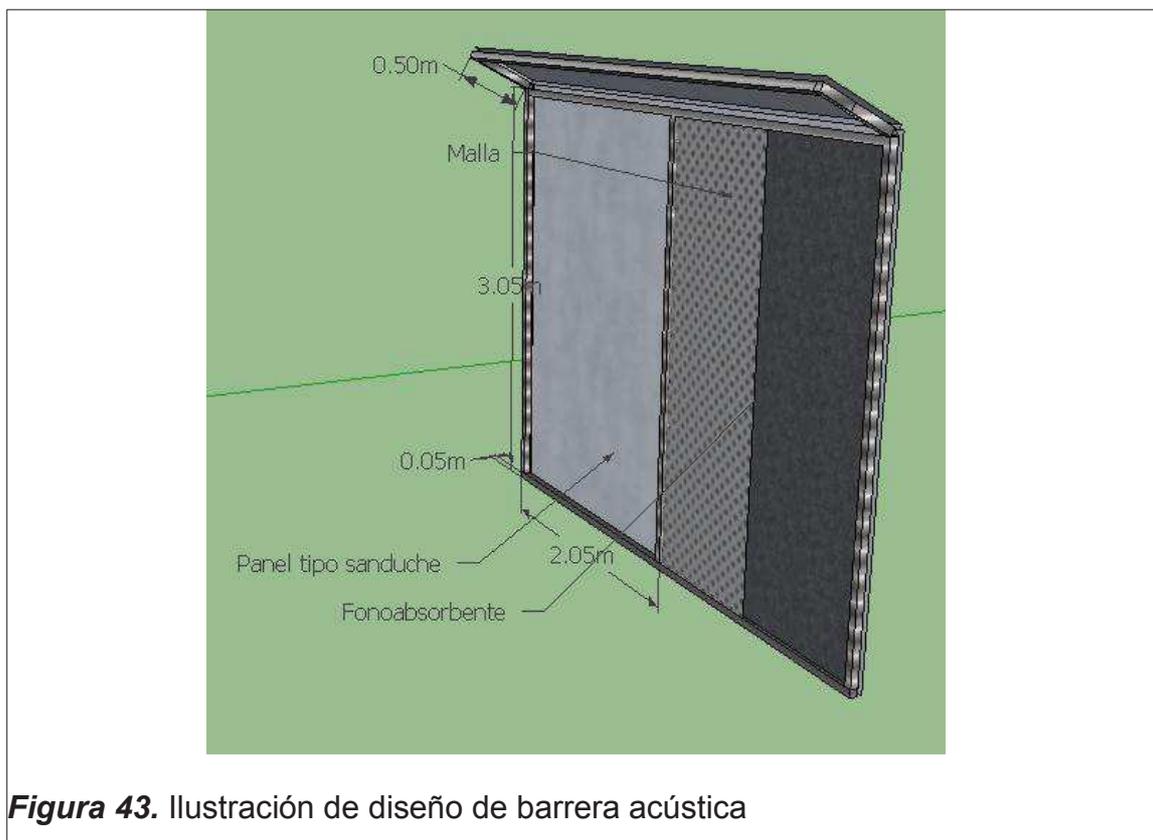
### 5.6 Barrera acústica entre unidades 13, 10 hacia guardianía

Para atenuar el ruido generado por estas fuentes, se propone implementar una barrera acústica que cumpla con las siguientes características:

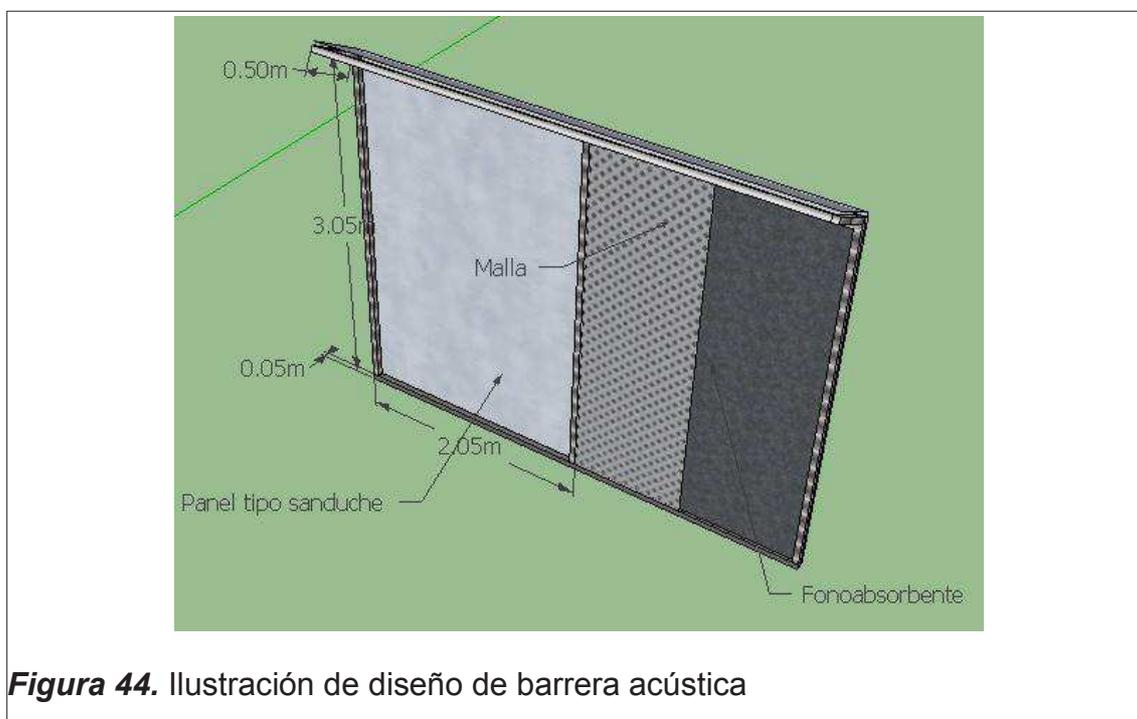
Estructura metálica de tubo cuadrado que permita tener una cámara de 5 cm de espesor, y ser suficientemente fuerte como para soportar el panel metálico tipo sánduche de 3 cm de espesor con poliuretano inyectado de 36 kg/ m<sup>2</sup>.



**Figura 42.** Ilustración de medidas de estructura metálica



**Figura 43.** Ilustración de diseño de barrera acústica

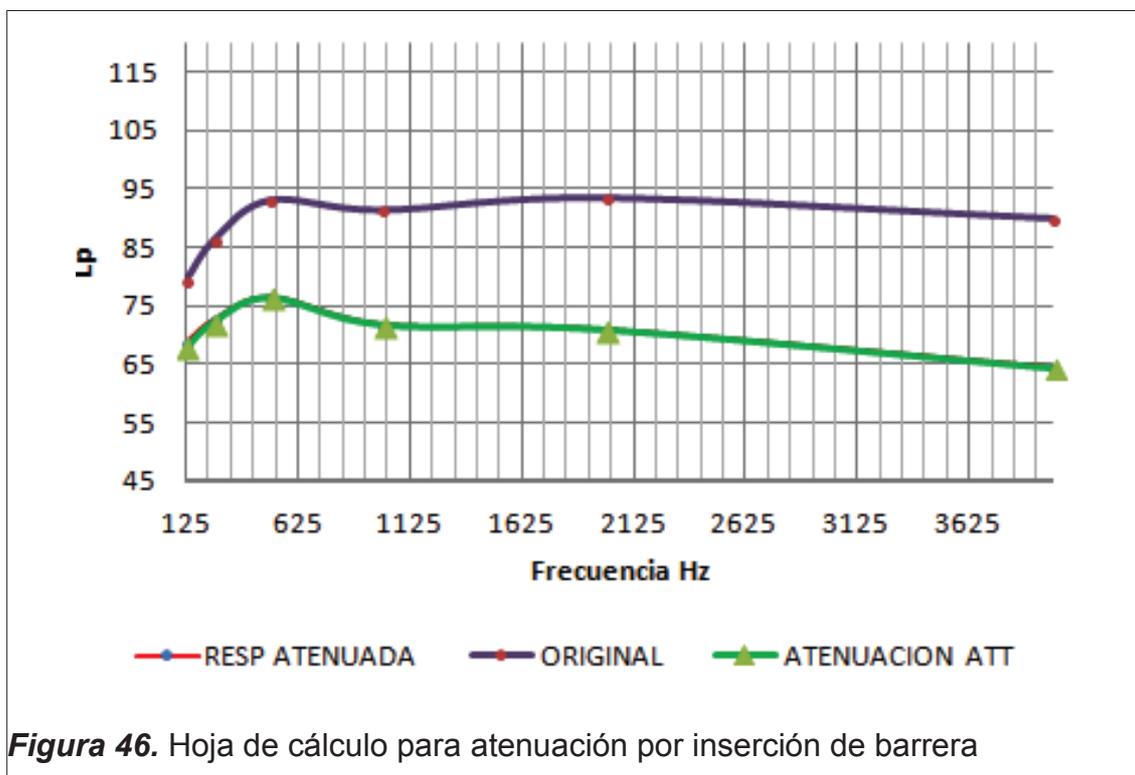


**Figura 44.** Ilustración de diseño de barrera acústica

### 5.6.1 Predicción de la atenuación de barrera acústica en el área de unidades 13 y 10 hacia la guardianía de entrada

Altura de la fuente (m)	1,5	FRECUENCIA	125	250	500	1000	2000	4000
Distancia fuente/barrera	2	LP	79,3	86,2	93	91,3	93,4	89,9
Altura de la barrera	3,05	NIVEL TOTAL DESPUES DE ATENUACION	68,88	72,78	76,57	71,86	70,95	64,44
distancia barrera/recept	8	Barrier Att	67,82	72,20	76,26	71,69	70,85	64,37
Altura receptor	1,5	ATENUACION POR DISTANCIA	67,26	74,16	80,96	79,26	81,36	77,86
VOLVER A CALCULAR		VALIDACION	BARRERA NO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO
		VALIDACION	BARRERA NO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO

**Figura 45.** Captura de pantalla de hoja electrónica para el cálculo de atenuación por inserción de barrera metálica en unidades 10 y 13 hacia guardianía

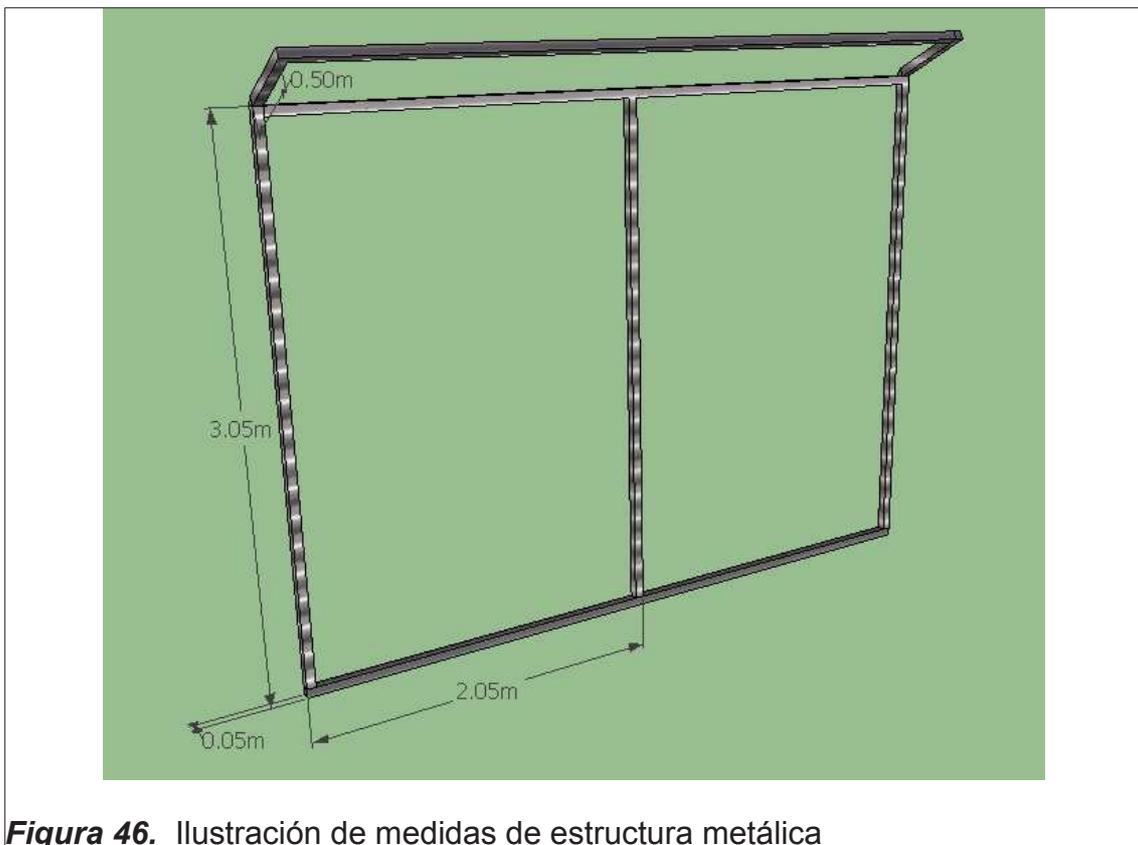


**Figura 46.** Hoja de cálculo para atenuación por inserción de barrera

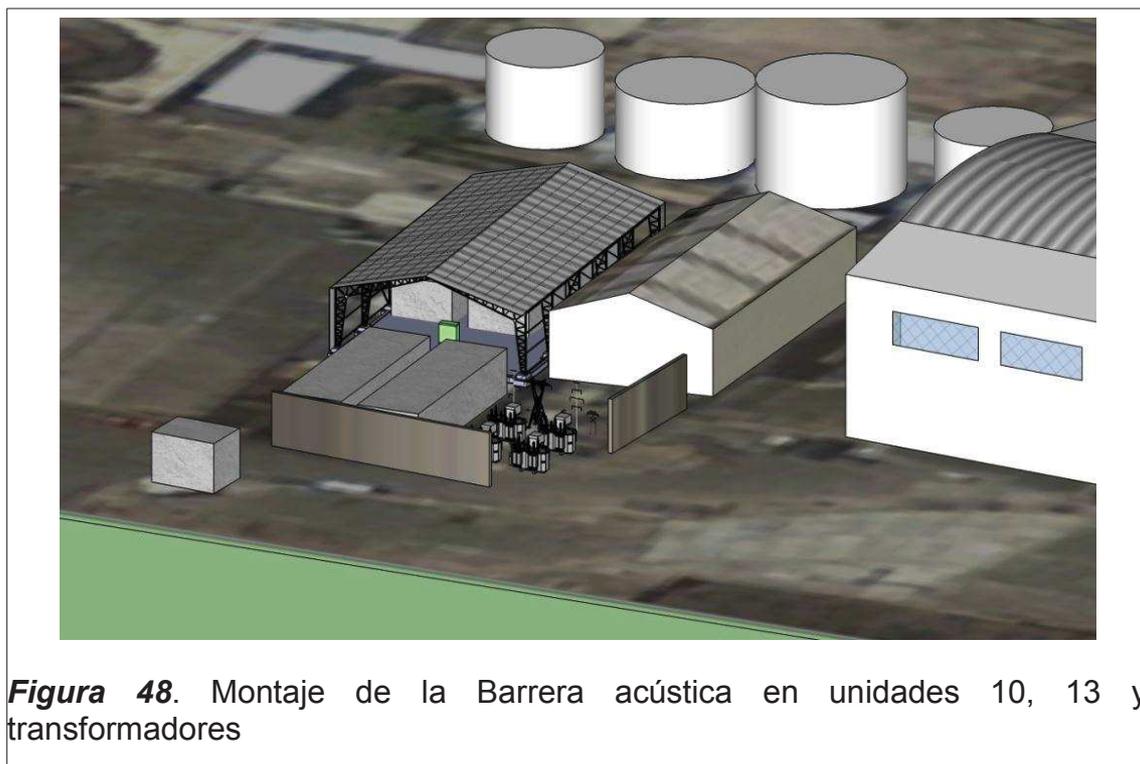
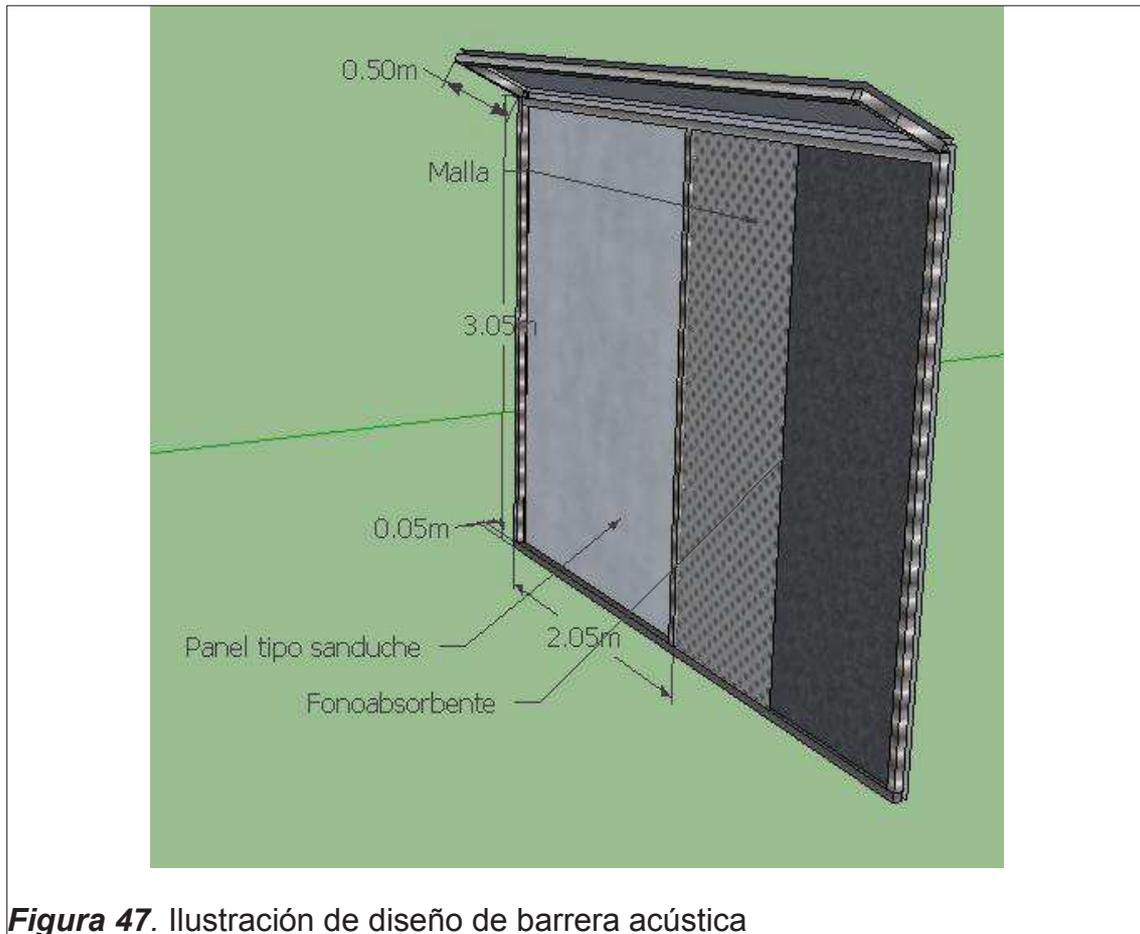
### 5.7 Barrera acústica en zona de transformadores

