

41126  
62



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGÓN".**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA.**

**"RUIDO INDUSTRIAL: TÉCNICAS DE  
MEDICIÓN Y CONTROL APLICADOS A LA  
EMPRESA SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.".**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**VÍCTOR MANUEL / LUNA PÉREZ**

**ASESOR: ING. FEDERIQUE JÁUREGUI RENAUD.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MÉXICO**

**2003.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE DE CONTENIDO.

	PAGINA
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	(5)
<b>CAPITULO 1. EL SONIDO.</b>	(6)
1.1 NATURALEZA DEL SONIDO.	
1.2 FENÓMENO DE PROPAGACIÓN	
1.3 FENÓMENO DE REFLEXIÓN	
1.4 REFRACCIÓN	
1.5 ANÁLISIS DE ESPECTRO SONORO	
<b>CAPITULO 2. RUIDO.</b>	(17)
2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.	
2.2 CLASIFICACIÓN DEL RUIDO.	
2.3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU DISTRIBUCIÓN TEMPORAL.	
2.4 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ESPECTRO.	
<b>CAPITULO 3. AFECTACIONES POR RUIDO AL INDIVIDUO.</b>	(23)
3.1 ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA.	
3.2 UMBRALES AUDITIVOS.	
3.3 EFECTOS AUDITIVOS.	
3.4 EFECTOS NO AUDITIVOS.	
3.5 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DAÑO.	
3.6 EVALUACIÓN MÉDICA DE LOS TRABAJADORES	
3.7 PROTECTORES AUDITIVOS	
3.8 SELECCIÓN DE PROTECTORES	
<b>CAPITULO 4. SONÓMETROS</b>	(40)
5.1 EL SONÓMETRO	
5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES.	
5.3 CARACTERÍSTICAS DEL MICRÓFONO	
5.4 CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO INDICADOR	
5.5 CARACTERÍSTICAS DEL AMPLIFICADOR	
5.6 CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SONÓMETRO MARCADO	
5.7 FOLLETO DESCRIPTIVO	
<b>CAPITULO 5. SONOMETRIA LABORAL.</b>	(52)
4.1 INTRODUCCIÓN.	
4.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN DE RUIDO	
4.3 PUNTOS DE MEDICIÓN	
4.4 MÉTODO DE GRADIENTE DE PRESIÓN SONORA	
4.5 MÉTODO DE PRIORIDAD DE ÁREAS DE EVALUACIÓN	
4.6 MÉTODO DE PUESTO FIJO DE TRABAJO	
4.7 MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RUIDO ESTABLE POR MEDIO DE SONÓMETRO INTEGRADOR	
4.8 MÉTODO PARA EVALUAR RUIDO INESTABLE POR MEDIO DE S. INTEGRADOR	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**4. MÉTODO PARA EVALUAR RUIDO IMPULSIVO POR MEDIO DE SONÓMETRO INTEGRADOR**

**CAPITULO 6. SONOMETRIA PERIMETRAL**

(63)

- 6.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.
- 6.2 ESTUDIO DE SONOMETRIA PERIMETRAL CONTINUO.
- 6.3 INSTRUMENTACIÓN.
- 6.4 METODOLOGÍA.
- 6.5 DETERMINACIÓN DE NIVEL SONORO DE FUENTE.
- 6.6 DETERMINACIÓN DE NIVEL SONORO DE FONDO.
- 6.7 DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN ACÚSTICA.
- 6.8 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE MEDICIÓN.
- 6.9 CORRECCIONES.
- 6.10 INFORME DE MEDICIÓN
- 6.11 ESTUDIO DE SONOMETRIA PERIMETRAL SEMICONTINUO.
- 6.12 EQUIPO DE MEDICIÓN.
- 6.13 TÉCNICA DE MUESTREO.
- 6.14 DETERMINACIÓN DE NIVEL SONORO DE FUENTE.
- 6.15 DETERMINACIÓN DE NIVEL SONORO DE FONDO.
- 6.16 DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN ACÚSTICA
- 6.17 PROCESAMIENTO DE DATOS DE MEDICIÓN
- 6.18 CORRECCIONES.
- 6.19 CORRECCIÓN POR AISLAMIENTO.
- 6.20 INFORME DE MEDICIÓN.
- 6.21 ANEXOS.

**CAPITULO 7. TÉCNICAS DE CONTROL**

(88)

- 7.1 GENERALIDADES.
- 7.2 ABSORCIÓN SONORA
- 7.3 MÉTODO DEL TUHO PARA ABSORCIÓN SONORA
- 7.4 ABSORBENTES ACÚSTICOS
- 7.5 ABSORBENTES POROSOS
- 7.6 ABSORBENTES DE MEMBRANA
- 7.7 ABSORBENTES RESONANTES
- 7.8 RESONADORES SIMPLES
- 7.9 RESONADORES ACOPLADOS
- 7.10 RESONADORES DE RANURA
- 7.11 AISLAMIENTO SONORO
- 7.12 AISLAMIENTO AÉREO
- 7.13 AISLAMIENTO ENTRE RECINTOS
- 7.14 AISLAMIENTO MEDIANTE DIVISIONES SIMPLES
- 7.15 PARTICIONES POROSAS
- 7.16 INFLUENCIA DE LA ELASTICIDAD
- 7.17 PARTICIONES MÚLTIPLES
- 7.18 POSIBILIDAD DE RESONANCIA
- 7.19 UNIÓN ENTRE PANELES
- 7.20 BARRERAS ACÚSTICAS PREFABRICADAS
- 7.21 CABINAS SONOAMORTIGUADAS
- 7.22 BARRERAS ACÚSTICAS PORTÁTILES
- 7.23 PASTA ANTI RUIDO
- 7.24 RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL CONTROL DEL RUIDO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPITULO 8. TÉCNICAS DE MEDICIÓN  
Y CONTROL DE RUIDO APLICADO A LA  
EMPRESA SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.**

**(107)**

**8.1 RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA**

**8.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

**8.3 ANTECEDENTES**

**8.3 ESTUDIO DE SONOMETRIA PERIMETRAL**

**8.4 RESULTADO DE LA MEDICIÓN**

**8.5 CORRECCIONES**

**8.6 ESTUDIO DE SONOMETRIA LABORAL**

**8.7 REPORTE DEL RECONOCIMIENTO SENSORIAL DE LAS ZONAS POR EVALUAR, CON EL  
OBJETO DE DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO**

**8.8 TRATAMIENTO ACÚSTICO DEL ÁREA.**

**CONCLUSIONES**

**(136)**

**GLOSARIO.**

**(142)**

**BIBLIOGRAFÍA**

**(171)**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# INTRODUCCIÓN

El tema del ruido y sus efectos sobre el hombre no es nuevo, ya en textos antiguos se hace mención de prohibiciones con respecto a la circulación de carretas por la noche en la antigua Roma, esto con la finalidad de no perturbar el sueño de los durmientes.

Durante el siglo XIX, como consecuencia de la revolución industrial, se incrementa el nivel de ruido tanto en zonas fabriles como habitacionales, por consecuencia se incrementa considerablemente el numero de personas que padecen de perdida de sensibilidad auditiva, esto se presentaba con mayor frecuencia en obreros operadores de equipos.

El progreso de la electrónica a mediados de los años treinta permite el desarrollo de dos instrumentos indispensables para el estudio del ruido y sus efectos: el medidor de nivel sonoro y el audiómetro. Ellos hacen posible la medición de niveles sonoros y del umbral de audición con tal precisión que los científicos pueden, por primera vez, realizar estudios de sonometría de forma científica.

Durante la Segunda Guerra Mundial un elevado numero de personas perdieron la audición por haber estado expuestos a niveles sonoros excepcionalmente altos, ello hace que la comunidad científica comience a ocuparse seriamente del tema. Se trata no solamente de establecer una relación certera entre niveles sonoros y la pérdida de sensibilidad, sino de suministrar al sector industrial datos certeros y medidas para solucionar la problemática existente.

La finalidad del presente trabajo es mostrar a los Ingenieros comisionados al área de Seguridad, Higiene y Ecología la naturaleza del ruido generado por las actividades industriales, la metodología para su medición y medidas para su control.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CAPITULO I. EL SONIDO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## NATURALEZA DEL SONIDO.

Desde el punto de vista físico el sonido es un fenómeno esencialmente oscilatorio, se tiene estipulado que una partícula se encuentra oscilando cuando pasa en intervalos iguales de tiempo por posiciones idénticas respecto a un punto en reposo, con la misma velocidad, el movimiento de péndulo de un reloj es un ejemplo clásico de movimiento oscilatorio.

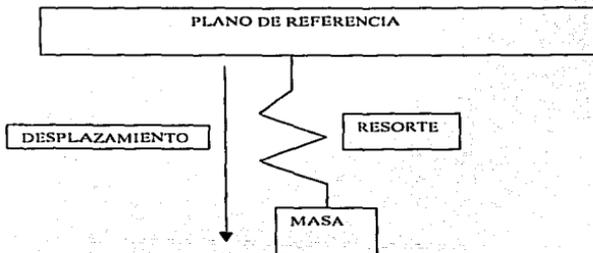
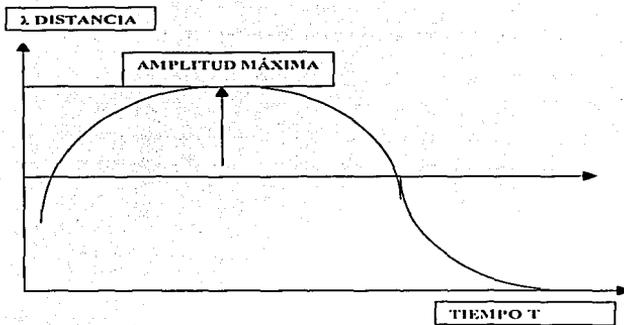


fig. 1.1 SISTEMA DE RESORTE MECÁNICO

El movimiento oscilatorio más sencillo es el denominado movimiento periódico simple, este se caracteriza por su amplitud y su frecuencia, la amplitud ( $a$ ) es la elongación o distanciamiento de una partícula con respecto a su posición de reposo, su unidad es la distancia, la frecuencia ( $f$ ) es el número de veces por segundo que la partícula pasa por la misma posición, desplazándose en el mismo sentido, su unidad es la inversa del tiempo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



El tiempo que demora dicho pasaje se denomina periodo (T), su relación con la frecuencia es:

$$T = 1/f$$

T = periodo (seg)

f = frecuencia.(Hz)

La expresión matemática de la amplitud con respecto al tiempo es:

$$a = A_m \text{sen}(2\pi ft) = A_m \text{sen } \omega t$$

a = amplitud     $A_m$  = amplitud máxima    f = frecuencia    t = tiempo.  
 $\omega = 2(\pi)f$

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## FENÓMENO DE PROPAGACIÓN

La partícula en estudio (molécula en este caso) está vinculada a las partículas que la rodean, de modo que su movimiento se transmite a las partículas vecinas, las que a su vez transmiten esta oscilación a las que se encuentran en su proximidad, este fenómeno se llama propagación. La transmisión de este movimiento es a través de ondas, dicho fenómeno se presenta de las siguientes formas:

**PROPAGACIÓN LONGITUDINAL:** La transmisión del movimiento es en la misma dirección del desplazamiento de la onda.

**PROPAGACIÓN TRANSVERSAL:** La transmisión del movimiento es perpendicular al desplazamiento de la onda.

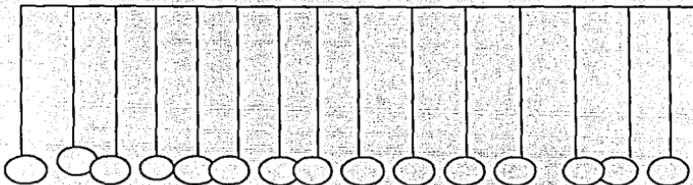


fig. 1.2 PROPAGACIÓN DE ONDAS A) PÉNDULOS EN REPOSO.

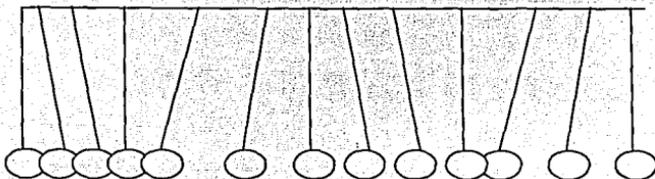


fig. 1.3 B) PROPAGACIÓN LONGITUDINAL.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

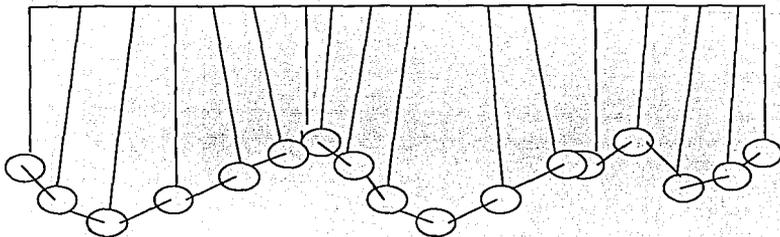


Fig. 1.4 PROPAGACIÓN TRANSVERSAL.

El primer tipo es propio de los gases y excepcionalmente en líquidos, en caso de cuerpos sólidos se presentan ambos tipos de propagación.

Como se puede observar las partículas solo oscilan con respecto a su posición de equilibrio, así, lo único que avanza es la perturbación, a esto se le conoce como propagación del sonido. Al analizar el fenómeno se observa que la propagación es una onda de presión.

$$P = C/F$$

$P$  = onda de presión (pascales)

$C$  = velocidad de propagación. (m/s)

$F$  = frecuencia de la onda. (Hz)

En cierto punto de la onda sonora, la presión fluctúa un cierto número de veces por segundo alrededor de la presión atmosférica. Al número de fluctuaciones o de periodos por segundo se le conoce como Hertz.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Para los líquidos la expresión es la siguiente:

$$C = \sqrt{1/XP}$$

**C = Velocidad de propagación (m/s)**      **P = Densidad del medio (Kg/m<sup>3</sup>)**

**X = 1/E = Índice de compresibilidad.**

En el caso de los gases, se presume que las compresiones y rarefacciones de nivel molecular a las que se hizo referencia anteriormente, se suceden a tal velocidad que no permiten el intercambio de calor con el medio ambiente. Se trata de un fenómeno adiabático.

La velocidad del sonido en el aire es la siguiente:

$$C = 20.05 \sqrt{\text{CENTIGRADOS} + 273}$$

#### FENÓMENO DE REFLEXIÓN.

La reflexión es uno de los fenómenos más importantes relacionados con la propagación del sonido, esto ocurre de la misma manera que la propagación de la luz, este fenómeno se produce cuando el sonido se encuentra con un obstáculo de dimensiones parecidas a la longitud de onda incidente.

Por ejemplo un sonido de 1000 Hz, tiene una longitud de onda aproximadamente de:

$$\lambda = C/f = 300 / 1000 = 0.30 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

**C = Velocidad del sonido**      **f = Frecuencia**

Por consiguiente cualquier objeto de dimensiones mayores de 30 cm. Reflejará fácilmente el sonido de 1000 Hz.

La onda reflejada tendrá exactamente la misma frecuencia de la onda incidente.

#### REFRACCIÓN.

El fenómeno de refracción aparece cuando una onda sonora alcanza un obstáculo de dimensiones menores que la onda incidente, por consiguiente el sonido puede ser perceptible al otro lado del cuerpo de interferencia

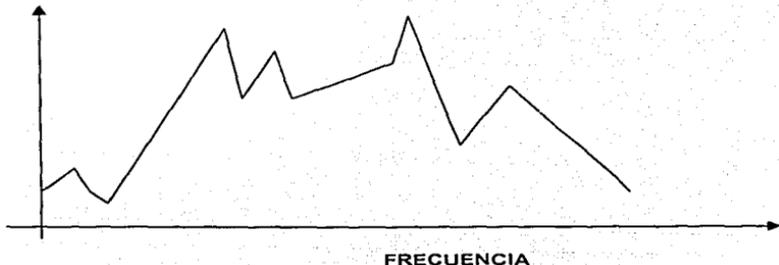
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ANÁLISIS DEL ESPECTRO SONORO.

Analizar el sonido a fondo es poner de manifiesto todo acerca de cada una de las frecuencias que lo componen, y estudiarlas en función de su nivel de presión acústica.