Para atenuar el ruido generado por estas fuentes, se propone implementar una barrera acústica que cumpla con las siguientes características:

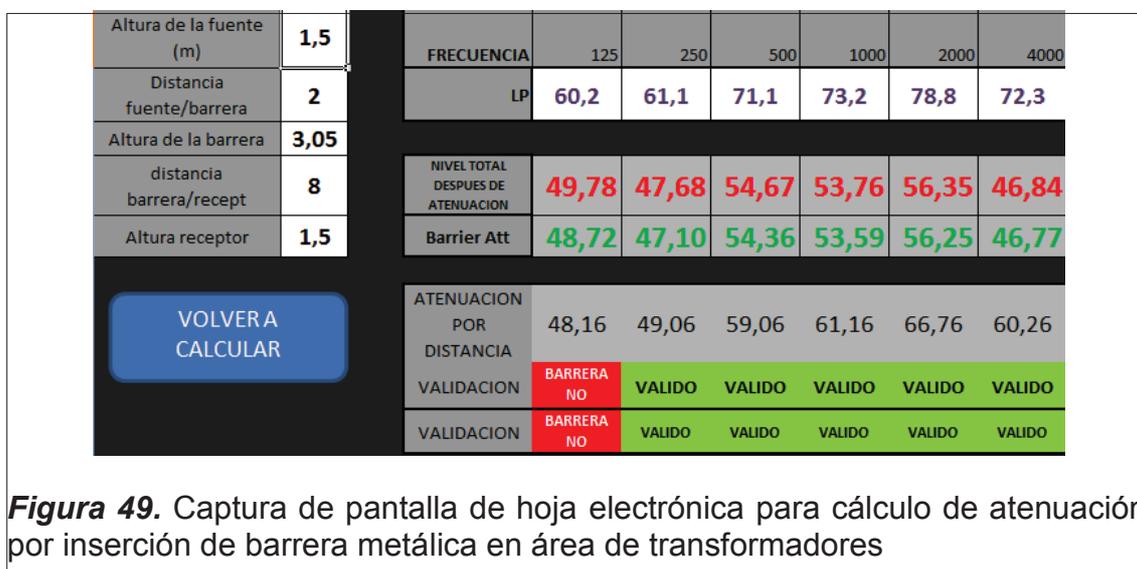
Estructura metálica.- De tubo cuadrado que permita tener una cámara de 5 cm de espesor, y ser suficiente como para soportar panel metálico tipo sánduche de 3 cm de espesor con poliuretano inyectado de 36 kg/m<sup>2</sup>.



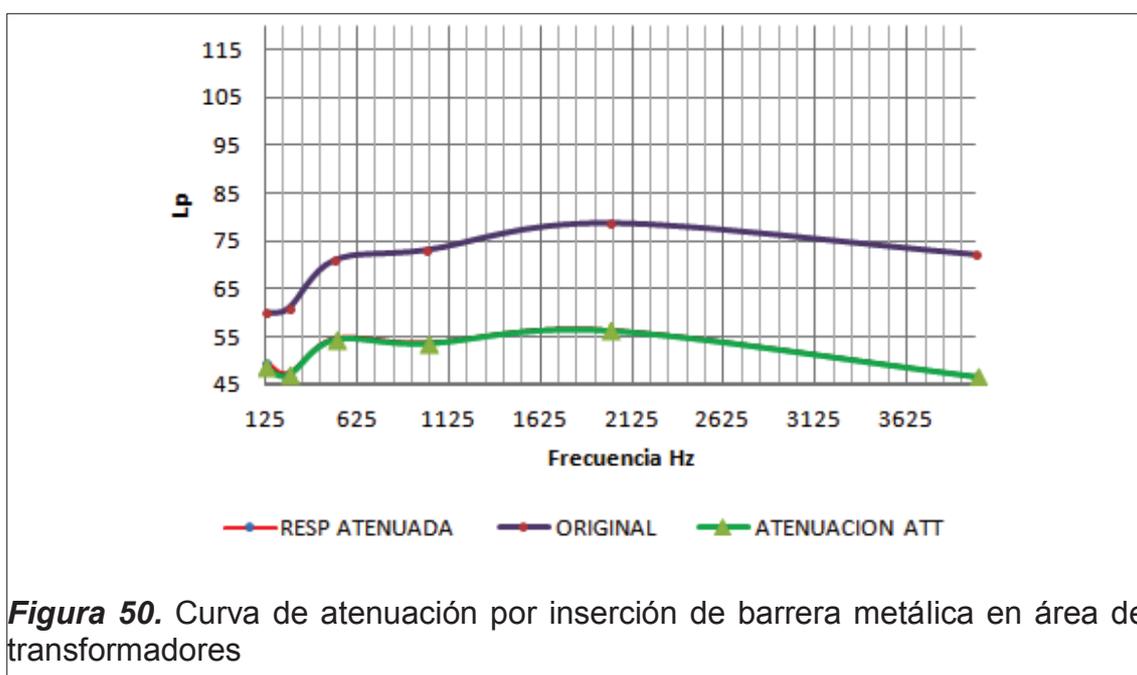
**Figura 46.** Ilustración de medidas de estructura metálica



### 5.7.1 Predicción de la atenuación de barrera acústica en el área de transformadores



**Figura 49.** Captura de pantalla de hoja electrónica para cálculo de atenuación por inserción de barrera metálica en área de transformadores



**Figura 50.** Curva de atenuación por inserción de barrera metálica en área de transformadores

### 5.8 Aislamiento acústico en cuarto de control de las unidades 10 y 13

Para el control de ruido en esta área se propone mejorar los paneles instalados recubriendo toda el área con paneles de yeso laminado utilizando una subestructura metálica.

También se propone un refuerzo en las puertas utilizando vinil acústico y caucho en el marco.

### 5.8.1 Predicción de la atenuación por la instalación de una partición simple en el cuarto de control de las unidades 10 y 13

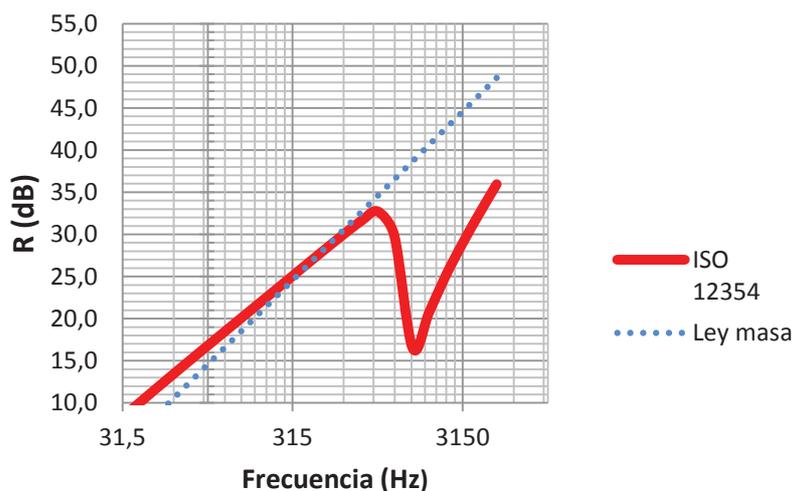
DATOS MATERIAL			DATOS SUPERFICIE		
Tipo de material	<b>GYPSUM</b>		Ancho	<b>1,22</b>	m
Densidad volumétrica	1200	kg/m <sup>3</sup>	Alto	<b>2,44</b>	m
Espesor (d)	<b>0,01</b>	m			
Densidad superficial (m')	12	kg/m <sup>2</sup>			
Módulo elasticidad (E)	3,00E+10	N/m <sup>2</sup>			
Coefficiente amortiguamiento (n)	6,00E-03	$\eta$			
Velocidad del sonido material (c)	5000	m/s			
Frecuencia crítica (fc)	1322,5	Hz			
R (dB)	20,9	dB(A)			

INCREMENTO AISLAMIENTO TRASDOSADO A RA				
ELEMENTO	$\Delta R$	UNIDAD	R <sub>tot</sub>	fo Hz
Trasdosado lana de vidrio y PYL	<b>24,5</b>	dB(A)	<b>45,5</b>	<b>89,9</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 8 a 12 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>102,1</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 15 a 20 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>89,9</b>
Lana 3 a 4 cm, PYL 25 a 30 kg/m <sup>2</sup>	Noaplica	dB(A)	--	<b>82,5</b>

**Figura 51.** Captura de pantalla de hoja electrónica para cálculo de atenuación por inserción de barrera yeso laminado en cuarto de control 10 y 13

FRECUENCIA	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000
ISO 12354	8,3	13,5	18,4	23,4	28,4	32,7	20,7	32,6



**Figura 52.** Curva de atenuación por inserción de partición simple en cuarto de control 10 y 13

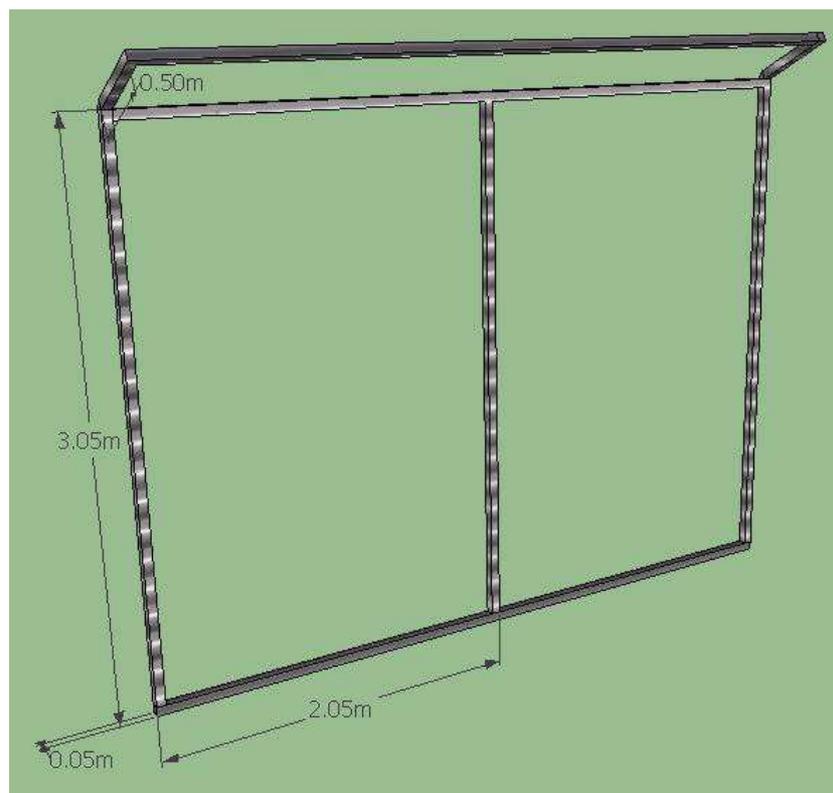


**Figura 53.** Cuarto de control de unidades 10 y 13 (estado inicial)

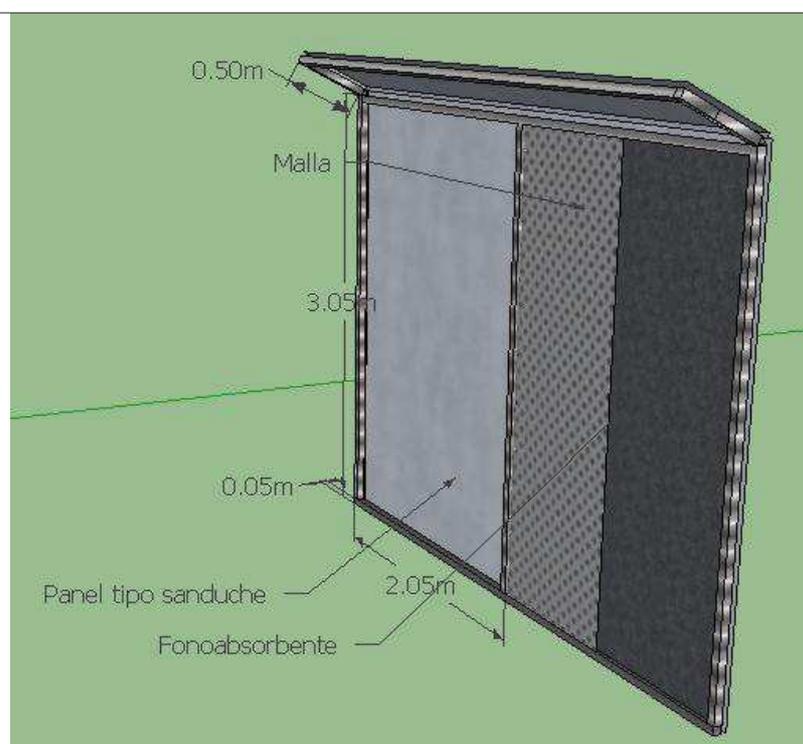
### **5.8.2 Barrera acústica externa en unidades 18, 16, 22.**

Para atenuar el ruido generado por estas fuentes, se propone implementar una barrera acústica que cumpla con las siguientes características:

Estructura metálica.- De tubo cuadrado que permita tener una cámara de 5 cm de espesor, y ser suficiente como para soportar panel metálico tipo sánduche de 3 cm de espesor con poliuretano inyectado de 36 kg/m<sup>2</sup>.