Sobre un gráfico se llevan amplitudes en ordenadas y la frecuencia en abscisas, así se obtiene el espectro sonoro.

### NIVEL SONORO



### ESPECTRO SONORO DE UN RUIDO.

Un sonido puede estar compuesto de una infinidad de frecuencias, las cuales van desde las más graves hasta las más agudas, es decir desde las frecuencias más pequeñas a las más altas.

En resumen si deseamos establecer la identificación de un sonido debemos precisar:

1. Su altura: Un sonido es más o menos alto dependiendo de que su frecuencia dominante sea más o menos alta.
2. Su timbre: El timbre de un sonido depende de la composición espectral del sonido. Permite reconocer la naturaleza de la fuente, como por ejemplo la diferenciación de un violín con un piano, los cuales emiten la misma nota musical.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3. Su nivel de presión acústica.

La escala de las presiones acústicas audibles varia, pues de 1 a 2 000 000. Para evitar este inconveniente se creo una notación logarítmica que permitiera expresar sin dificultades los valores mas utilizados. Para la elaboración de esta notación se utilizo la ley de Weber-Fecher según la cual la sensación es proporcional al logaritmo de excitación para las frecuencias medias.

Los ingenieros de acústica utilizan el decibelio o dB para medir el nivel de presión acústica o nivel sonoro. El nivel de decibelios esta dado por la formula:

$$I (dB) = 20 \log P_1/P_0$$

$P_1$  es la presión acústica de la onda expresada en Pascales o Bares

$P_0$  es la presión acústica de referencia igual a  $2 \times 10^{-3}$  Pascales

La notación  $I$  utilizada para designar un nivel sonoro viene de la palabra inglesa "level" que significa nivel. El Decibel es la relación de un nivel sonoro con una sensación de ruido determinada (tal como la proximidad de un martillo neumático 120 dB o el ambiente en un bosque tranquilo 20 dB.).

Acabamos de ver que el nivel sonoro expresado en decibelios es proporcional al logaritmo de la relación existente entre una presión acústica dada y la presión de referencia. Esta notación logarítmica permite pasar de una escala de medida muy extensa a una escala mucho más reducida, sin embargo una escala logarítmica es mucho más difícil de manejar que una escala aritmética.

Pongamos un ejemplo: un edificio de 12 m. De altura nos parecerá dos veces mas alto que uno de 6 m. Un saco de 100 kg. Nos parecerá dos veces mas pesado que un saco de 50 kg. Pero si una sirena de nivel sonoro de 60 dB se le coloca segunda sirena idéntica no darán en su conjunto un nivel sonoro de 120 dB sino de 63 dB.

Si tomamos de ejemplo una caldera, en la que hay tres quemadores idénticos y cada quemador produce un ruido de 70 dB. Si están dos quemadores en servicio, el nivel sonoro será de 73 dB. Y si están en servicio los tres quemadores el nivel sonoro será de 75 dB.

El análisis del sonido puede resultar sumamente laborioso debido a la multitud de frecuencias que lo componen, debido a lo anterior se tiende a

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

analizarlo en determinadas zonas, estas se encuentran separadas de forma regular y corresponden a intervalos de octava, de media octava o de un tercio de octava. Se denomina octava al intervalo entre dos sonidos puros, cuyas frecuencias se encuentren relacionadas entre si en la frecuencia de 2/1. Por ejemplo los intervalos 100-200 Hz, 320-640 Hz son intervalos de octava.

Los análisis de octava y de tercio de octava son los mas utilizados, cada banda de octava esta representada por su frecuencia media, la banda de octava 125 Hz tiene por frecuencia media 125 Hz.

Las frecuencias medias de análisis normalizadas en octava son:

16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	Hz
----	------	----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-------	----

Las frecuencias medias de análisis en tercios de octava son:

16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	Hz	

El espectro sonoro del ruido se determina midiendo el nivel sonoro de este ruido en cada banda de frecuencia: Como se enuncio anteriormente la representación gráfica del espectro sonoro se hace sobre un tramo semilogaritmico. En absicisas se coloca la escala logaritmica de las frecuencias, en ordenadas se coloca una escala aritmética del nivel sonoro.

De esta forma, sobre las escalas de frecuencia los intervalos de octava corresponden a distancias iguales y los intervalos de tercia de octava dividen a las octavas en tres partes iguales.

Es necesario no confundir un análisis en octava y un análisis en tercios de octava, esto debido a que la separación entre los niveles medidos en octava es 5 dB superior a la medida de los niveles medidos en tercios de octava.

En acústica se acostumbra distinguir tres bandas de frecuencia: frecuencias graves (o bajas), frecuencias medias y frecuencias agudas.

Las frecuencias graves comprenden las bandas de tercio de octava centradas sobre 100, 125, 160, 200, 250, 320 Hz, o lo que es igual las bandas de octava centradas entre 125 y 250 Hz.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Las frecuencias medias están definidas por las bandas de tercios de octava 400, 500, 640, 800, 1000, 1250 o por las bandas de octava de 500 y 1000 Hz.

En tercios de octava se consideran las bandas las bandas centradas sobre 1600, 2000, 2500, 3200 Hz. En octava se toman las bandas centradas sobre los 2000 y 4000 Hz.

Como se puede observar las lecturas no cubrirán la misma gama de frecuencias según se realice en tercias de octava o en octavas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO 2. RUIDO.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CONCEPTOS FUNDAMENTALES.**

Dentro del campo de las vibraciones acústicas se encuentran las que pueden excitar la sensación auditiva. Son vibraciones comprendidas en determinados límites tanto en amplitud como en frecuencia. La audición humana depende de cada individuo, sobre todo lo que se refiere a la percepción de sonidos muy débiles, muy graves o muy agudos. En general el rango de audición depende de la edad, el sexo, así como también de los antecedentes auditivos del sujeto. Se acepta como zona de sonidos audibles la comprendida entre los 20 y 15000 Hz.

Se refiere como ruido a toda señal no deseada, otra definición es la vinculación con la sensación de desagrado por parte del receptor, una tercera definición lo clasifica como un sonido compuesto, en el cual no esta definida su composición armónica, finalmente se puede definir como una emisión sonora capaz de alterar el bienestar humano, esto dependiendo del tiempo de exposición así como la magnitud de la misma.

Es claro que ciertos sonidos debido a su alta intensidad pueden ser nocivos para el oído, ya que destruyen las células del oído interno, o bien interfieren con actividades propias del ser humano, tales como el sueño, el descanso, la comunicación y su bienestar. Estos sonidos, sin ser necesariamente definidos por la comunidad como indeseables, deben ser considerados ruidos por afectar de alguna manera la salud pública.

## **CLASIFICACIÓN DEL RUIDO.**

Se ha demostrado que las características del complejo nivel-frecuencia-tiempo del ruido tiene influencia en las lesiones al ser humano. Además dichas características son esenciales en la elección de una metodología adecuada para su medición, estudio y control, facilitando la jerarquización de los parámetros de investigación.

Por lo tanto, al agrupar los ruidos respecto a las propiedades de su complejo nivel-frecuencia-tiempo, se pretende simplificar su estudio y orientar las medidas respecto a su medición, efectos, así como el establecer las posibles medidas de correlación entre dichos efectos reales y su simulación en laboratorio.

La clasificación se efectúa de acuerdo con las características de distribución de la energía acústica respecto al tiempo y de acuerdo con la distribución de las componentes simples de dicha energía.

Esta clasificación se emplea para establecer una diferenciación de las diversas formas de energía acústica, consideradas como ruido que al ser emitidas por una fuente fija o móvil causan contaminación del ambiente.

#### **CLASIFICACIÓN SEGÚN SU DISTRIBUCIÓN TEMPORAL.**

Un ruido puede ser o estable o inestable teniendo en cuenta la variación de su nivel de presión acústica durante el lapso en que actúa.

**RUIDO ESTABLE:** Es aquel que se registra con una variación de su nivel de presión acústica no superior a  $\pm 2$  dB.

**RUIDO INESTABLE:** Es aquel que se registra con una variación de su nivel de presión acústica superior a  $\pm 2$  dB.

Un ruido, puede ser sostenido, intermitente o pulsar, si la variación de su nivel de presión acústica durante su registro, es pequeña ( $< \pm 2$  dB).

**RUIDO SOSTENIDO:** Es un ruido estable no modificado

**RUIDO INTERMITENTE:** Es aquel ruido estable recurrente, cuyo nivel máximo se alcanza súbitamente, y después de sostenerse durante 1 seg. o más, desciende súbitamente, siendo seguido por una pausa.

**RUIDO PULSAR:** Es aquel ruido estable recurrente, cuyo nivel máximo se alcanza súbitamente y después de sostenerse durante menos de 1 seg. desciende súbitamente y es seguido por una pausa.

Un ruido puede ser fluctuante o impulsivo, si la variación de su nivel de presión acústica es grande ( $\geq \pm 2$  dB).

**RUIDO FLUCTUANTE:** Es aquel ruido inestable que se registra durante un período mayor o igual a 1 seg.

**RUIDO IMPULSIVO:** Es aquel ruido inestable que se registra durante un período menor a 1 seg.

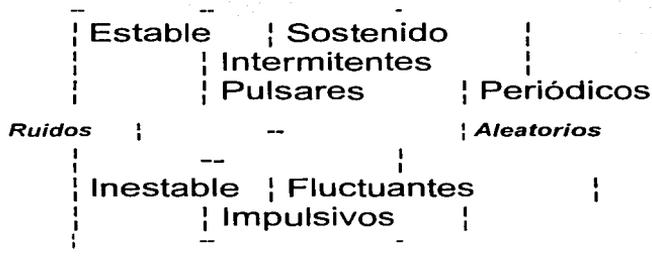
Un ruido puede ser periódico, o aleatorio teniendo en cuenta la repetición sistemática de su emisión energética.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**RUIDO PERIÓDICO:** Es aquel cuya emisión energética se distribuye isomórficamente al tiempo en 1 seg.

**RUIDO ALEATORIO:** Es aquel que no cumple con la definición de ruido periódico.

Un ruido intermitente, o pulsar, o fluctuante, o impulsivo puede ser a su vez o periódico o aleatorio.



#### CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ESPECTRO.

El espectro de ruido es el conjunto, continuo o no, de todas las componentes (tonos puros) que constituyen un ruido en un instante determinado; puede ser representado en forma funcional, enmarcado en una referencia ortogonal frecuencia-nivel de presión acústica.

**TONO PURO:** Es el registro de una vibración de un medio en movimiento armónico simple, dentro del ámbito de audio-frecuencia (frecuencia audible) y del ámbito del nivel presión acústica audible.

Un ruido, respecto a su ruidosidad, puede presentar componentes en una banda amplia o en una banda angosta.

**ESPECTRO DE BANDA AMPLIA:** Es el espectro cuya banda tiene un diámetro mayor o igual a 1/3 del ámbito de audio-frecuencia, considerado éste en escala logarítmica, siendo su valor medio cualquier frecuencia dentro de dicho ámbito.

**ESPECTRO DE BANDA ANGOSTA:** Es el espectro cuya banda tiene un diámetro menor a 1/3 del ámbito de audio frecuencia, considerado éste en escala logarítmica, siendo su valor medio cualquier frecuencia dentro de dicho ámbito.

Un ruido puede presentar componentes continuas o no continuas.

**ESPECTRO CONTINUO:** Es aquel que presenta un número infinito de componentes dentro de su banda.

**ESPECTRO NO-CONTINUO:** Es aquel que presenta un número finito de componentes dentro de su banda.

Un ruido de banda amplia o de banda angosta puede ser a su vez continuo o no continuo.

La distribución estadística de las componentes simples de un ruido continuo puede ser gaussiana o no gaussiana.

**ESPECTRO GAUSSIANO:** Es aquel cuyos componentes presentan una distribución estadística normal de sus niveles de presión acústica respecto a la frecuencia, es decir muestran una función dada por la fórmula:

$$NPA - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} = f^2 / 2$$

donde:

**NPA** = el nivel de presión acústica, en decibeles

**$\pi$**  = la relación de circunferencia al diámetro de un círculo. (= 3.141592654...)

**F** = la frecuencia de cada componente simple, en Hertz.

Un ruido gaussiano puede presentar uno o varios modos superpuestos.

**ESPECTRO NO-GAUSSIANO:** Es aquel que no cumple con la definición de espectro gaussiano.

Un ruido de espectro no continuo puede ser de energía controlada o presentarse sin control alguno de su energía, así mismo un ruido de energía

controlada puede ser o un tono puro, o un ruido de espectro de pendiente definida, como los ruidos blanco, rojo, rosa, morado o magenta.

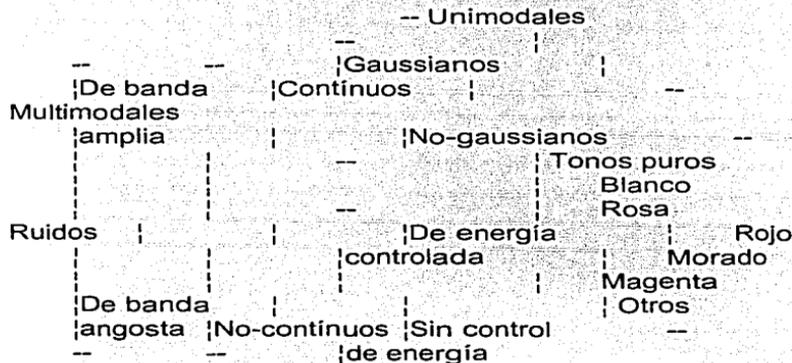
**RUIDO BLANCO:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de + 3 dB/octava.

**RUIDO MAGENTA:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de - 5 dB/octava.

**RUIDO MORADO:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de - 6 dB/octava.

**RUIDO ROJO:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de - 3 dB/octava.

**RUIDO ROSA:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de 0 dB/octava.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# **CAPITULO 3. AFECTACIONES POR RUIDO AL INDIVIDUO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **ANATOMÍA Y FISIOLÓGIA.**

El oído constituye el intermediario entre la señal física, objetiva, constituida por la presión acústica generada por la fuente y el elaborador de la señal objetiva, el cerebro. El oído humano es uno de los órganos humanos más complejos, tanto en su construcción como en su funcionamiento, su rango de sensibilidad abarca aproximadamente 120 dB de variaciones de presión dinámica, es interesante resaltar su capacidad para detectar presiones que ocasionen el desplazamiento del tímpano del orden de la décima parte del diámetro de la molécula de hidrógeno.

El oído funciona no solo como un micrófono captador de señales, sino como un analizador de frecuencias que componen la señal, así permite seguir la sonoridad del violín dentro de una orquesta sinfónica, o distinguir claramente el sonido del ventilador en un motor de combustión interna.

Otra de las funciones del oído es contribuir al equilibrio del cuerpo humano. Algunas afecciones del oído pueden hacer que el individuo padezca vértigos más o menos pronunciados.

Para fines de estudio, el oído humano se divide en oído externo, medio e interno. El oído externo comprende el pabellón y el conducto auditivo de unos 3 cm de longitud y 0.70 cm. de diámetro, que comienza en el pabellón y termina en el tímpano. El conjunto del oído externo actúa como embudo acústico, incrementando la sensibilidad auditiva. La propagación sonora dentro del mismo es exclusivamente aérea.

Las ondas sonoras que penetran en el oído externo, hacen vibrar al tímpano, que es el tabique entre el oído externo y el oído medio, este consta de una cavidad de unos 2 centímetros cúbicos de volumen, dentro de la que se encuentran tres huesecillos: el martillo, el yunque y el estribo, ligados mecánicamente, de modo que las vibraciones del tímpano se transmiten al martillo y de este al yunque. Por último el estribo se encarga de la transmisión a la ventana oval de la señal que recibió del yunque.

El oído medio está limitado por el tímpano en uno de sus extremos, y por las ventanas oval y redonda por el otro. También se comunica con la cavidad bucal mediante un conducto denominado Tropa de Eustaquio, cuya función es equilibrar las presiones estáticas del aire que puedan aparecer por el tímpano.