**Figura 54.** Ilustración y medidas de estructura metálica



**Figura 55.** Diseño y medidas de la barrera

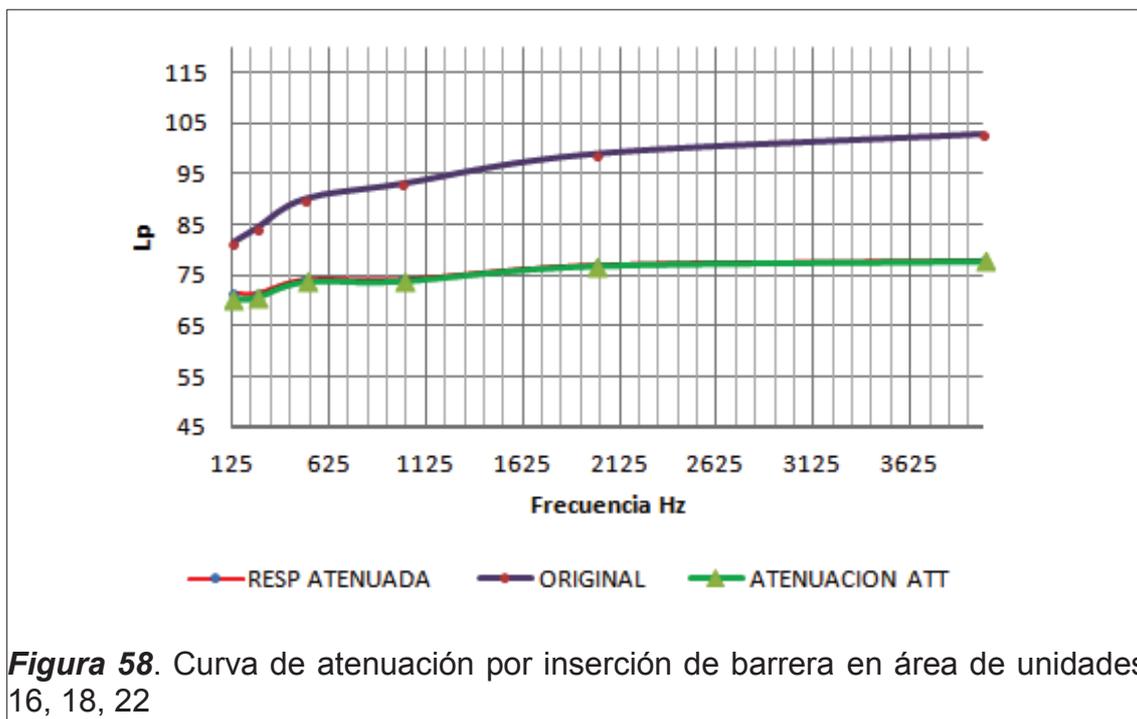


**Figura 56.** Ilustración de montaje de la barrera acústica

### 5.8.3 Predicción de la atenuación de barrera acústica en el área de las unidades 18, 16, 22

Altura de la fuente (m)	1,5	FRECUENCIA	125	250	500	1000	2000	4000
Distancia fuente/barrera	2	LP	81,5	84,4	90,2	93,2	99,1	103
Altura de la barrera	3,05							
distancia barrera/recept	7	NIVEL TOTAL DESPUES DE ATENUACION	71,46	71,37	74,16	74,15	77,04	77,93
Altura receptor	1,5	Barrier Att	70,32	70,74	73,82	73,96	76,93	77,86
VOLVERA CALCULAR		ATENUACION POR DISTANCIA	70,62	73,52	79,32	82,32	88,22	92,12
		VALIDACION	BARRERA NO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO
		VALIDACION	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO
		VALIDACION	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO	VALIDO

**Figura 57.** Captura de pantalla de hoja electrónica para cálculo de atenuación por inserción de barrera en el área de unidades 16, 18, 22.



## CONCLUSIONES

La determinación de las áreas ruidosas de la Central Termoeléctrica nos dio como resultado y conclusión la calificación de áreas con exceso de niveles de ruido constante.

Se logró determinar el nivel promedio de ruido continuo equivalente ( $L_{Aeq}$ ) en las áreas de interés en valores por bandas y globales y se encontró que estos valores son constantes y diferentes en cada área,

Se realizó una comparación de la metodología de evaluación de exposición a ruido entre las normas ecuatorianas (decreto 2393) y Españolas (Real Decreto 286) y se encontró que la normativa Española utiliza el índice  $L_{Aeq, d}$ , mientras que en la Ecuatoriana se usa la dosis de ruido D. En conclusión se puede decir que la evaluación española entrega mayor información y detallada que la ecuatoriana al presentar rangos de exposición ruido y con esto establecer niveles de acción.

Se desarrolló una hoja de cálculo para que el personal de seguridad industrial de la planta pueda determinar con facilidad los niveles de exposición de cada trabajador, esta hoja de cálculo se la hizo porque en ese momento sería más eficiente que el mismo personal de la planta determine su exposición y que a través de esto sea informado acerca de su riesgo y de las posibles medidas de protección.

Se propuso medidas de control de ruido en varios sectores de la planta con el fin de reducir los niveles de ruido que se propagan entre diferentes áreas y hacia el exterior de la planta. La mayoría de estas medidas implican la instalación de barreras, y se realizó una aproximación de posibles soluciones constructivas basándose en una teoría de campo libre para tener una aproximación de atenuación.

Varias áreas tienen niveles de presión sonora continua y sobre los 87 dB y de por lo que el personal tiene una alta exposición a ruido, esto lleva a la conclusión de que el personal de la planta debería utilizar elementos de protección auditiva individual (EPI).

Para ayudar a la selección del protector más idóneo para cada caso (por área o por trabajador) se desarrolló una hoja de cálculo que toma en cuenta el nivel de presión sonora y los valores de atenuación del protector.

A pesar de que se revisó la Ordenanza del Municipio de Manta no encontramos normativa con respecto al cuidado de los trabajadores más bien límites permisibles para uso de suelos.

Se concluye que por ahora el mejor método para determinar correctamente la exposición a ruido en los trabajadores de la planta es utilizar la metodología de evaluación española hasta que la normativa o leyes ecuatorianas sean revisadas.

## RECOMENDACIONES

Realizar una evaluación periódica de exposición a ruido en los puestos de trabajo con el fin de establecer acciones según sus resultados.

Estudiar la posibilidad de implementar las recomendaciones citadas en el capítulo 5, con el fin de mantener medidas constructivas básicas para la disminución de ruido en puntos críticos y verificar periódicamente que los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido mayores a 85 dB(A) en el ambiente de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a fin de prevenir la transmisión de ruido y vibraciones hacia el exterior del lugar.

Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de ser necesario a motores generadores de acuerdo al programa de mantenimiento de la empresa, con el fin de evitar ruido y/o vibraciones por mal funcionamiento de los mismo.

Se recomienda que exista un departamento o personal a cargo de la seguridad y salud ocupacional que evaluara y verificara el cumplimiento a las acciones a tomar dependiente del nivel de exposición en el área de trabajo y su nivel de acción.

Se recomienda tomar en cuenta lo que señala el decreto 2393 acerca de que se prohíbe instalar máquinas o aparatos que produzcan ruidos o vibraciones, adosados a paredes o columnas excluyéndose los dispositivos de alarma o señales acústicas.

Se recomienda implementar medidas de control administrativas considerando la colocación y rotación de los trabajadores de mayor edad y de mayor tiempo de exposición al ruido en áreas menos ruidosas, así como el control periódico audio métrico.

Poner en conocimiento al trabajador, en lo referente a los criterios de exposición y del peligro de daño auditivo a los cuales están expuestos en sus áreas de trabajo.

Se recomienda que el trabajador pueda realizar una pausa a unza zona menos ruidosa al menos cada 2 horas de estar en su horario de trabajo.

Para evitar fallos de comunicación en ambientes ruidosos, se requiere instalar dispositivos visuales de aviso y en otros audio evacuación.

## REFERENCIAS

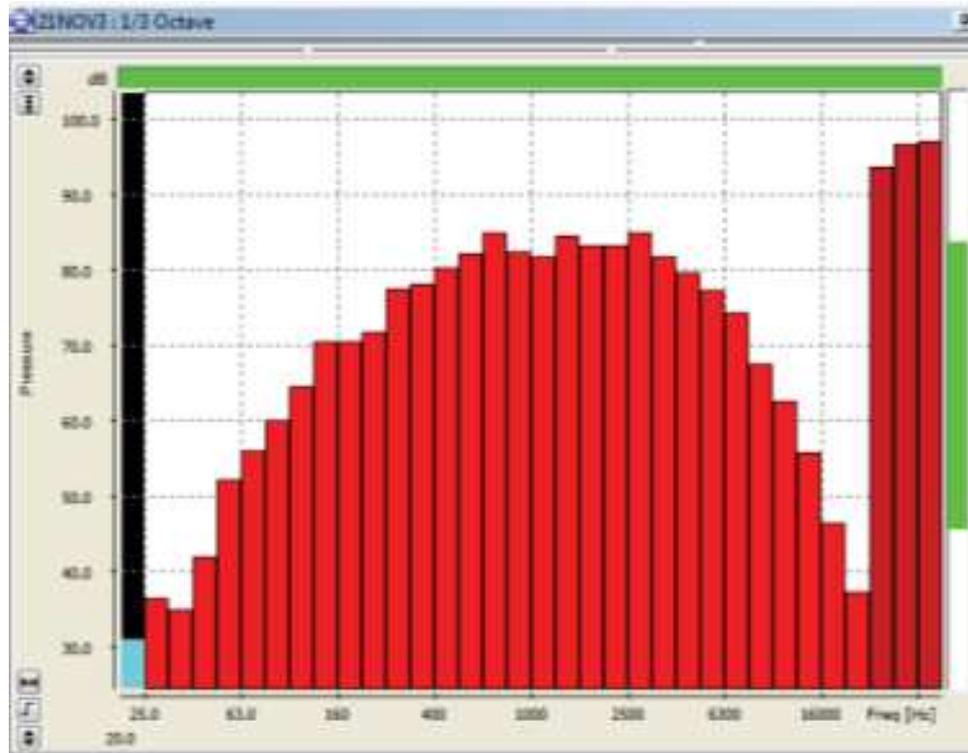
- Bies, D., & Hensen, C. (1996). *Engineering Noise Control*. London: E & FN Spon.
- Contra la contaminación acústica. (2014). *Contra la contaminación acústica*. Retrieved diciembre de 2013 from mundo sin ruido: [http://www.mundოსinruido.es/contaminacion-acustica/](http://www.mundোসinruido.es/contaminacion-acustica/)
- Cyril, H. (1995). *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido* (Tercera ed., Vol. I). España: McGraw-Hill.
- Cyril, H. (1995). *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido* (Tercera ed., Vol. II). España: Mc. Graw Hill.
- Cyril, H. (1995). *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido* (Tercera ed., Vol. I). España: McGraw-Hill.
- Cyril, H. (1995). *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido* (Tercera ed., Vol. II). España: Mc. Graw Hill.
- Decreto Ejecutivo 2393. (17 de noviembre de 1986). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente*. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente .
- Fletcher, & Munson. (1930).
- Glorig, A. (1995). *Roadside Noise Abatement*.
- INSHT. (2008). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores a ruido*. España.
- Llopis, A. (2008). *Acústica arquitectónica y urbanística*. Univerisad Politécnica de Valencia.
- Maggiolo, D. (2002). [www.eumus.edu.uy](http://www.eumus.edu.uy). Retrieved agosto de 2013 from Escuela Universitaria de música: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/sap.html>
- Malcolm, J. (2007). *Handbook of noise and vibration control*.
- Ministerio del Ambiente. (2003). *Limites permisibles de nivel de ruido*. Quito, Ecuador.
- Miyara, F. (1999). *Acústica y sistemas de sonido*. Rosario: UNR.

- Miyara, F. (2003). Estimacion de riesgo auditivo por exposicion a ruido segun la norma ISO1999 -1990.
- Miyara, F. (2003). Estimacion de riesgo auditivo por exposicion a ruido segun la norma ISO1999 -1990 .
- Möser , M., & Barros, J. L. (2009). Ingenieria Acústica.
- Municipio de Quito. (2008). Resolucion N002 DMA. Quito.
- Perdida por transmisión. (2006). ElRuido.com. Retrieved 2014 from ElRuido.com: <http://www.elruido.com/portal/web/guest/perdida-por-transmision>
- Ramos, A. (2006). Universidad de granada. Retrieved junio de 2013 from [http://www.ugr.es/~ramosr/CAMINOS/conceptos\\_ruido.pdf](http://www.ugr.es/~ramosr/CAMINOS/conceptos_ruido.pdf)
- Recuero, M. (1992). Acústica arquitectónica Soluciones prácticas. Paraninfo.
- Samir, G. (1992). Ruido fundamentos y control. Ruido fundamentos y control .  
Brasil: Universidad Central de Santa Catarina.
- Sommerhoff, J. (1987). Acustica de locales. Chile: Austral.
- Stigwood, M., & Stigwood, T. (2013). MAS environmental. (MAS environmental)  
From <http://www.masenv.co.uk/noisecalculator2>

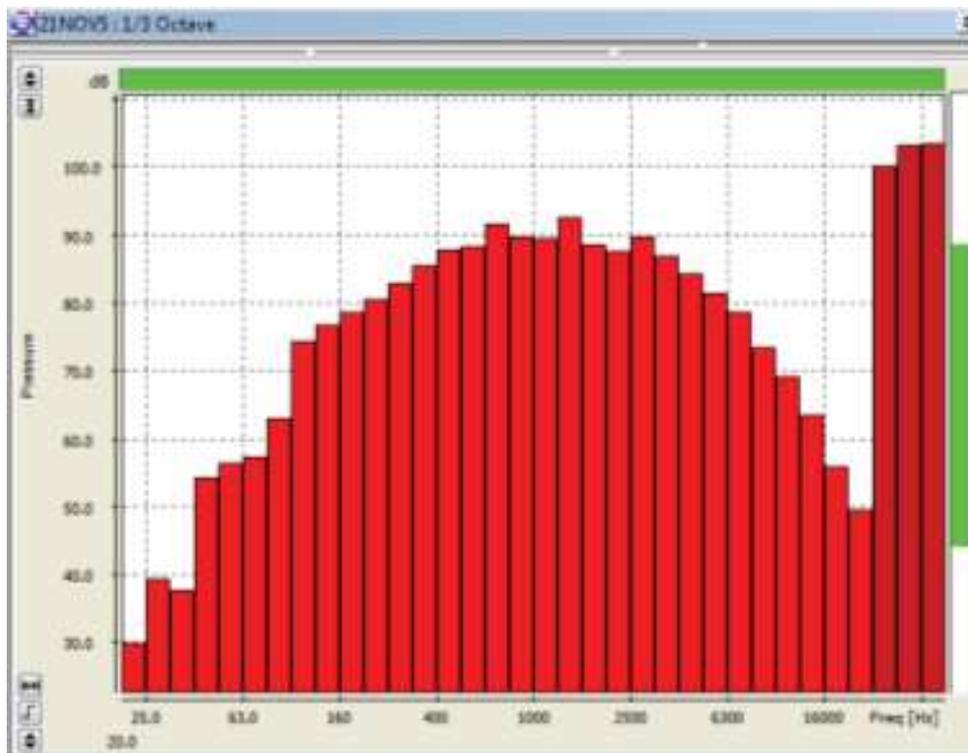
## **ANEXOS**

## ANEXO 1

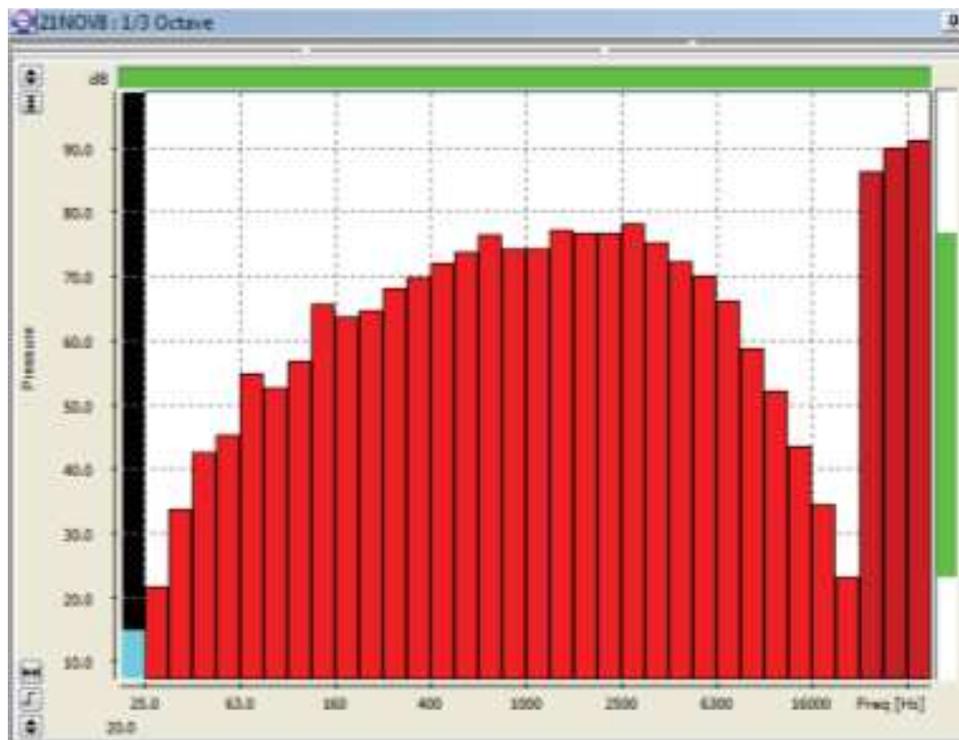
Resultados gráficos de los NPS por banda por punto de medición.