La ventana oval constituye la separación entre los oídos medio e interno, en ambos la transmisión sonora se realiza por vía sólida, en el oído medio la señal es transmitida a través de vibraciones de la cadena de huesecillos, en el oído interno la transmisión es a través de un medio líquido.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

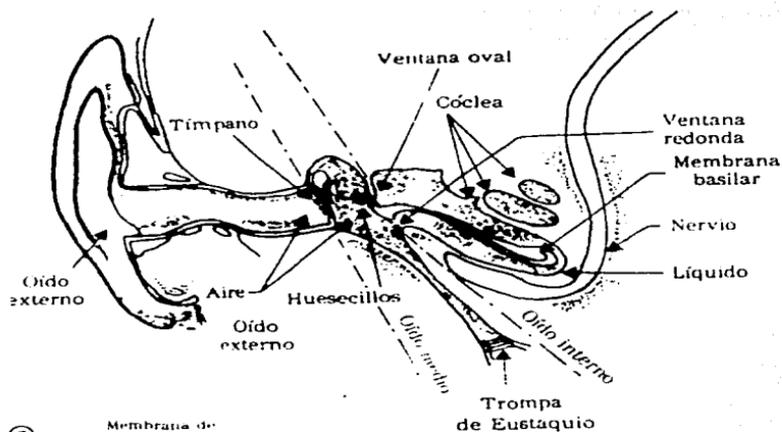
El oído interno consiste en un caracol o cóclea, excavado en el hueso temporal, de unos 35 mm de longitud y 4 mm de diámetro en el extremo que comunica a la ventana oval. En el otro extremo su diámetro no alcanza el milímetro.

En su parte media la cóclea esta dividida mediante la partición cóclea de una consistencia en parte ósea en parte gelatinosa. Sobre esta última se encuentra la membrana basilar que contiene el órgano de Corti o terminación del nervio auditivo. La cóclea esta llena de líquido. La parte superior de la partición esta obturada por la ventana oval, mientras la inferior se cierra con la ventana redonda.

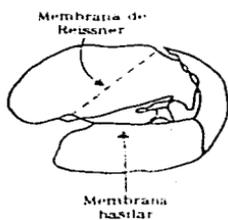
Las presiones sonoras que se comunican por el estribo y la ventana oval, ponen a vibrar el líquido contenido en la cóclea y el movimiento hace oscilar unos 25 000 filetes nerviosos, que en forma de pelillos (células ciliares) recubren la membrana basilar. Son ellos los que transforman la vibración, que es de naturaleza mecánica, en señales nerviosas de naturaleza electroquímica. El número elevado de filetes nerviosos explica la función de analizador de frecuencias que cumple el oído humano y que posteriormente se completa con el cerebro.

Dentro del oído interno se encuentran también los canales semicirculares. Consisten en tres conductos semicirculares dispuestos de acuerdo con tres planos ortogonales entre sí. Su función es contribuir al equilibrio del cuerpo humano y por ello algunos traumas sonoros pueden llevar al sujeto a sufrir problemas de equilibrio.

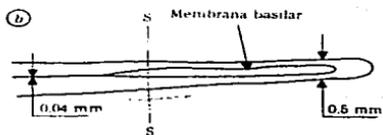
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



(a)



(b)



(c)

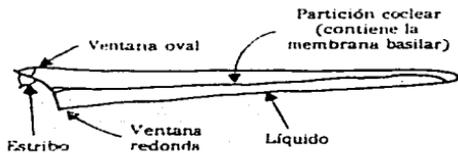


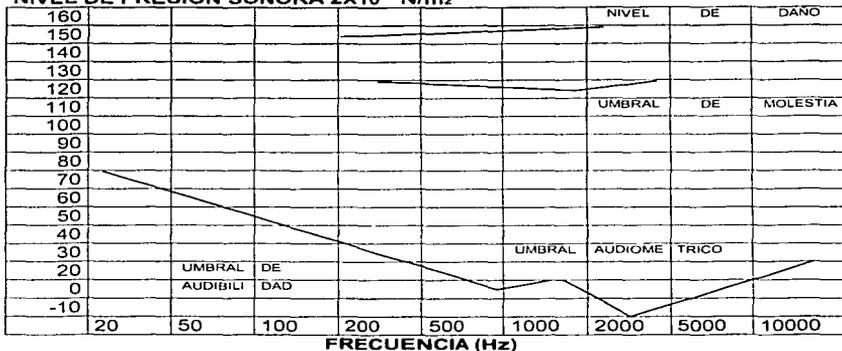
fig. 3.1 esquema de un oído humano.

## UMBRALES AUDITIVOS

Es necesario subrayar que todo lo referente a acústica fisiológica y psicológica es el resultado estadístico de numerosas mediciones y encuestas realizadas sobre centenares de sujetos.

Los estudios se realizaron en recintos especiales y bajo condiciones específicas. Esto significa que su validez no es universal y que los resultados no se pueden repetir en cualquier momento y con cualquier observador.

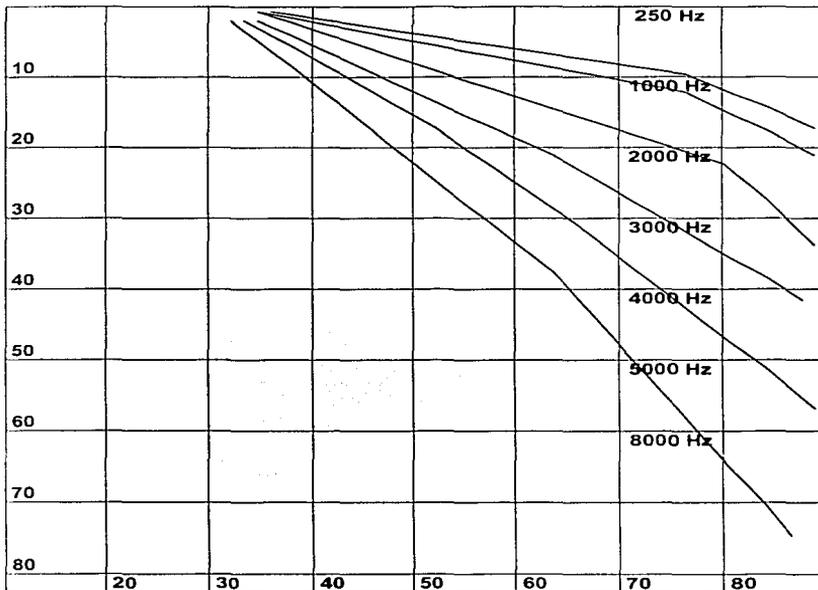
NIVEL DE PRESION SONORA  $2X10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>



GRÁFICA DE UMBRALES DE AUDICIÓN.

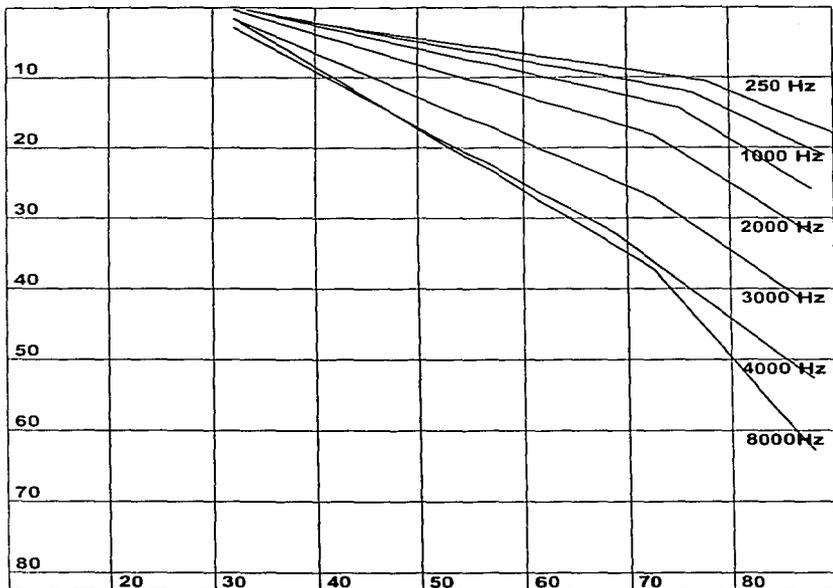
Una de las características más importantes del oído es el umbral de audibilidad. Es el nivel de presión sonora mínimo que puede detectar una persona a diferentes frecuencias, se mide mediante el audiómetro y varía de persona a persona (entre 10-5 y 10 N/m<sup>2</sup> aproximadamente). Durante la prueba de audiometría el sujeto en estudio es introducido en una cabina aislada de sonidos exteriores, se le colocan audífonos así como un interruptor en su mano, el analista genera una serie de sonidos los cuales son captados por el individuo, los sonidos al principio son imperceptibles, en el momento de ser detectados por el individuo de estudio este oprime el interruptor registrando de esta forma los límites mínimos de detección de sonidos por el individuo. La sensibilidad auditiva varía con la edad

y el sexo de la persona. Este fenómeno se denomina presbiacusia, sé a observado que la pérdida de la audición con respecto a la edad es variable para cada individuo, así mismo es más notorio en hombres que en mujeres. La pérdida de sensibilidad auditiva es un proceso progresivo e irreversible que sufre el personal que realiza actividades en recintos muy ruidosos. Generalmente el sujeto no se da cuenta de su evolución hasta que el proceso se encuentra muy avanzado. Como se trata de un fenómeno irreversible, la pérdida de sensibilidad no se puede recuperar sino solamente frenar mediante el alejamiento del individuo de la fuente generadora.