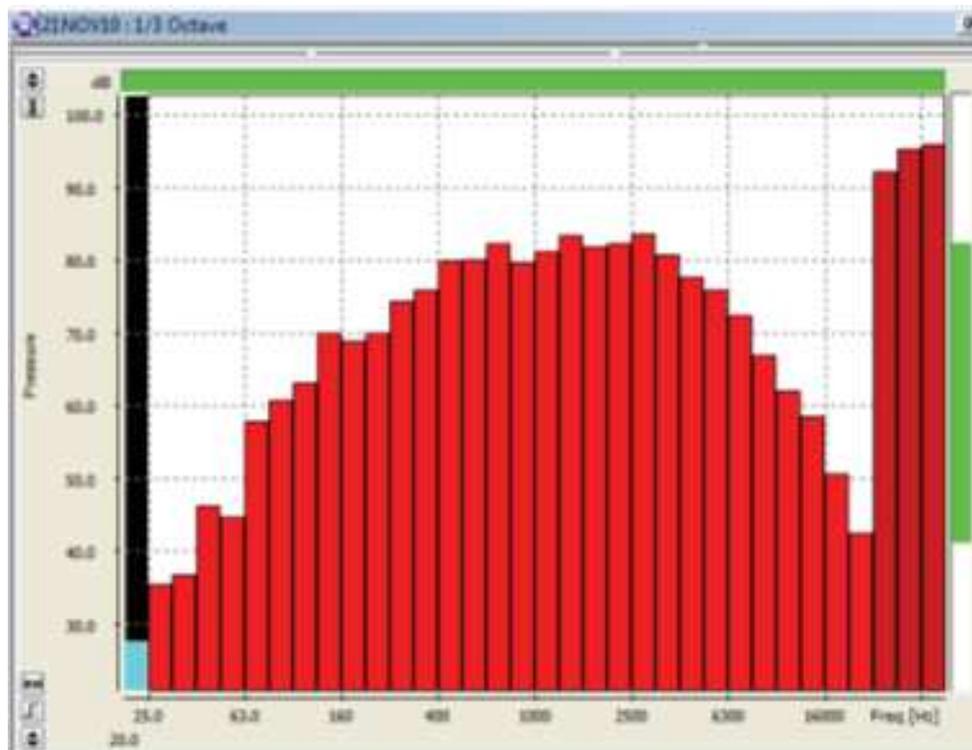
Datos espectrales de los puntos 1 y 2 (Tableros de control)



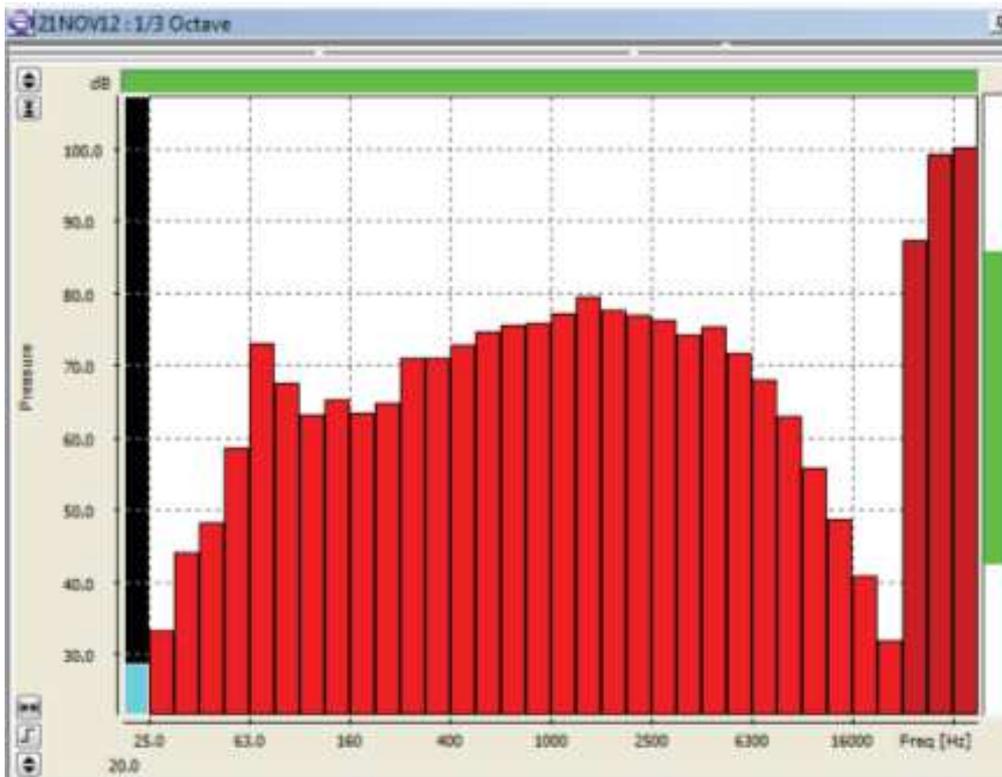
Datos espectrales de los puntos 3 y 4 (Entre unidades 11 y 12)



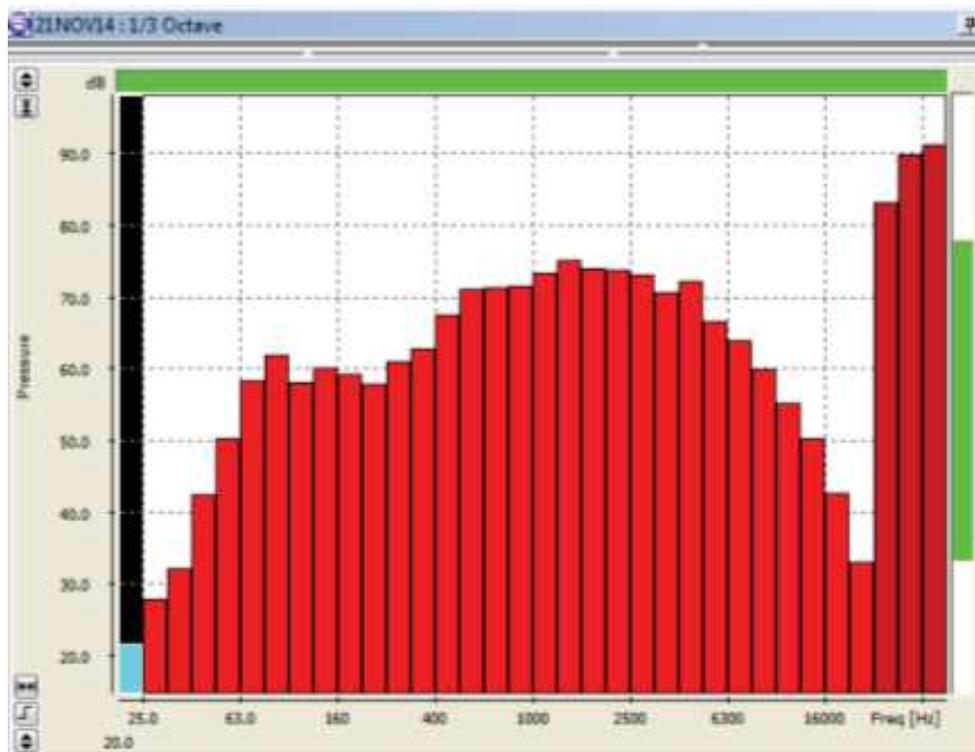
Datos espectrales de los puntos 5 y 6 (Taller mecánico)



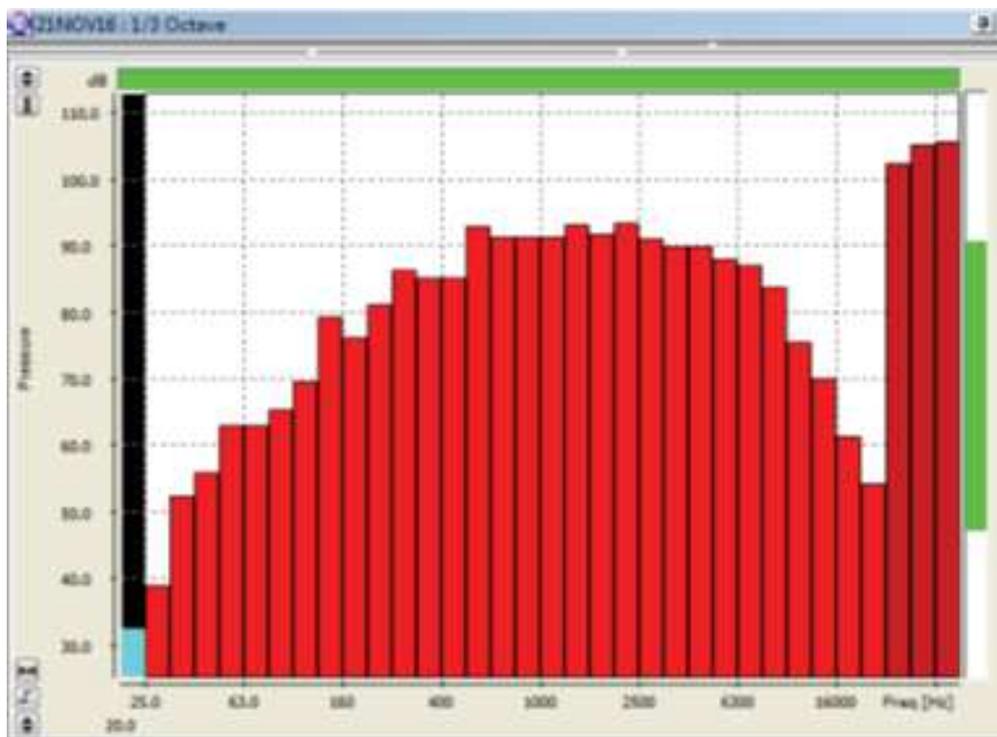
Datos espectrales de los puntos 7 y 8 (Centrifugador de aceite)



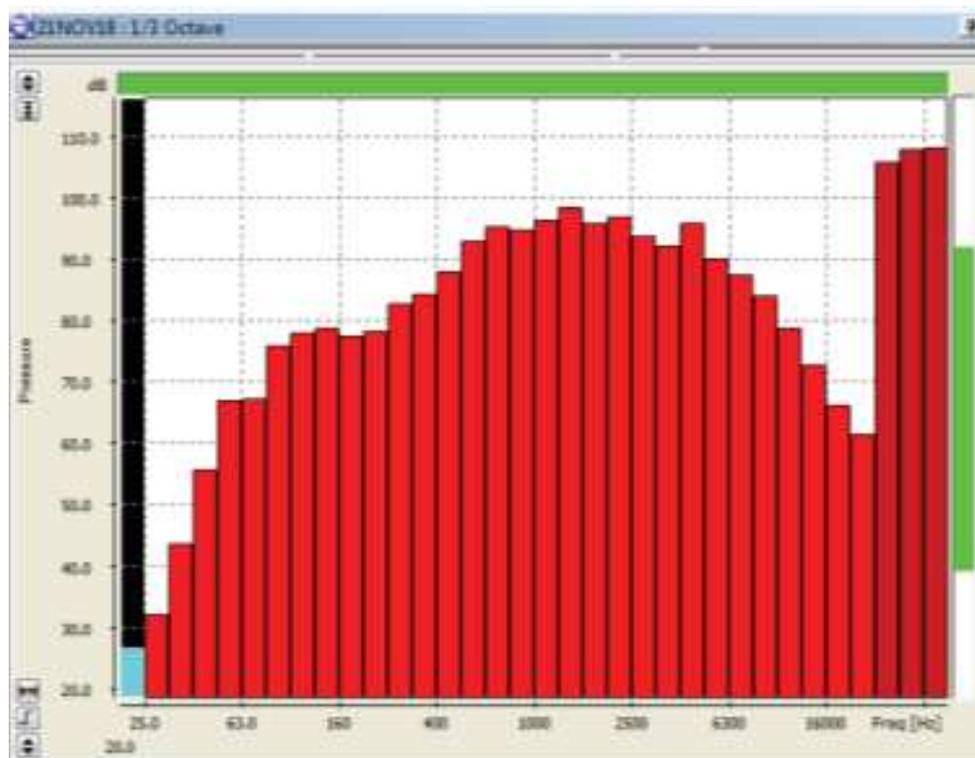
Datos espectrales de los puntos 9 y 10 (Bodega)



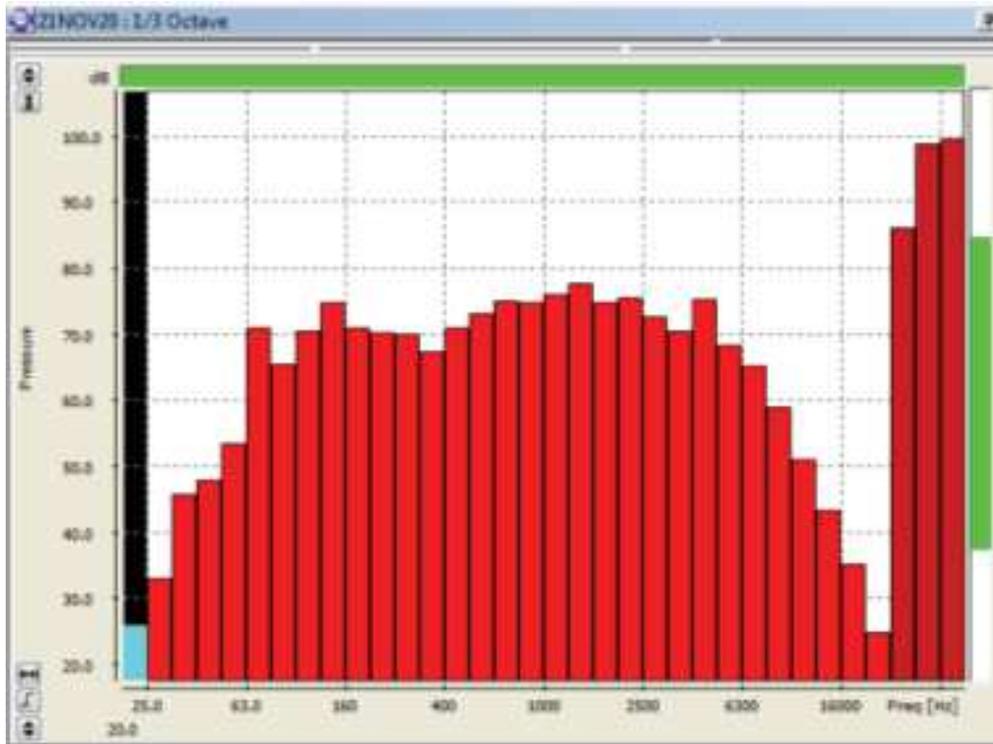
Datos espectrales de los puntos 11 y 12 (Transformadores)



Datos espectrales de los puntos 13 y 14 (Entre unidades 13 y 10)



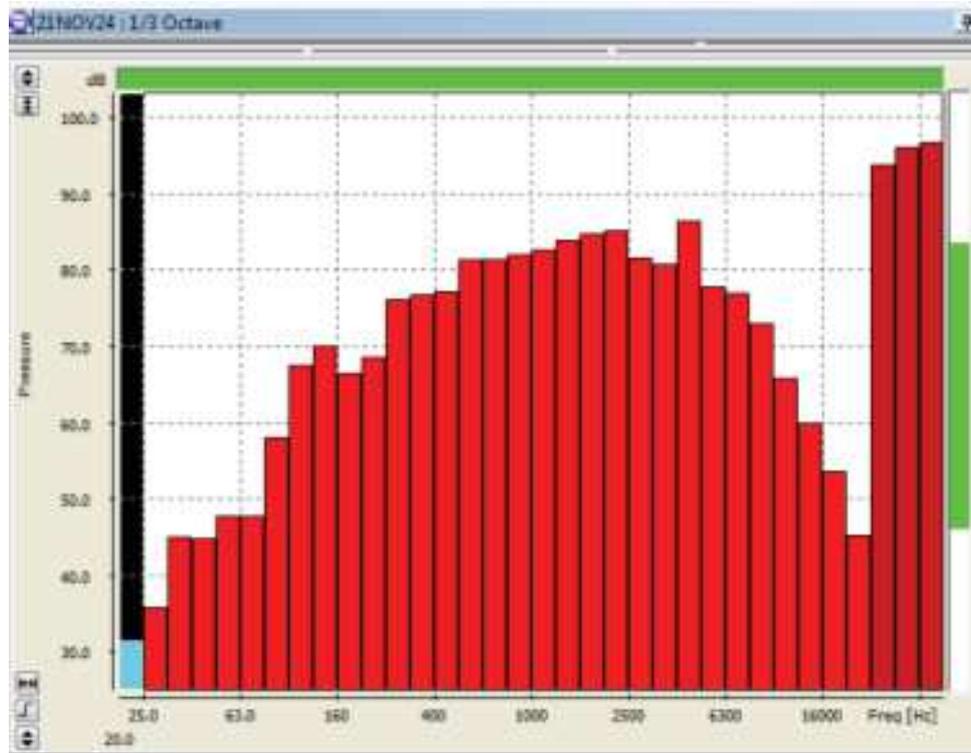
Datos espectrales de los puntos 15 y 16 (Entre unidades 14 y 8)



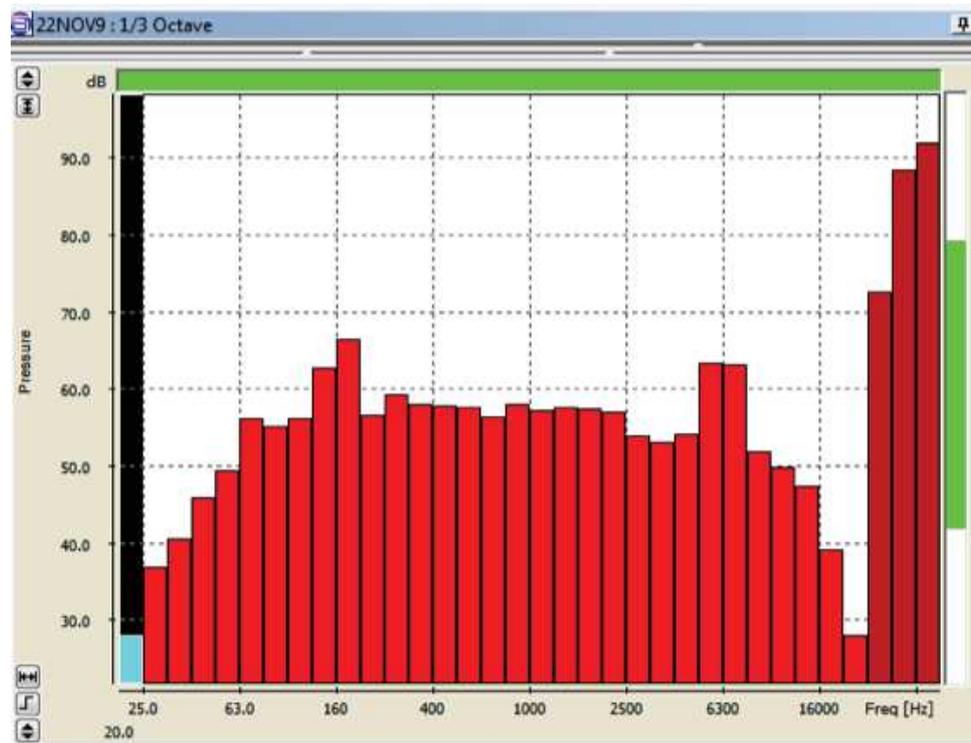
Datos espectrales de los puntos 17 y 18 (Cuarto de controles 8)



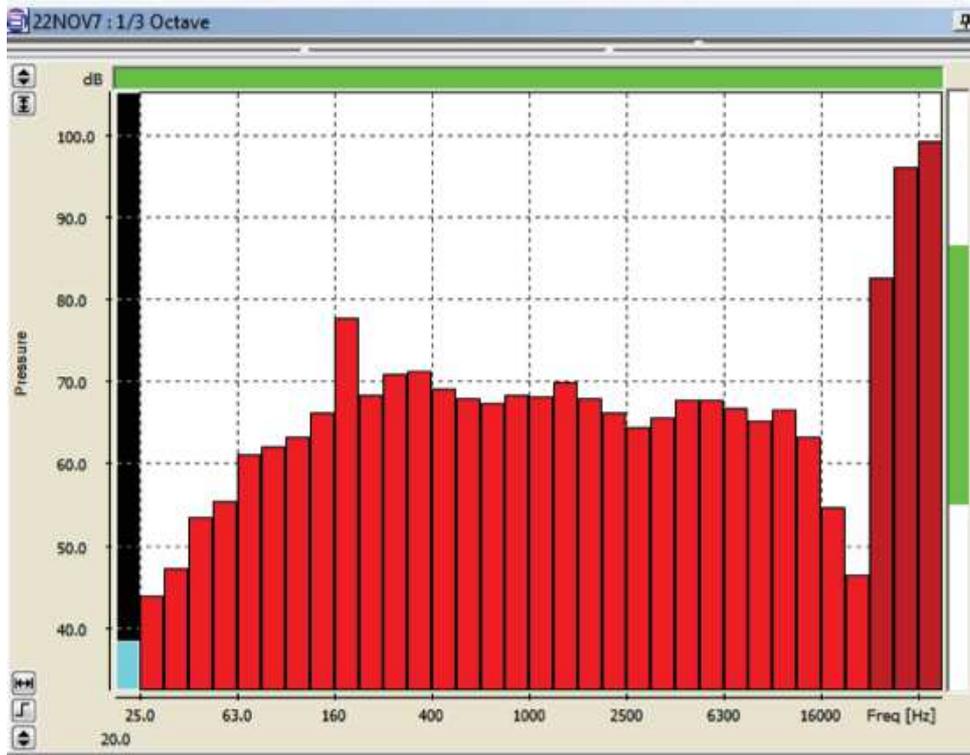
Datos espectrales de los puntos 19 y 20 (Entre 22-18-26)



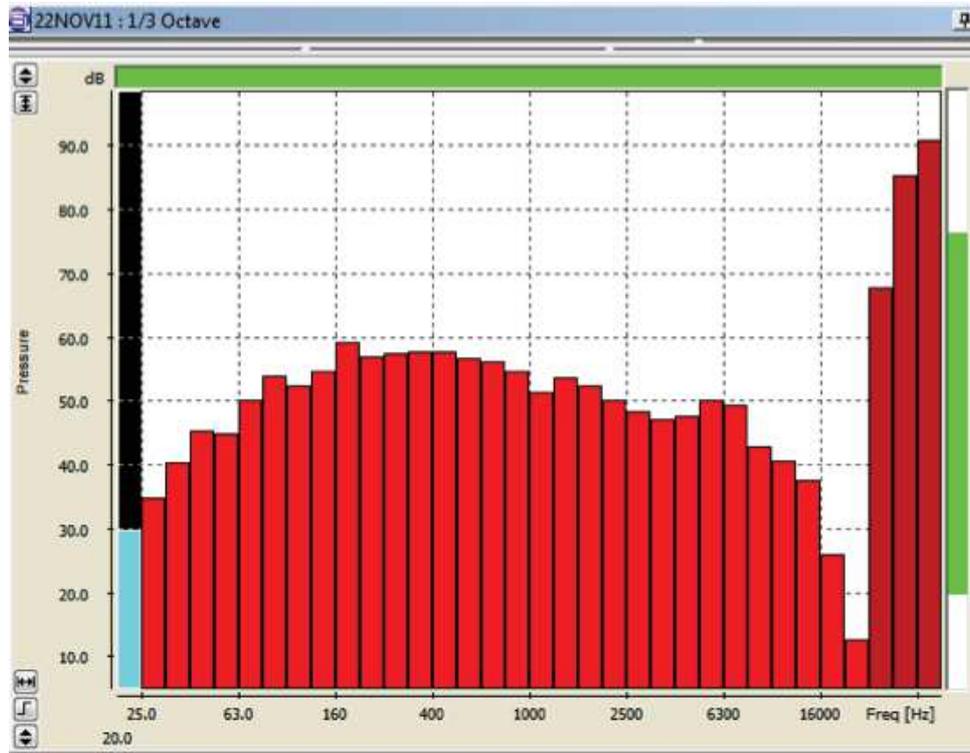
Datos espectrales de los puntos 21 y 22 (Laboratorio Químico)



Datos espectrales de los puntos 23 y 24 (recepción combustible)



Datos espectrales de los puntos 25 y 26 (turbina)



Datos espectrales de los puntos 27 y 28 (Guardianía)

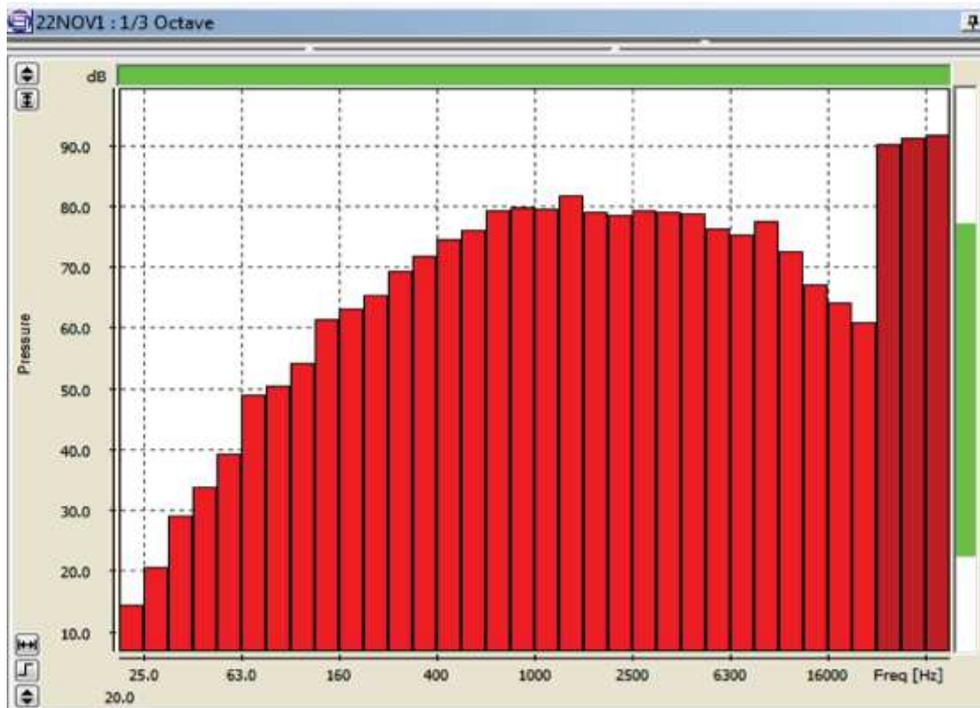
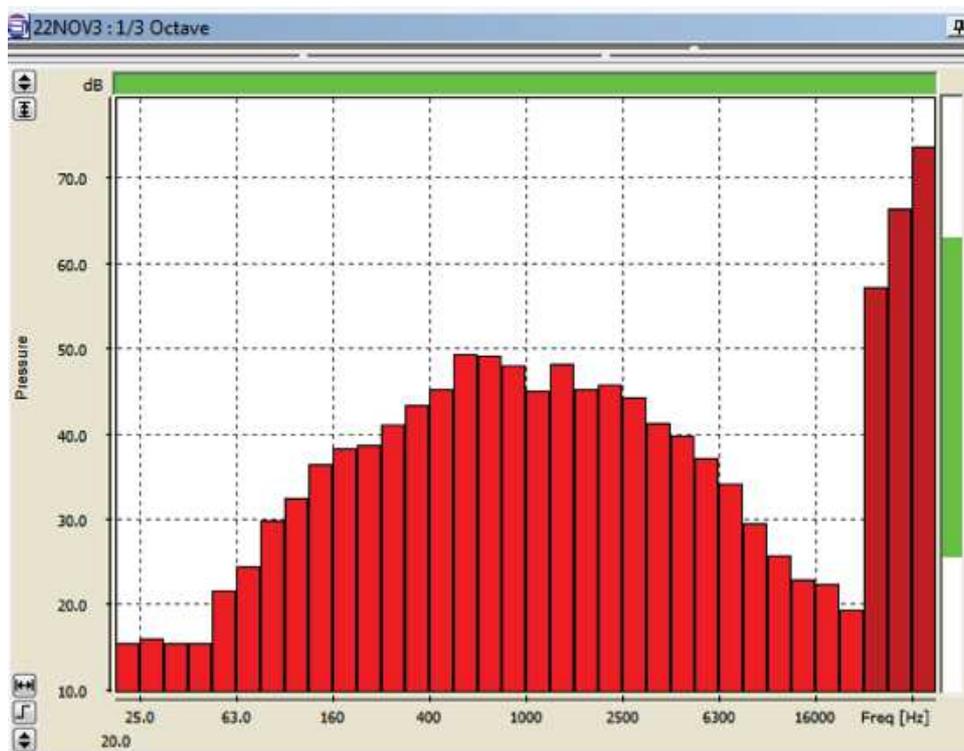
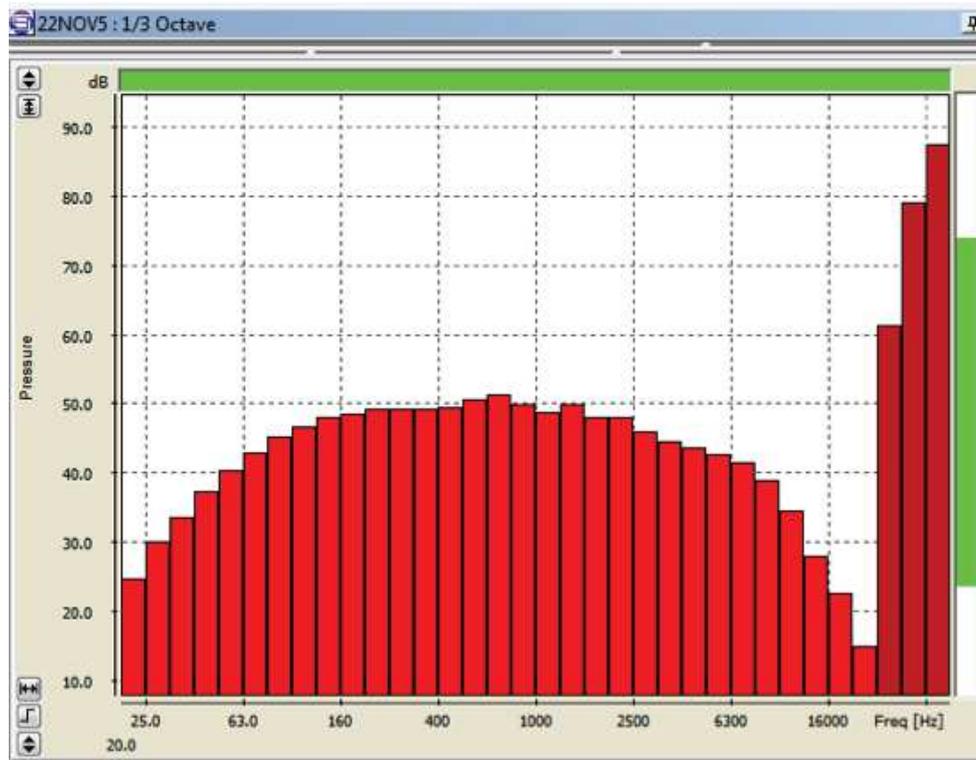


Figura 7.15 Datos espectrales de los puntos 29 y 30 (Taller automotriz)



Datos espectrales de los puntos 31 y 32 (a 35m del acceso y fábrica adyacente)



Datos espectrales de los puntos 33 y 34 (Ingreso y guardianía)

## ANEXO 2

EXTRACTO DECRETO EJECUTIVO 2393

**REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL  
MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO**

**DECRETO 2393**

**León Febres-Cordero Ribadeneyra  
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPUBLICA**

**(Decreto No. 2393, Registro Oficial No. 249, Febrero. 3/98)**

**Considerando:**

Que es deber del Estado precautelar la seguridad y fomentar el bienestar de los trabajadores;

Que la incidencia de los riesgos de trabajo conlleva graves perjuicios a la salud de los trabajadores y a la economía general del país;

Que es necesario adoptar normas mínimas de seguridad e higiene capaces de prevenir, disminuir o eliminar los riesgos profesionales, así como también para fomentar el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.;

En uso de las facultades que le confiere el literal c) del artículo 78 (actual 171) de la Constitución Política de la Republica, y de conformidad con el artículo 5 de la ley de Régimen Administrativo,

Decreta: el siguiente “**Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo**”

**Título I**

**DISPOSICIONES GENERALES**

**Art. 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN.-** Las disposiciones del presente Reglamento se aplicarán a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivo la prevención, disminución o eliminación de los riesgos del trabajo y el mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

**Art. 2. DEL COMITÉ INTERINSTITUCIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO.**

1. Existirá un Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo que tendrá como función principal coordinar las acciones ejecutivas de todos los organismos del sector público con atribuciones en materia de prevención de riesgos del trabajo; cumplir con las atribuciones que le señalen las leyes y reglamentos; y, en particular, ejecutar y vigilar el cumplimiento del presente Reglamento. Para ello, todos los Organismos antes referidos se someterán a las directrices del Comité Interinstitucional.

2. Para el correcto cumplimiento de sus funciones, el Comité Interinstitucional efectuará, entre otras, las acciones siguientes:

a) Colaborar en la elaboración de los planes y programas del Ministerio de Trabajo, Ministerio de Salud y demás Organismos del sector público, en materia de seguridad e higiene del trabajo y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

b) Elevar a consideración del Ejecutivo los proyectos de modificación que estime necesarios al presente Reglamento y dictar las normas necesarias para su funcionamiento.

c) Programar y evaluar la ejecución de las normas vigentes en materia de prevención de riesgos del trabajo y expedir las regulaciones especiales en la materia, para determinadas actividades cuya peligrosidad lo exija.

d) Confeccionar y publicar estadísticas de accidentalidad y enfermedades profesionales a través de la información que a tal efecto facilitará el Ministerio de Trabajo, el Ministerio de Salud y el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

## **INSTALACIONES PROVISIONALES EN CAMPAMENTOS, CONSTRUCCIONES Y DEMÁS TRABAJOS AL AIRE LIBRE.**

### **Art. 49. ALOJAMIENTO Y VESTUARIO.**

1. Los locales provisionales destinados a alojamiento, proporcionados por el empleador, en los trabajos que lo requieran, serán construidos en forma adecuada para la protección contra la intemperie.

Deberán estar convenientemente protegidos contra roedores, insectos y demás plagas, usando malla metálica en sus aperturas hacia el exterior, además de mosquiteros en caso de ser necesarios.