**PERDIDA DE SENSIBILIDAD AUDITIVA (HOMBRE)**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**PERDIDA DE SENSIBILIDAD AUDITIVA (MUJER)**

Todas estas consideraciones explican la necesidad de detectar este proceso en sus comienzos, incluso antes de que el individuo se percate que existe.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Por otra parte la afectación generada por la exposición al ruido es variable, de modo que un mismo ruido puede traumatizar a un oído dejando indemne a otro, esto hace que todas las tablas y curvas que registren la pérdida de sensibilidad y probable riesgo de daño se les considere como datos de probabilidad.

Los efectos del ruido sobre el individuo pueden dividirse en dos grupos: efectos auditivos y no auditivos.

### EFFECTOS AUDITIVOS.

Como su nombre lo indica, los efectos auditivos afectan únicamente los oídos de la persona expuesta, en el campo laboral se traduce como pérdida paulatina de la capacidad auditiva.

Los efectos auditivos se han estudiado detalladamente. En la actualidad existen conocimientos suficientes para evaluar un sitio de trabajo y saber si existe riesgo de daño a la audición.

El caso más común detectado en este tipo de afectaciones es la pérdida temporal de la audición, esta se presenta cuando el usuario es expuesto a ruidos intensos, lo cual provoca una disminución de la sensibilidad auditiva, lo que se traduce en la necesidad por parte del afectado de un mayor nivel sonoro para oír, generalmente el umbral de sensibilidad se eleva a los 4 KHz. A este fenómeno se le llama pozo de los 4 000 KHz.

#### PERDIDA AUDITIVA (dB)

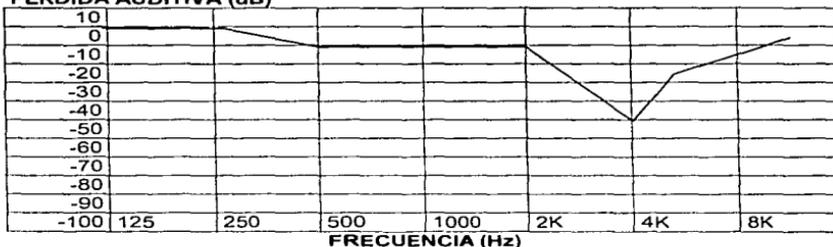


DIAGRAMA DE PERDIDA TEMPORAL DE LA AUDICIÓN, SE OBSERVA EL POZO DE LOS 4KHz.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La pérdida temporal de la audición no es inmediata ni irreversible en un principio. Es un fenómeno parecido al que se observa después de estar expuestos a la intensa luz del sol y luego entrar a un sitio oscuro, se tarda en ver el interior, es como si se perdiera temporalmente la vista.

En el caso del ruido sucede algo similar; al salir de un lugar ruidoso, la persona se siente aturdida y ensordecida. Luego de un tiempo, que depende del individuo y del nivel sonoro, la sensibilidad auditiva se recupera y vuelve a su valor original: Fisiológicamente se trata de una fatiga de las células ciliares, que necesitan reponerse para volver a su estado natural.

El fenómeno de pérdida permanente se presenta cuando una persona es expuesta frecuentemente al ruido intenso sin que su oído se haya recuperado de la exposición anterior, esto provoca que las células ciliares se debiliten y mueran.

Este fenómeno aparece claramente en cortes anatómicos de la membrana basilar, en la cual se observan las células como lijadas con papel esmeril: En otras palabras, sucede una necrosis de los elementos generadores de la señal que va al cerebro. Consecuentemente al no existir elemento generador no existe la sensación auditiva y el individuo pierde la audición.

Esta pérdida es selectiva y se comporta de forma similar a la pérdida temporal, comienza en la zona de los 4 KHz y se expande primero hacia las frecuencias agudas y luego hacia las graves.

Este comprobado que la pérdida permanente de la audición producida por el ruido depende de una combinación de nivel sonoro y duración de la exposición.

### PERDIDA AUDITIVA (dB)

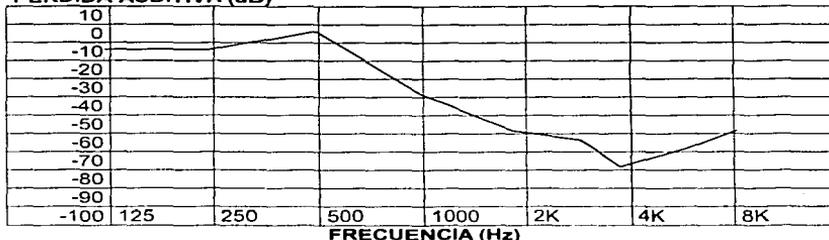


DIAGRAMA DE PERDIDA AVANZADA DE LA AUDICIÓN

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Otros fenómenos relacionados con los daños en la sensibilidad auditiva son los acufenos y el trauma de Menier. Aunque no siempre aparecen, son bastante serios y se deben tomar en cuenta.

Los acufenos son ruidos inexistentes, el sujeto los oye en forma de pitidos o tonos puros a cualquier hora del día o de la noche. Pueden ser tan intensos que despierten a la persona o no le permitan dormir. Consisten en señales acústicas no provocadas por presión sonora, sino por descargas electroquímicas del oído interno dañado. Desgraciadamente no existen técnicas médicas para su tratamiento.

El trauma de Menier consiste en la pérdida de equilibrio de la persona afectada. No esta relacionada con la sensación auditiva propiamente dicha, sino que la causa una afectación del nervio que entronca la rama originada en los canales semicirculares, que son parte del oído interno.

#### **EFFECTOS NO AUDITIVOS.**

Si bien los efectos auditivos afectan básicamente al oído expuesto, también aparecen efectos secundarios que son tanto o más serios; desde el momento que la persona escucha menos, evita que se le hable, esto provoca cambios de personalidad, generando problemas emocionales.

Los efectos no auditivos son mucho más complejos y menos conocidos, se trata de niveles sonoros mucho mas bajos, que afectan a ciertos sectores laborales y mayormente a la población que rodea los centros fabriles, esta afectación se traduce en disminución del desempeño laboral así como en desordenes emocionales.

Puesto que el cuerpo humano es una unidad orgánica, las afectaciones de una parte del sistema repercuten en el equilibrio psíquico del individuo afectado. Esquemáticamente ablando, el mecanismo es muy sencillo de entender, el hombre que no tiene una adecuada percepción sonora efectúa un esfuerzo anormal al seguir una conversación, sobre todo en presencia de ruidos, y comienza a rehuir de estas actividades, se convierte en una persona hermética.

El trauma psíquico no es necesariamente una secuela de un trauma orgánico. El efecto del ruido sobre el estado mental del hombre es algo muy común y se encuentra diario: Si bien es cierto que la forma de reaccionar frente a la agresión del ruido es particular en cada persona; la neurosis provocada por esta causa escapa al limite de los ruidos peligrosos. Los niveles de ruido mucho menores provocan efectos psíquicos a la gente sometida a ellos, por ejemplo el ruido de transito provoca estrés a los individuos sometidos al mismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Otro efecto no auditivo causado al estar sometido a elevados niveles de ruido es la falta de rendimiento laboral, esto se observa en las secretarías que trabajan en ambientes ruidosos, se ha comprobado que invariablemente tienden a disminuir el número de palabras mecanografiadas por minuto, así mismo los errores de escritura tienden a incrementarse.

En un segundo estudio se exigía a usuarios sometidos a ruidos intensos que respondieran rápidamente a ciertos estímulos, como por ejemplo, cada vez que se encendiera la luz deberían mover ciertas palancas, en cuanto comenzaban a ser expuestos a ruidos constantes su capacidad de respuesta disminuía notoriamente, el ambiente ruidoso no solo baja la velocidad de respuesta sino que incrementa el número de errores.

#### **EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DAÑO.**

El problema que el ingeniero o encargado de seguridad de la industria se plantea en una situación donde existen ruidos de niveles elevados es:

- ¿Cómo evaluar el nivel de riesgo para el personal expuesto a altos niveles de ruido?
- ¿Cuál es el nivel máximo permisible de ruido?

Se tiene establecido que existen dos tipos de niveles: El máximo instantáneo y el continuo

Se tiene contemplado que el nivel máximo permisible de ruido instantáneo nunca debe superar los 120 dB (A) esto debido a que ruidos superiores provocarían daños inmediatos en el individuo, por consiguiente es obligatorio el uso de protectores auditivos en el caso de que el usuario tenga que ser sometido a niveles de ruido cercanos o mayores a los señalados anteriormente.

La norma oficial mexicana (NOM-011-STPS-1994) establece los niveles máximos permisibles para un recinto fabril, así mismo la norma oficial mexicana (NOM-081-ECOL-1994) establece los niveles máximos permisibles de emisión de ruido al medio ambiente circundante a la fuente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuando se trata de ruidos de menor nivel, el tiempo de exposición comienza a tener importancia, ya que, como se mencionó anteriormente el daño auditivo es una combinación compleja de niveles sonoros y tiempos de exposición.

Es conveniente recalcar que el tiempo de exposición del individuo es un parámetro fundamental para la evaluación del riesgo de daño, aun en el caso de que la fuente emisora se encuentre por debajo de lo establecido en las normas oficiales anteriormente citadas.

Tiempo (horas) T.M.P.E	dB(A) N.S.C.E.
8	90
4	93
2	96
1	99
0.5	102
0.25	105

#### TIEMPOS MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN DIARIA.

Durante la jornada laboral el individuo se expone a niveles sonoros que varían constantemente, debido a la actividad que desarrolla o al cambio de recinto en el que la persona trabaja.

Para simplificar la evaluación de daño, se utiliza el concepto de **nivel sonoro equivalente**, el cual muestra una media del nivel de ruido al que a estado sometido el individuo en un tiempo determinado.

Para su cálculo se utilizan una serie de fórmulas que utilizan como variables los niveles instantáneos muestreados durante el tiempo establecido para la realización del estudio.

Una técnica utilizada comúnmente para la medición de ruido a la que se exponen los trabajadores en las industrias es a través de dosímetros.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El primer paso es la calibración del dosímetro, la cual debe responder a la normatividad aplicable para cada país, posteriormente se entrega al usuario, el cual debe portarlo durante toda la jornada laboral. El micrófono será instalado a la altura del cuello o sobre el hombro, el resto del equipo será llevado en el bolsillo del usuario.

Una vez finalizada la jornada laboral se recoge el instrumento y se lee la exposición sonora. A partir de los datos obtenidos se verifica si el nivel de ruido al que esta expuesto el usuario se encuentra fuera de norma y si existe la necesidad de suministrarle equipos de protección.

### **EVALUACIÓN MÉDICA DE LOS TRABAJADORES.**

Las presentes son recomendaciones de los puntos que deben contemplar los exámenes médicos a realizarse a aquellos trabajadores expuestos a los Niveles Máximos Permisibles de ruido:

- Antecedentes laborales, con énfasis en la exposición a agentes capaces de dañar el sistema auditivo.
- Antecedentes heredo-familiares y personales patológicos que permitan identificar alteraciones previas en el sistema auditivo.
- Exploración otoscópica y rinofaríngea.
- Estudio audiométrico que contenga como mínimo:
- Exploración de vías aéreas en el intervalo de 125 a 8000 Hz.
- Exploración de vías óseas en el intervalo de 250 a 6000 Hz., y
- Logoaudiometría (sólo que la audiometría tonal se encuentre alterada).
- Otros estudios complementarios que de acuerdo con los resultados de estudio clínico, se requieran.

La periodicidad de los exámenes médicos deberá ser determinada en base a las características del ruido y de la exposición de los trabajadores.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## PROTECTORES AUDITIVOS.

Anteriormente se menciona que el primer control que se debe tener en cuenta cuando se enfrenta con ruidos peligrosos, es el de ingeniería. En el caso de que este sea aplicable, y si los controles administrativos no se pueden usar, se debe recurrir al uso de los protectores auditivos.

Existen en el mercado aproximadamente 400 tipos diferentes de protectores. Debido a su gran número, se hace difícil la selección, sin embargo existen básicamente tres tipos de protectores auditivos:

### OREJERAS.

Estos son protectores que encierran totalmente el pabellón de la oreja, consisten en dos elementos unidos por una banda elástica metálica o de plástico. Cada uno de ellos está constituido de una cáscara plástica, cuenta con recubrimiento interior de material fonoabsorbente. Una almohadilla asegura el cerramiento entre la cáscara y el cráneo de la persona.

Existen en el mercado de dos tipos: regulares, como los que acabamos de describir y los soportados por el casco de seguridad. Este último tipo es de uso obligatorio en los sitios donde hay que llevar casco.



fig. 3.2 DIFERENTES TIPOS DE OREJERAS DISPONIBLES EN EL MERCADO.

### TAPONES AUDITIVOS.

Son elementos que se introducen en el conducto auditivo. Existen de diferentes tipos, estos varían de acuerdo al tipo de material de que están fabricados y su forma.

Los premoldeados tienen una forma fija, aunque son blandos al tacto, se fabrican generalmente de vinilo, siliconas u otros elastomeros, así mismo existen los formables, que no tienen forma propia, se fabrican de espuma de poliuretano o de lana de vidrio. Los tapones son comprimidos con los dedos del usuario, para ser insertados posteriormente en el oído, al expandirse aseguran la protección del trabajador, son en la actualidad los más difundidos.



FIG. 3.3 TAPONES AUDITIVOS EXPANDIBLES.

### SEMIINCERTADOS.

Estos protectores son una mezcla entre los tapones y las orejeras. Consisten en dos tapones que no entran totalmente en el oído, unidos por una banda elástica que los empuja hacia dentro del canal.

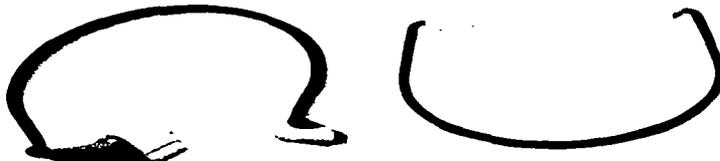


FIG. 3.4 TAPONES AUDITIVOS SEMIINCERTADOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTECTORES.**

Las características de interés en un protector son: atenuación y su comodidad. La atenuación es la cantidad de dB que aísla un protector. Se trata de una magnitud que se mide en laboratorios específicamente preparados siguiendo normas de audición. Se recurre a 10 sujetos, a los que se mide primero el umbral de audibilidad, con y sin la utilización de protectores, durante tres ocasiones, con los treinta resultados se elabora una gráfica de atenuación promedio.

La comodidad se puede relacionar con la aceptabilidad de un protector, que es una característica muy importante para la utilización del mismo, sin embargo no existen criterios o normas para su medición.

## **ATENUACIÓN MÍNIMA.**

Se ha comprobado ampliamente que el valor de atenuación mínima proporcionado por los fabricantes es mucho mayor que el observado durante el uso de los equipos de protección, esto debido a que las evaluaciones llevadas a cabo por los fabricantes se realizan en un medio controlado, así mismo los usuarios de los equipos los utilizan de forma despreocupada.

## **SELECCIÓN DE PROTECTORES.**

Para seleccionar el tipo de equipo de protección se deben seguir los siguientes pasos:

- Examinar si la utilización del equipo se encuentra normado.
- En ambientes calurosos el personal solo tolera los tapones.
- Se deben evitar los semiincertados ya que su atenuación es baja.
- Los equipos solo deben proporcionar la atenuación necesaria, esto debido a que una atenuación alta reduce la inteligibilidad y la comodidad del usuario.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## EDUCACIÓN DEL OPERARIO.