2. Los locales destinados a vestuarios deberán ser independientes y estar dotados de banca y armarios individuales.

3. Los desechos y basuras se eliminarán de forma adecuada y en los campamentos que no dispongan de otros sistemas mediante combustión o enterramiento.

**Art. 50. COMEDORES.-** Cuando deban instalarse comedores, éstos serán adecuados al número de personas que los hayan de utilizar y dispondrán de cocinas, mesas, bancas o sillas, menaje y vajilla suficientes. Se mantendrán en estado de permanente limpieza.

**Art. 51. SERVICIOS HIGIÉNICOS.-** Se instalarán duchas, lavabos y excusados en proporción al número de trabajadores, características del centro de trabajo y tipo de labores. De no ser posible se construirán letrinas ubicadas a tal distancia y forma que eviten la contaminación de la fuente de agua. Se mantendrán en perfecto estado de limpieza y desinfección.

**Art. 52. SUMINISTRO DE AGUA.-** Se facilitará a los trabajadores agua potable en los lugares donde sea posible. En caso contrario, se efectuarán tratamientos de filtración o purificación, de conformidad con las pertinentes normas de seguridad e higiene.

### **Capítulo V**

## **MEDIO AMBIENTE Y RIESGOS LABORALES POR FACTORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS**

### **Art. 53. CONDICIONES GENERALES AMBIENTALES: VENTILACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD.**

1. En los locales de trabajo y sus anexos se procurará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores.

2. En los locales de trabajo cerrados el suministro de aire fresco y limpio por hora y trabajador será por lo menos de 30 metros cúbicos, salvo que se efectúe una renovación total del aire no inferior a 6 veces por hora.

3. La circulación de aire en locales cerrados se procurará acondicionar de modo que los trabajadores no estén expuestos a corrientes molestas y que la velocidad no sea superior a 15 metros por minuto a temperatura normal, ni de 45 metros por minuto en ambientes calurosos.

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

5. (Reformado por el Art. 26 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se fijan como límites normales de temperatura oC de bulbo seco y húmedo aquellas que en el gráfico de confort térmico indiquen una sensación confortable; se deberá condicionar los locales de trabajo dentro de tales límites, siempre que el proceso de fabricación y demás condiciones lo permitan.

6. En los centros de trabajo expuestos a altas y bajas temperaturas se procurará evitar las variaciones bruscas.

7. En los trabajos que se realicen en locales cerrados con exceso de frío o calor se limitará la permanencia de los operarios estableciendo los turnos adecuados.

8. (Reformado por el Art. 27 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Las instalaciones generadoras de calor o frío se situarán siempre que el proceso lo permita con la debida separación de los locales de trabajo, para evitar en ellos peligros de incendio o explosión, desprendimiento de gases nocivos y radiaciones directas de calor, frío y corrientes de aire perjudiciales para la salud de los trabajadores.

**Art. 54. CALOR.**

1. En aquellos ambientes de trabajo donde por sus instalaciones o procesos se origine calor, se procurará evitar el superar los valores máximos establecidos en el numeral 5 del artículo anterior.

2. Cuando se superen dichos valores por el proceso tecnológico, o circunstancias ambientales, se recomienda uno de los métodos de protección según el caso:

a) Aislamiento de la fuente con materiales aislantes de características técnicas apropiadas para reducir el efecto calorífico.

b) Apantallamiento de la fuente instalando entre dicha fuente y el trabajador pantallas de materiales reflectantes y absorbentes del calor según los casos, o cortinas de aire no incidentes sobre el trabajador.

Si la visibilidad de la operación no puede ser interrumpida serán provistas ventanas de observación con vidrios especiales, reflectantes de calor.

c) Alejamiento de los puestos de trabajo cuando ello fuere posible.

d) Cabinas de aire acondicionado

e) (Reformado por el Art. 29 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se regularán los períodos de actividad, de conformidad al (TGBH), índice de temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, cargas de trabajo (liviana, moderada, pesada), conforme al siguiente cuadro:

CARGA DE TRABAJO	TIPO DE TRABAJO		
	LIVIANA Inferior a 200 Kcal/hora	MODERADA De 200 a 350 Kcal/hora	PESADA Igual o mayor 350 Kcal/hora
Trabajo continuo 75% trabajo 25% descanso cada hora	TGBH = 30.0	TGBH = 26.7	TGBH = 25.0
50% trabajo, 50% descanso, cada hora	TGBH = 31.4	TGBH = 29.4	TGBH = 27.9
25% trabajo, 75% descanso, cada hora	TGBH = 32.2	TGBH = 31.1	TGBH = 30.0

**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 antivibratorios.

3. Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un programa de mantenimiento adecuado que aminore en lo posible la emisión de tales contaminantes físicos.

4. (Reformado por el Art. 31 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) 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 D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) 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 aquéllas 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 D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) 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 D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Nivel sonoro /dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

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

En el caso de 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:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_n}{T_n}$$

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 dependerá 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. (Agregado inc. 2 por el Art. 30 del D.E. 4217, R.O. R.O. 997, 10-VIII-88) Las máquinas-herramientas que originen vibraciones tales como martillos neumáticos, apisonadoras, remachadoras, compactadoras y vibradoras o similares, deberán estar provistas de dispositivos amortiguadores y al personal que los utilice se les proveerá de equipo de protección antivibratorio.

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

9. (Reformado por el Art. 35, y agregado inc. 2 por el Art. 30 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Los equipos pesados como tractores, traíllas, excavadoras o análogas que produzcan vibraciones, estarán provistas de asientos con amortiguadores y suficiente apoyo para la espalda.

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

#### **Art. 56. ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS.**

1. Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos.

Los niveles mínimos de iluminación se calcularán en base a la siguiente tabla:

#### **NIVELES DE ILUMINACIÓN MÍNIMA PARA TRABAJOS ESPECÍFICOS Y SIMILARES**

<b>ILUMINACIÓN MÍNIMA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
20 luxes	* Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	* Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	* Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

2. Los valores especificados se refieren a los respectivos planos de operación de las máquinas o herramientas, y habida cuenta de que los factores de deslumbramiento y uniformidad resulten aceptables.

3. Se realizará una limpieza periódica y la renovación, en caso necesario, de las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia.

#### **Art. 57. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.**

##### **1. Norma General**

En las zonas de trabajo que por su naturaleza carezcan de iluminación natural, sea ésta insuficiente, o se proyecten sombras que dificulten las operaciones, se empleará la iluminación artificial adecuada, que deberá ofrecer garantías de seguridad, no viciar la atmósfera del local ni presentar peligro de incendio o explosión.

Se deberán señalar y especificar las áreas que de conformidad con las disposiciones del presente reglamento y de otras normas que tengan relación con la energía eléctrica, puedan constituir peligro.

##### **2. Iluminación localizada.**

Cuando la índole del trabajo exija la iluminación intensa de un lugar determinado, se combinará la iluminación general con otro local, adaptada a la labor que se ejecute, de tal modo que evite deslumbramientos; en este caso, la iluminación general más débil será como mínimo de 1/3 de la iluminación localizada, medidas ambas en lux.

##### **3. Uniformidad de la iluminación general.**

La relación entre los valores mínimos y máximos de iluminación general, medida en lux, no será inferior a 0,7 para asegurar la uniformidad de iluminación de los locales.

- a) Limpieza adecuada de estos elementos.
- b) Sustitución siempre que se les observe alteraciones que impidan la correcta visión.
- c) Protección contra el roce cuando estén fuera de uso.

7. Periódicamente deben someterse a desinfección, según el proceso pertinente para no afectar sus características técnicas y funcionales.

8. La utilización de los equipos de protección de cara y ojos será estrictamente personal.

#### **Art. 179. PROTECCIÓN AUDITIVA.**

1. Cuando el nivel de ruido en un puesto o área de trabajo sobrepase el establecido en este Reglamento, será obligatorio el uso de elementos individuales de protección auditiva.

2. Los protectores auditivos serán de materiales tales que no produzcan situaciones, disturbios o enfermedades en las personas que los utilicen. No producirán además molestias innecesarias, y en el caso de ir sujetos por medio de un arnés a la cabeza, la presión que ejerzan será la suficiente para fijarlos debidamente.

3. Los protectores auditivos ofrecerán la atenuación suficiente.

Su elección se realizará de acuerdo con su curva de atenuación y las características del ruido.

4. Los equipos de protección auditiva podrán ir colocados sobre el pabellón auditivo (protectores externos) o introducidos en el conducto auditivo externo (protectores insertos).

5. Para conseguir la máxima eficacia en el uso de protectores auditivos, el usuario deberá en todo caso realizar las operaciones siguientes:

a) Comprobar que no poseen abolladuras, fisuras, roturas o deformaciones, ya que éstas influyen en la atenuación proporcionada por el equipo.

b) Proceder a una colocación adecuada del equipo de protección personal, introduciendo completamente en el conducto auditivo externo el protector en caso de ser inserto, y comprobando el buen estado del sistema de suspensión en el caso de utilizarse protectores externos.

c) Mantener el protector auditivo en perfecto estado higiénico.

6. Los protectores auditivos serán de uso personal e intransferible.

Cuando se utilicen protectores insertos se lavarán a diario y se evitará el contacto con objetos sucios. Los externos, periódicamente se someterán a un proceso de desinfección adecuado que no afecte a sus características técnicas y funcionales.

7. Para una buena conservación los equipos se guardarán, cuando no se usen, limpios y secos en sus correspondientes estuches.

#### **Art. 180. PROTECCIÓN DE VÍAS RESPIRATORIAS.**

1. En todos aquellos lugares de trabajo en que exista un ambiente contaminado, con concentraciones superiores a las permisibles, será obligatorio el uso de equipos de protección personal de vías respiratorias, que cumplan las características siguientes:

a) Se adapten adecuadamente a la cara del usuario.

b) No originen excesiva fatiga a la inhalación y exhalación.

c) Tengan adecuado poder de retención en el caso de ser equipos dependientes.

d) Posean las características necesarias, de forma que el usuario disponga del aire que necesita para su respiración, en caso de ser equipos independientes.

2. La elección del equipo adecuado se llevará a cabo de acuerdo con los siguientes criterios:

- La Contraloría General de la Nación se denomina actualmente Contraloría General del Estado.

- El Art. 376 de la Ley Orgánica de Administración Financiera y Control fue derogado por el Art. 99, num. 1 de la Ley 2002-73 (R.O. 595, 12-VI-2002).

## **DISPOSICIONES GENERALES**

**PRIMERA.** La instalación de equipos o dispositivos de seguridad e higiene de alto costo o de difícil adquisición en el mercado nacional, se efectuarán en forma paulatina para cada empresa, dentro de los plazos que fije el Comité Interinstitucional, en base a los informes técnicos pertinentes.

**SEGUNDA.** Quedan derogadas todas las disposiciones que se opongan al presente Reglamento y expresamente al Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo aprobado por el Consejo Superior del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, en Resolución No. 172.

## **DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

**PRIMERA.** Las normas del presente Reglamento que no se refieran a asuntos que entrañen peligro inminente y que únicamente tienen relación con el mejoramiento del medio ambiente de trabajo, empezarán a ser exigidas por las autoridades competentes en el plazo de seis meses contados a partir de la fecha de promulgación del mismo.

**SEGUNDA.** Los centros de trabajo existentes, cuyas instalaciones físicas no guarden relación con las especificaciones de seguridad establecidas en este Reglamento, salvo los casos de peligro inminente, no estarán obligados a efectuar modificaciones a las mismas; pero, al realizarse adecuaciones o reparaciones en los mismos deberán hacérselas sujetándose a ellas.

**TERCERA.** El INEN dictará las normas que contengan los colores y señales de seguridad a que se refiere el presente reglamento dentro de los noventa días posteriores a la vigencia del mismo.

**ARTÍCULO FINAL.** De la Ejecución del presente Decreto, encárguense los Señores Ministros de Estado de las Carteras de Trabajo y Recursos Humanos; Salud Pública; Industrias, Comercio, Integración y Pesca; Energía y Minas; y, Bienestar Social, el mismo que entrará en vigencia a partir de su publicación en el Registro Oficial.

## **FUENTES DE LA PRESENTE EDICIÓN DEL REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO**

1.- Decreto Ejecutivo 2393 (Registro Oficial 565, 17-XI-86)

2.- Decreto Ejecutivo 4217 (Registro Oficial 997, 10-VIII-88)

3.- Decreto Ejecutivo 1437 (Registro Oficial 374, 4-II-94)

4.- Ley 12 (Suplemento del Registro Oficial 82, 9-VI-97).

## ANEXO 3

# EXTRACTO DE LA GUÍA TÉCNICA EXPOSICIÓN A RUIDO DE LOS TRABAJADORES A RUIDO SEGÚN ESPAÑA

PARA LA EVALUACIÓN  
Y PREVENCIÓN  
DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA

# EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES al RUIDO

REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo  
BOE nº 60, de 22 de marzo



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

PARA LA EVALUACIÓN  
Y PREVENCIÓN  
DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA

**EXPOSICIÓN DE LOS  
TRABAJADORES  
al  
RUIDO**

REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo  
BOE nº 60, de 22 de marzo



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

## PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, tiene entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales.

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, encomienda de manera específica, en su disposición adicional segunda, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la elaboración y actualización de una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición al ruido en los lugares de trabajo. Esta Guía se complementará con un Código de conducta con orientaciones prácticas para ayudar a los trabajadores y empresarios de los sectores de la música y el ocio a cumplir sus obligaciones legales tal como quedan establecidas en este real decreto.

La presente Guía proporciona criterios y recomendaciones que pueden facilitar a los empresarios, a los responsables de prevención, a los trabajadores y a sus representantes, la interpretación y aplicación del citado real decreto especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores involucrados y en lo concerniente a medidas preventivas aplicables.

Concepción Pascual Lizana  
DIRECTORA DEL INSHT

## ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	7
II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 286/2006, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AL RUIDO .....	8
Artículo 1. Objeto .....	9
Artículo 2. Definiciones .....	10
Artículo 3. Ámbito de aplicación .....	10
Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición .....	11
Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción .....	16
Artículo 6. Evaluación de los riesgos .....	18
Artículo 7. Protección individual .....	23
Artículo 8. Limitación de exposición .....	27
Artículo 9. Información y formación de los trabajadores .....	30
Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores .....	33
Artículo 11. Vigilancia de la salud .....	34
Artículo 12. Excepciones .....	37
Disposición adicional primera. Información de las autoridades laborales .....	38
Disposición adicional segunda. Elaboración y actuación de la Guía técnica .....	39
Disposición transitoria única. Normas transitorias .....	39
Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa .....	39
Disposición final primera. Incorporación de derecho de la Unión Europea .....	39
Disposición final segunda. Facultad de desarrollo .....	39
Anexo I. Definiciones .....	41
Anexo II. Medición del ruido .....	43
Anexo III. Instrumentos de medición y condiciones de aplicación .....	43

---

	<b>Pág.</b>
III. APÉNDICES .....	48
Apéndice 1. Efectos del ruido sobre la salud .....	48
Apéndice 2. Control de la exposición a ruido .....	52
Apéndice 3. Molestias debidas al ruido. Criterios de evaluación .....	55
Apéndice 4. Protectores auditivos: Selección y utilización .....	64
Apéndice 5. Mediciones del nivel de ruido .....	77
Apéndice 6. Exposición combinada a ruido y a agentes ototóxicos .....	94
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	98
Legislación relacionada.....	98
Normas técnicas.....	99
Bibliografía .....	100
Enlaces de interés .....	101

## IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

### LEGISLACIÓN RELACIONADA

#### Legislación española

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269, de 10 de noviembre.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. BOE núm. 298, de 13 de diciembre.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido ambiental. BOE núm. 276, de 18 de noviembre.
- Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. BOE núm. 263, de 2 de noviembre.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. BOE núm. 311, de 28 de diciembre.
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. BOE núm. 297, de 11 de diciembre.
- Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas. BOE núm. 33, de 8 de febrero.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE núm. 27, de 31 de enero.
- Real Decreto 485/1997, 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. BOE núm. 97, de 23 de abril.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE núm. 97, de 23 de abril.
- Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE núm. 140, de 12 de junio.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE núm. 188, de 7 de agosto.
- Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre (BOE núm. 52 de 1 de marzo). Modificado por Real Decreto 524/2006 de 28 de abril. BOE núm. 106, de 4 de mayo.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE núm. 127, de 29 de mayo.
- Real Decreto 889/2006, de 21 de julio, por el que se regula el control metrológico del Estado sobre instrumentos de medida. BOE núm. 183, de 2 de agosto.
- Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre. BOE núm. 106, de 4 de mayo.
- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. BOE núm. 302, de 19 de diciembre.

- Orden de 16 de diciembre de 1998 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a la realización de mediciones reglamentarias de niveles de sonido audible. BOE núm. 311, de 29 de diciembre.
- Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos. BOE núm. 237, de 3 de octubre.

### Legislación europea

- Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 junio de 1998 relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. DOCE L 207 de 23.7.1998.
- Directiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre. DOCE L 162 de 3.7.2000.
- Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones). DO L 177 de 6.7.2002.
- Directiva 2003/10/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). DO L 42 de 15.2.2003.
- Directiva 2006/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición). DO L 157 de 9.6.2006.

## NORMAS TÉCNICAS

### Normas UNE-EN y UNE-EN ISO

- UNE-EN 61310-1:1996. Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles. AENOR, Madrid, España, 1996.
- UNE-EN 60651:1996. Sonómetros. AENOR, Madrid, España, 1996. Sustituida por UNE-EN 61672.
- UNE-EN 60804:1996. Sonómetros. Integradores-promediadores. AENOR, Madrid, España, 1996 (anulada). Sustituida por UNE-EN 61672.
- UNE-EN 981:1997. Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales. AENOR, Madrid, España, 1997.
- UNE-EN 60804:2002. Sonómetros. Integradores-promediadores. AENOR, Madrid, España, 2002. Sustituida por UNE-EN 61672.
- UNE-EN 61252/A1:2003. Electroacústica. Especificaciones para medidores personales de exposición sonora. AENOR, Madrid, España. 2003.
- UNE-EN 458:2005. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento. Documento guía. AENOR, Madrid, España, 2005.
- UNE-EN 60942:2005. Electroacústica. Calibradores acústicos. AENOR, Madrid, España, 2005.
- UNE-EN 61672-1:2005. Electroacústica. Sonómetros. Parte1: Especificaciones. AENOR, Madrid, España, 2005.
- UNE-EN 61672-2:2005. Electroacústica. Sonómetros. Parte 2: Ensayos de evaluación de modelo. AENOR, Madrid, España, 2005.

- UNE-EN 61672-3. Electroacústica. Sonómetros. Parte 3: Ensayos periódicos.
- UNE-EN ISO 7731:2006. Ergonomía. Señales de peligro para lugares públicos y lugares de trabajo. Señales acústicas de peligro (ISO 7731:2003).

### Normas ISO

- ISO 1999:1990. Acoustics. Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.
- ISO 9612:1997 Acoustics. Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment. (norma en revisión).

### Normas IEC o CEI

- IEC 60651:2001. Sound level meters. IEC, Genève, Switzerland, 2001.
- IEC 60804:2000. Integrating-averaging sound level meters. IEC, Genève, Switzerland, 2000.
- IEC 61672 (Partes 1-3). Electroacoustics. Sound level meters. Specifications. IEC, Genève, Switzerland, 1985.
- IEC 804:1985. Integrating-averaging sound level meters. IEC, Genève, Switzerland, 1985.

### BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO. Prevention of risks from occupational noise in practice: European week for safety and health at work 2005. *European Agency for Safety and Health at Work, Bilbao, 2005.*
- AGENCIA EUROPEA PARA LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO. Reducing the risks from occupational noise. *Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work, 2005.*
- BARRON, R. F. Industrial noise control and acoustics. *New York: Marcel Dekker, Inc., 2003.*
- BERGER, E. H. ET AL. The noise manual. 5th ed. rev. *Fairfax, VA: AIHA, 2003.*
- BUTLER, M.P. Non-auditory effects of noise at work: a critical review of the literature post 1988. *Norwich: Health and Safety Executive, 1999.*
- FRANKS, JOHN R. Alternative Field Methods for Measuring Hearing Protector Performance *AIHA Journal 64:501-509 (2003)*
- GOELZER B., HANSEN C., COLIN H., SEHRNDT G., GUSTAV A. Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control. *Dortmund: Federal Institute for occupational Safety and Health, 2001.*
- HONEY, S. Health and safety executive. The costs and benefits of the noise at work regulations: 1989. Gran Bretaña. *Norwich: HMSO, 1997.*
- MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. Comisión de salud pública. Protocolos de vigilancia sanitaria específica: ruido. *Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo, 2000.*
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. Occupational noise exposure: revised criteria 1998. *Cincinnati, Ohio: NIOSH, 1998.*
- NORDIC INNOVATION CENTRE. Nordtest method. NT Accou 115. Measurement of Occupational Noise Exposure of Workers: Part II: Engineering Method
- ORGANIZACIÓN MARITIMA INTERNACIONAL (OMI). Niveles de ruido a bordo de los buques: código sobre niveles de ruido a bordo de los buques y recomendación sobre métodos para medir niveles de ruido en los puestos de escucha de los buques. Organización Marítima Internacional. Londres: OMI, 1982.

- ROYSTER, L. H., ROYSTER, J.D. The noise-vibration problem-solution workbook. *Fairfax, VA: AIHA, 2002.*
- SCHNEIDER, E., PAOLI, P., BRUN, E. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. Noise in Figures. *Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work, 2005.*
- SMEATHAM, D. Noise levels and noise exposure of workers in pubs and clubs: a review of the literature. *Sudbury, Suffolk: HSE, 2002.*

#### **Notas Técnicas de Prevención:**

- MORENO, N., MARQUÉS, F. ET AL. Ruido: vigilancia epidemiológica de los trabajadores expuestos. Notas Técnicas de Prevención. NTP-193.
- DOMINGO, P. Videoterminals: evaluación ambiental. Notas Técnicas de Prevención. NTP-196.
- GAYNÉS, E., GOÑI, A. Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico. Notas Técnicas de Prevención. NTP-287.
- HERNÁNDEZ, A. Confort acústico: el ruido en oficinas. Notas Técnicas de Prevención. NTP-503.
- LUNA, P., GUASCH, J. Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos. Notas Técnicas de Prevención. NTP-638.

#### **ENLACES DE INTERÉS**

NIOSH: Noise and Hearing Loss Prevention  
<http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/>

HSE: Noise  
<http://www.hse.gov.uk/noise/index.htm>

ISTAS: Recursos sindicales del ISTAS. Traducción al castellano de un texto del HSE británico que ofrece soluciones para el control del ruido en 100 ejemplos prácticos.  
<http://www.istas.net/sl/rs/rso2003.htm>

OSHA: Páginas dedicadas al ruido  
<http://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/index.html>  
<http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/index.html>

INRS: Cahiers  
<http://www.inrs.fr/>

NORDIC INNOVATION CENTRE  
[www.nordicinnovation.net/](http://www.nordicinnovation.net/)

Para cualquier observación o sugerencia en relación con esta Guía  
puede dirigirse al

**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo**

C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

Tfn. 91 363 41 00 Fax 91 363 43 27

<http://www.mtin.es/insht>

## ANEXO 4

### EXTRACTO DE LA ORDENANZA MUNICIPAL MANTA



## TITULO V DEL CONTROL DE RUIDOS

**Art. 17.-** Se prohíbe, bajo las prevenciones que esta Ordenanza establece, toda producción de ruidos y vibraciones en lugares públicos, sea cual fuere la forma en que se los provoque; y que, de algún modo sean capaces de ocasionar molestias, trastornos mentales o físicos a la ciudadanía en general.

Queda igualmente prohibido el uso de equipos de sonido, radios, televisores, disco móvil, altoparlantes, megáfonos o cualquier otro aparato o dispositivo similar, dentro de locales privados y aún en habitaciones, cuando el volumen empleado en tales aparatos perturbe la actividad laboral o el descanso colectivo.

Cuando por circunstancias excepcionales una entidad o un ciudadano requiera usar un instrumento o equipo que generen ruidos elevados, el interesado deberá solicitar por escrito el correspondiente permiso a la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta, quien lo concederá previo estudios y con horas debidamente señaladas.

**Art. 18.-** Queda terminantemente prohibido el uso de pitos y bocinas, salvo en casos extraordinarios o por causas de fuerza mayor.

**Art. 19.-** Los propietarios de talleres, los representantes legales de compañía ubicadas en el cantón Manta, así como los constructores que utilizan maquinarias para el cumplimiento de sus actividades profesionales que generen emisiones de ruidos y vibraciones que ocasionen molestias, trastornos mentales, físico o psicológicos a las personas y, los vendedores ambulantes que hacen uso de megáfonos para la propaganda y venta de sus productos, deberán solicitar por escrito el correspondiente permiso a la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta, que lo concederá estableciendo un horario en que deberá funcionar la maquinaria o equipo sin excederse de ocho horas diarias en dos jornadas de cuatro horas cada una, con un intervalo entre si de una hora mínimo. Para lo cual deberá observarse estrictamente la Ordenanza de Reglamentación Urbana del Cantón Manta.

**Art. 20.-** La Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta establecerá un plan de acción en materia de ruido y vibraciones para concientizar a la ciudadanía. Dicho plan concretará las líneas de acciones a poner en práctica y que harán referencia a, entre otros, los siguientes aspectos:

- a) Prevención de la contaminación acústica.
- b) Control y corrección de la contaminación acústica.
- c) Información y conciencia del público.
- d) Elaboración de mapas de ruido.
- e) Establecimiento de un catálogo de actividades potencialmente



- contaminantes por ruido y vibraciones.
- f) Determinación de los objetivos de calidad acústica asociados a los índices de emisión e inmisión de ruidos y vibraciones.
  - g) Duración de exposición al ruido.
  - h) Procedimiento de revisión.
  - i) Mecanismos de financiación de campañas de control de contaminación por ruido.

**Art. 21.-** A efecto de la aplicación de esta Ordenanza, las áreas de sensibilidad acústica se clasifican de acuerdo con la siguiente tipología:

**a) AMBIENTE EXTERIOR:**

**TIPO I: ÁREA DE SILENCIO:** Zona de alta sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una especial protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- ◆ Uso sanitario u hospitales.
- ◆ Uso docente o educativo.
- ◆ Uso cultural.
- ◆ Espacios protegidos.

**TIPO II: ÁREA LEVEMENTE RUIDOSA:** Zona de considerable sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección alta contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- ◆ Uso residencial.
- ◆ Zona verde, excepto en casos en que constituyen zonas de transición.

**TIPO III: ÁREA TOLERABLEMENTE RUIDOSA:** Zona de moderada sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección, media contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- ◆ Uso de hospedaje.
- ◆ Uso de oficinas o servicios.
- ◆ Uso comercial.
- ◆ Uso deportivo.
- ◆ Uso recreativo.

**TIPO IV: ÁREA RUIDOSA:** Zona de baja sensibilidad acústica, que comprende los sectores de menor protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo.



- ◆ Uso industrial.
- ◆ Servicios públicos.

**TIPO V: ÁREA ESPECIALMENTE RUIDOSA:** Zona de nula sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio afectados por servidumbres sonoras a favor de infraestructura de transporte (por carretera y aéreo) y áreas de espectáculos al aire libre.

#### **b) AMBIENTE INTERIOR:**

**TIPO VI: ÁREA DE TRABAJO:** Zona del interior de los centros de trabajo sin perjuicio de la normativa específica en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

**TIPO VII: ÁREA DE VIVIENDA:** Zona del interior de las viviendas y usos equivalentes en la que se diferencia entre la sub zona residencial habitable, que incluye cocinas, baños, pasillos, y sus equivalentes funcionales; y, la sub zona de hospedaje.

A efectos de la delimitación de las áreas de sensibilidad acústica en ambiente exterior, las zonas que se encuadren en cada uno de los tipos señalados en el apartado anterior lo serán sin que ello excluya la posible presencia de otros usos del suelo distintos de los indicados en cada caso como mayoritarios.

Así mismo, a fin de evitar que colinden áreas de muy diferentes sensibilidad, se podrán establecer **zonas de transición**, salvo que una de las áreas implicadas sea del TIPO I, en cuyo caso no se admitirá la inclusión de tales zonas de transición.

**Art. 22.-** A los efectos de esta Ordenanza se establecen los siguientes niveles de evaluación sonora:

- Nivel de emisión de ruido al ambiente exterior.
- Nivel de inmisión de ruido en ambiente interior.
- Nivel de emisión de ruido de vehículos a motor.
- Nivel de emisión de ruido de maquinarias e instalaciones térmicas.
- Nivel de inmisión de vibraciones en ambiente interior.

#### **Art. 23.- VALORES LÍMITES DE EMISIÓN DE RUIDO AL AMBIENTE EXTERIOR.**

1.- En aquellas zonas que a la entrada en vigor de esta Ordenanza se prevean nuevos desarrollos urbanísticos, ningún emisor acústico, podrá producir ruidos que hagan que el nivel de emisión al ambiente exterior sobrepase los valores límites fijados en la siguiente tabla.



**VALORES LÍMITE EXPRESADOS EN LA eq (NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE) (DB)**

<b>Área de Sensibilidad Acústica</b>	<b>Periodo diurno</b>	<b>Periodo Nocturno</b>
Tipo I (Área de silencio)	50	40
Tipo II (Área levemente ruidosa)	55	45
Tipo III (Área tolerablemente ruidos)	65	55
Tipo IV (Área ruidosa)	70	60
Tipo V (Área especialmente ruidosa)	75	65

2.- En aquellas zonas en las que a la entrada en vigencia de esta Ordenanza estén consolidadas urbanísticamente los valores objetivos a alcanzar serán los fijados en la siguiente tabla.

**VALORES OBJETIVOS EXPRESADOS EN LA eq. (DB)**

<b>Área de Sensibilidad Acústica</b>	<b>Periodo diurno</b>	<b>Periodo Nocturno</b>
Tipo I (Área de silencio)	60	50
Tipo II (Área levemente ruidosa)	65	50
Tipo III (Área tolerablemente ruidosa)	70	60
Tipo IV (Área ruidosa)	75	70
Tipo V (Área especialmente)	80	75

3.- En las zonas a las que se refiere el apartado anterior, cuya situación acústica determine que no alcancen los valores objetivos fijados no podrá instalarse ningún nuevo foco emisor si su funcionamiento ocasiona un incremento de 3DB (A) o más en los valores existentes o si supieran los valores límites siguientes:

**VALORES OBJETIVOS EXPRESADOS EN LA eq. (DB)**

<b>Área de Sensibilidad Acústica</b>	<b>Periodo diurno</b>	<b>Periodo Nocturno</b>
Tipo I (Área de silencio)	55	45
Tipo II (Área levemente ruidosa)	60	50
Tipo III (Área tolerablemente ruidosa)	65	70
Tipo IV (Área ruidosa)	75	70
Tipo V (Área especialmente ruidosa)	80	75

**Art.24.- VALORES LÍMITE DE INMISIÓN DE RUIDO EN AMBIENTE INTERIOR.**

1.- Ningún emisor acústico podrá producir unos niveles de inmisión de ruido en ambientes interiores de los edificios propios o colindantes que superen los valores establecidos en la siguiente tabla.



**VALORES OBJETIVOS EXPRESADOS EN LA eq. (DB)**

Área de Sensibilidad	Uso del Recinto	Periodo diurno	Periodo Nocturno
<b>Acústica</b>			
Tipo VI (Área de trabajo)	Sanitario	40	30
Tipo VI (Área de trabajo)	Docente	40	30
Tipo VI (Área de trabajo)	Cultural	40	40
Tipo VI (Área de trabajo)	Oficinas	45	45
Tipo VI (Área de trabajo)	Comercio	50	50
Tipo VI (Área de trabajo)	Industria	60	55
Tipo VII (Área de vivienda)	Residencial	35	30
Tipo VII (Área de vivienda)	Residencial	40	35
Tipo VII (Área de vivienda)	Hospedaje	40	30

2.- Para actividades no mencionadas en el cuadro anterior, los límites de aplicación serán los establecidos por usos similares que sean regulados.

**Art. 25.- VALORES LÍMITES DE EMISIÓN DE RUIDO DE LOS VEHÍCULOS A MOTOR, MAQUINARIAS E INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN O VENTILACIÓN FORZADA.**

1.- Los vehículos a motor que circulen en la jurisdicción del cantón Manta no podrán superar en más de 4 dB (A) los límites de emisión de ruidos.

2.- Ningún tipo de maquinaria o instalaciones de climatización o ventilación forzada utilizadas en la jurisdicción cantonal de Manta podrán superar en más de 4 dB (A) los límites de emisión de ruidos.

3.- La evaluación de los niveles citados en los apartados anteriores se efectuará en las instalaciones oficiales debidamente homologadas que se determine por decisión administrativa del Alcalde o Alcaldesa.

**Art. 26.- VALORES LÍMITES DE TRANSICIÓN DE VIBRACIONES AL AMBIENTE INTERIOR.-** Ninguna fuente vibrante podrá transmitir unos niveles al ambiente interior cuyo índice de percepción vibratoria (K) supere los valores establecidos en la siguiente:

**VALORES LÍMITE EXPRESADOS EN UNIDADES "K"**

Área de Sensibilidad	Uso del Recinto	Periodo Diurno	Periodo Nocturno
<b>Acústica</b>			
Tipo I (Área de trabajo)	Sanitario	1	1
Tipo II (Área de trabajo)	Docente	2	2
Tipo III (Área de trabajo)	Cultural	2	2
Tipo IV (Área de trabajo)	Oficinas	4	4
Tipo V (Área de trabajo)	Comercio	8	8
Tipo VI (Área de trabajo)	Residencial Habitable	2	1.4
Tipo VII (Área de vivienda)	Residencial Servicios	4	2
Tipo VII (Área de vivienda)	Hospedaje	4	2



**Art. 27.- PERIODOS DE REFERENCIAS PARA LA EVALUACIÓN.-** A efectos de la aplicación de esta Ordenanza, se considera como periodo diurno el comprendido entre las ocho y veintidós horas y como periodo nocturno entre las veintidós y ocho horas.

**Art. 28.- PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA.-** Se considerara lo siguiente en materia de protección contra la contaminación en la planificación urbanística:

1. Los Planes Regulares de Desarrollo Físico y Urbano, Reglamentos Urbanos y normas subsidiarias de Planeamiento y cualquier otra figura de planeamiento urbanístico, tendrán en cuenta los criterios establecidos por esta Ordenanza en materia de protección contra la contaminación acústica y lo incorporaran a sus determinaciones en la medida oportuna.
2. La asignación de usos generales y usos pormenorizados del suelo en las figuras de planeamiento tendrá en cuenta el principio de prevención de los efectos de la contaminación acústica y velara para que, en lo posible, no se superen los valores límites de emisión e inmisión establecidos en esta Ordenanza.
3. La ubicación, orientación y distribución interior de los edificios destinados a los usos más sensibles desde el punto de vista acústico se planificara con vistas a minimizar los niveles de inmisión en los mismos, adoptando diseños preventivos y suficientes distancias de separación respecto a las fuentes de ruido más significativas, y en particular, el tráfico rodado.
4. Las figuras de planeamiento urbanístico general incorporaran en sus determinaciones, al menos, los siguientes aspectos:
  - a) Planos que reflejen con suficiente detalle los niveles de ruido en ambiente exterior, tanto en la situación actual como en lo previsible una vez acometida la urbanización.
  - b) Criterios de zonificación de usos adoptados a fin de prevenir el impacto acústico.
  - c) Medidas generales previstas en la ordenación para minimizar el impacto acústico.
  - d) Limitaciones en la edificación y en la ubicación de actividades contaminantes por ruido y vibraciones a incorporar en las ordenanzas urbanísticas.
  - e) Requisitos generales de aislamientos acústicos de los edificios en función de los usos previstos para los mismos y de los niveles de ruido estimados en ambiente exterior.



**Art. 29.- INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL.-** La Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta, en el ámbito de su competencia adoptará las siguientes medidas en coordinación con las autoridades respectivas y la Policía del GADMC-MANTA:

1. Exigir la adopción de medidas correctoras, señalar limitaciones, realizar cuantas inspecciones sean necesarias e imponer las sanciones correspondientes en caso de incumplimiento, de conformidad con lo previsto en la legislación aplicable.
2. Cuando para la realización de inspecciones sea necesario entrar a un domicilio y el residente se oponga a ello, será necesaria la correspondiente autorización judicial.
3. Los titulares o responsables legales de los establecimientos y actividades generadoras de ruidos y vibraciones están obligados a facilitar el acceso a sus instalaciones o focos de emisión de ruidos a la autoridad respectiva para lo cual se solicitará la colaboración de la Policía Nacional y/o la Policía del GADMC-MANTA.
4. Durante la inspección, los titulares o responsables legales de las actividades implicadas dispondrán su funcionamiento en las condiciones que les indiquen los servidores de la Dirección Municipal de Gestión Ambiental, siempre que ello sea posible, pudiendo presenciar aquellos el proceso de inspección.

**Art. 30.- ACTUACIÓN INSPECTORA.-** Los inspectores usarán el siguiente mecanismo para la vigilancia o inspección:

1. Los Datos obtenidos de las actividades de vigilancia o inspección se consignarán en la correspondiente acta o documento público que, firmada por el funcionario y con las formalidades exigibles, gozará de presunción de certeza y el valor probatorio en cuanto a los hechos consignados en los mismos, sin perjuicio de las demás pruebas que los interesados puedan aportar en defensa de sus respectivos intereses.
2. Del acta que se levante y del informe preceptivo que la acompañe se entregará una copia al titular o al responsable legal de la actividad.
3. Los inspectores, en el ejercicio de sus funciones y para el desempeño de las mismas, podrán ir acompañados de asesores técnicos debidamente autorizados por la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta.

SECRETARIA



### **Art. 31.- INSPECCIÓN DE LOS VEHÍCULOS A MOTOR.**

1. Los miembros de la Agencia de Tránsito del Cantón Manta, los Policías del GADMC-MANTA o inspectores municipales de la Dirección de Gestión Ambiental podrán formular citación contra el titular de cualquier vehículo que consideren sobrepasa los valores límites de emisión permitidos indicando la obligación de presentar el vehículo en el lugar y horas determinados para su reconocimiento e inspección. El lugar de inspección será uno de los centros autorizados por la autoridad competente. Este reconocimiento e inspección podrá referirse tanto al método de vehículo en movimiento como al del vehículo parado.
2. Si el vehículo no se presenta en el lugar y fecha fijados, se podrá incoar el correspondiente expediente sancionador por falta de colaboración en la práctica de la inspección.
3. Si en la inspección efectuada se obtienen niveles de emisión superiores a los valores límites permitidos, la Municipalidad incoará el correspondiente expediente. En la resolución que ponga fin al expediente, si es sancionadora, se otorgará un plazo de máximo de treinta días para que el titular efectúe la reparación del vehículo y vuelva a realizar la inspección. En caso de que el titular no cumpla estas obligaciones, se le podrá aplicar multas, de no cancelar las mismas el GADMC-MANTA podrá ejercer la acción coactiva.

### **Art. 32.- RESPONSABLES.**

1. Sólo podrán ser, sancionados por hechos constitutivos de infracciones administrativas por el incumplimiento de las obligaciones reguladas en esta Ordenanza las personas naturales o jurídicas que resulten responsables de los mismos, aún a título de mera inobservancia.
2. Cuando en la infracción hubieren participado varias personas y no sea posible determinar el grado de intervención de las mismas en la infracción, la responsabilidad de todas ellas será solidaria.
3. Los titulares o promotores de las actividades o establecimientos serán responsables solidarios por el incumplimiento de las obligaciones previstas en esta Ordenanza, por quienes estén bajo su dependencia.

**Art 33.- MEDIDAS CAUTELARES.-** Cuando se superen en más de 10 DB (A) en el periodo diurno y 7DB (A) en el nocturno, los valores límites establecidos en esta Ordenanza, durante la tramitación del correspondiente expediente, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta a través de la Dirección de Gestión Ambiental en el ejercicio de su competencia, podrá ordenar, mediante resolución motivada la suspensión o clausura del foco emisor del ruido.

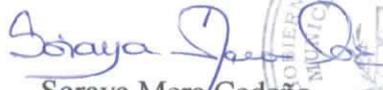


La presente ordenanza será publicada en la Página Web y La Gaceta Municipal del Cantón Manta.

Dada en la Sala de Sesiones del Ilustre Concejo del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Manta, a los diecinueve días del mes de mayo del año dos mil once.

  
Ing. Jaime Estrada Bonilla  
**ALCALDE DE MANTA**

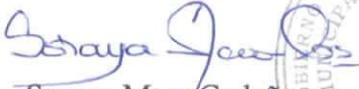


  
Soraya Mera Cedeño  
**SECRETARIA MUNICIPAL**



**CERTIFICO:** Que la **ORDENANZA QUE REGULA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MANTA**, fue discutida y aprobada por el I. Concejo Municipal del Cantón Manta, en las Sesiones Ordinarias celebradas el seis de mayo del año dos mil diez y diecinueve de mayo del año dos mil once, en primero y segundo debate, respectivamente.

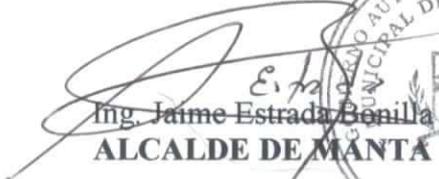
Manta, mayo 23 de 2011

  
Soraya Mera Cedeño  
**SECRETARIA MUNICIPAL**



De conformidad con lo prescrito en los artículos 322 y 324 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, SANCIONO la presente **ORDENANZA QUE REGULA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MANTA**; y, ordeno su PROMULGACIÓN a través de su publicación en la Gaceta Oficial y el dominio Web de la institución.

Manta, mayo 31 de 2011.

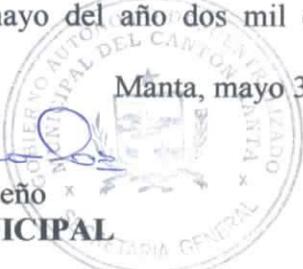
  
Ing. Jaime Estrada Bonilla  
**ALCALDE DE MANTA**



Sancionó y ordenó la promulgación de la presente **ORDENANZA QUE REGULA LA GESTIÓN AMBIENTAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN MANTA**, conforme a lo establecido en la Ley; el Ing. Jaime Estrada Bonilla, Alcalde de Manta, en esta ciudad a los treinta y un días del mes de mayo del año dos mil once.- **LO CERTIFICO.**

Manta, mayo 31 de 2011.

  
Soraya Mera Cedeño  
**SECRETARIA MUNICIPAL**



SECRETARIA

ANEXO 5

REGISTRO FOTOGRÁFICO E IMÁGENES ILUSTRADAS DE LA PLANTA



Ingreso a Planta



Control unidades 11 y 12



Entre unidades 11 y 12



Ingreso a unidades 11 y 12



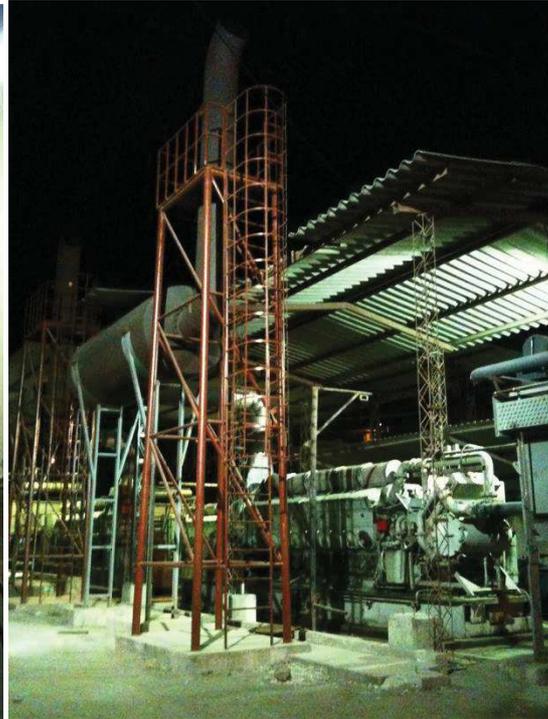
Taller mecánico



Unidades 10 y 13



Control Room unidades. 10 y 13



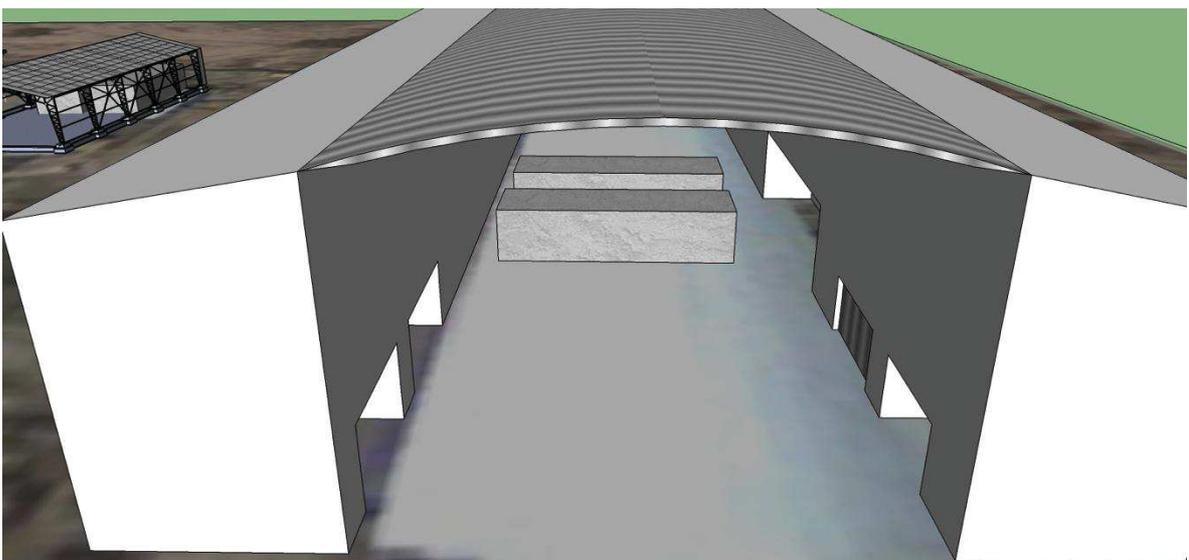
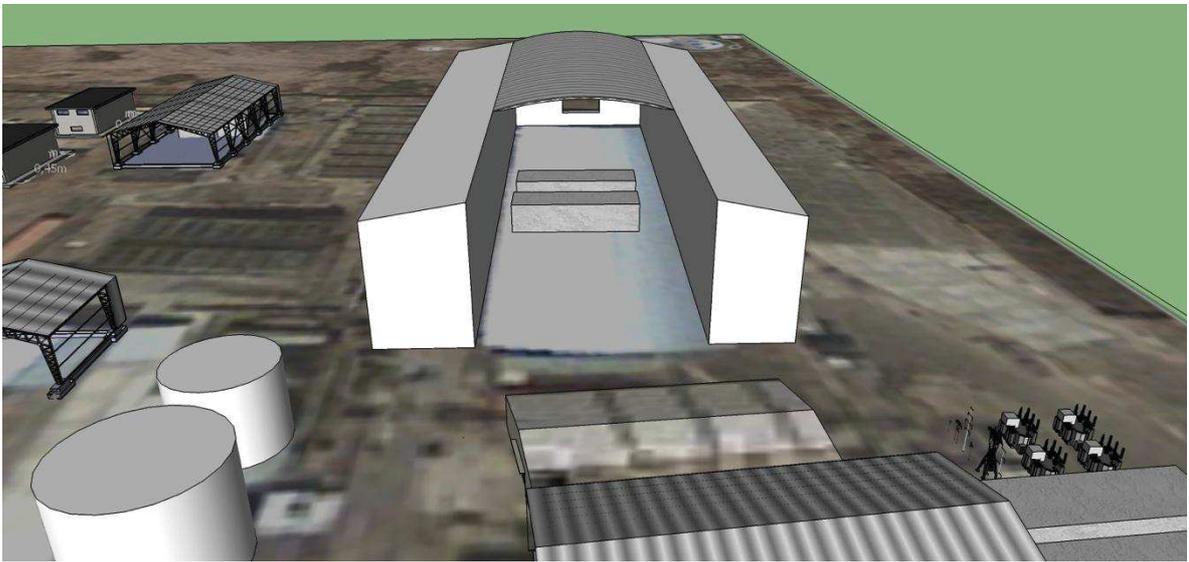
Unidades 16, 18 y 22

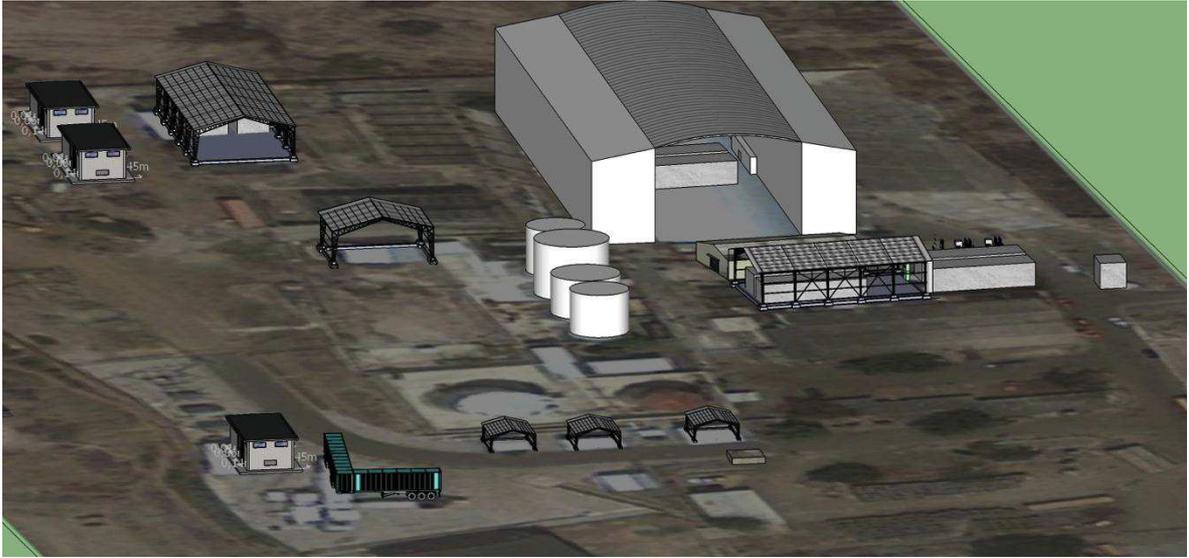


Ingreso a turbina



Zona de filtros Turbina





Fotografías satelitales con graficas ilustradas de la ubicación de las áreas consideradas.