En repetidas oportunidades se ha observado que el operario se resiste a utilizar protectores personales y entre ellos, el uso del protector auditivo. Son varias las causas, pero la más general es indudablemente la falta de comodidad. Como todo elemento protector el auditivo no es demasiado confortable.

Se recomienda hablar con los trabajadores convenciéndoles de la utilidad de los equipos de protección, así mismo proveer a los operarios con diferentes tipos de protectores y que ellos elijan el que más les guste, así mismo se deben realizar sesiones donde se les explique a los usuarios:

- Porque deben usar los protectores.
- Cuando usarlos.
- Como usarlos.
- Que pasan si no los usan.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CAPITULO 4. SONÓMETROS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## EL SONÓMETRO.

En vista de la dificultad para establecer la medición de una sensación y de la complejidad de operación de oído humano, no es posible, en el presente estado de la tecnología, diseñar un aparato de medición objetiva del ruido que nos dé resultados que sean absolutamente comparables para todo tipo de ruidos, con aquellos dados por métodos directos subjetivos (percepción auditiva).

Sin embargo, se considera esencial el normalizar un aparato mediante el cual se mida el ruido, de modo que los usuarios de este aparato en todo el mundo puedan comparar sus resultados.

El sonómetro es un instrumento básico para toda medición acústica. Si bien la información que brinda no es completa, tiene una gran variedad de usos, entre los que destacan la calificación de ruidos de maquinas, del tránsito y del medio ambiente. Es un instrumento indispensable para los ingenieros con comisión de seguridad, higiene y ecología en la determinación de la aceptabilidad o la peligrosidad del ruido.

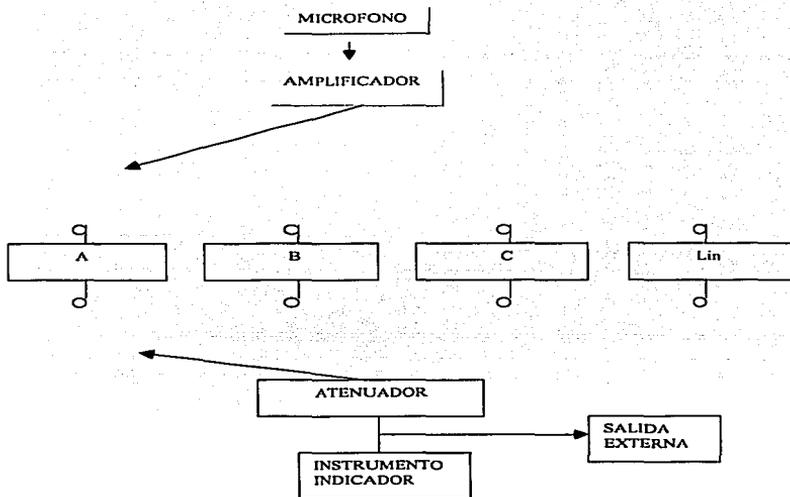
El sonómetro se puede acoplar con analizadores de espectro, registradores magnéticos o gráficos, etc. con lo que se amplía la gama de información que puede brindar.



fig. 4.1 SONÓMETROS DISPONIBLES EN EL MERCADO.

Como se vio anteriormente el oído humano es un instrumento muy complejo, una de cuyas características es la alinealidad en la percepción del nivel sonoro con la frecuencia, dicho de otro modo, si se emiten sonidos de distinta frecuencia e igual nivel, el oído humano los percibe como si no fueran igualmente fuertes.

Este efecto se toma en cuenta cuando se mide el nivel del sonido para fines relacionados con el oído humano. Para ello los medidores de nivel sonoro están provistos de filtros correctores para distintas frecuencias.



### DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SONÓMETRO

En el diagrama de bloques del sonómetro se observa lo siguiente: El micrófono, de características especiales, transforma las señales acústicas en tensiones eléctricas, estas son amplificadas por el amplificador, que está equipado con un atenuador calibrado en dB. Se ubican a continuación tres filtros eléctricos "A", "B", y "C" cuyas respuestas se asemejan a la respuesta del oído humano para ruidos de distinto nivel. Vale decir que con su ayuda, el sonómetro permite apreciar valores de niveles sonoros proporcionales a la sensación auditiva que

produce determinado ruido. Finalmente, un instrumento indicador permite leer el nivel en dB.

Las lecturas abarcan el rango comprendido entre los 0 y 140 dB. Estas lecturas son las correspondientes a la presión sonora, cuando el selector de compensación esta en la posición "lin" o sea lineal. En este caso, todos los sonidos de distintas frecuencias pero de igual presión sonora producen la misma lectura en el instrumento.

Ya se ha indicado anteriormente que el oído humano no percibe de la misma manera sonidos de igual nivel pero de distinta frecuencia. En general se escuchan peor los sonidos por debajo de 1 KHz. Y por encima de 5 KHz, dependiendo del nivel de los mismos.

Para que el medidor de una indicación similar a la sensación auditiva se emplean los filtros "A", "B", y "C". La red "A" comprende entre los 0 y 55 dB, la "B" entre 55 y 85 dB, la "C" para niveles mayores a 85 dB. En el caso de estudios para obtener niveles de confort sonoro en naves fabriles y edificios se utiliza la ponderación "A". El nivel de presión acústica a medir puede proceder de una o varias fuentes. Puede medirse exteriormente en campo libre, en las calles de una ciudad, en un claustro altamente reverberante. El nivel de presión acústica puede emplearse para estimar riesgos de daños a la audición, para estimar molestias, para establecer la efectividad de los tratamientos acústicos etc.

Para obtener resultados válidos se necesita emplear un sonómetro de precisión y la técnica de medición adecuada. La mala calidad del instrumento puede afectar la consistencia de las lecturas obtenidas día a día u obtenidas en pruebas repetidas bajo condiciones similares. La calidad limita la exactitud de la medición.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES

Un sonómetro debe constar de los siguientes elementos:

- **MICRÓFONO.**

- **AMPLIFICADOR:** Dispositivo electrónico que permite elevar la potencia de una señal electromagnética.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- **REDES DE PONDERACIÓN:** Mallas electrónicas que permiten sopesar una señal electromagnética con valores fijos especificados, de acuerdo con la frecuencia de la señal.

- **ATENUADOR:** Dispositivo electrónico que permite reducir la potencia de una señal electromagnética.

- **INSTRUMENTO INDICADOR.**

El sonómetro debe abarcar el ámbito de frecuencias de 10 a 20,000 Hz. Debe incluir cuando menos una de las redes de ponderación (filtros) denominados A, B y C. Cuando el aparato posee más de una malla de ponderación debe ser posible efectuar mediciones con cualquiera de las mallas disponibles.

Las tolerancias se refieren al equipo en su totalidad, o sea que incluyen las tolerancias del micrófono, del amplificador, de las mallas de ponderación, de los atenuadores y del instrumento indicador, y se aplican al funcionamiento del aparato en un campo acústico libre y en la dirección especificada por el fabricante.



FIG. 4.2 SONÓMETRO SIMPLE.

Cuando el micrófono se sitúa en un campo sonoro libre con una frecuencia de 1,000 Hz y se apunta en la dirección de calibración especificada por el fabricante, la lectura del sonómetro debe ser el nivel de presión sonora existente en el punto antes de introducir el micrófono con una tolerancia de  $\pm 1$  dB, bajo las condiciones de referencia especificadas. El micrófono debe conectarse al sonómetro en la forma acostumbrada para uso normal y el observador debe colocarse en la posición especificada por el fabricante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si el aparato suministra además una curva de respuesta lineal el fabricante debe especificar el ámbito de frecuencias y los límites de tolerancia correspondientes.

Se recomienda que el fabricante indique la forma de asegurar que el instrumento dé lecturas correctas en un campo difuso dentro de las tolerancias que se dan en la Tabla 1.

En caso de que sea necesario utilizar un cable de extensión para el micrófono o alguna otra conexión, éstos deben suministrarse como parte del aparato.

### CARACTERÍSTICAS DEL MICRÓFONO

El micrófono debe ser del tipo omnidireccional. La variación de la sensibilidad del micrófono dentro de un ángulo de  $\pm 90^\circ$  a partir del ángulo de incidencia especificado por el fabricante (generalmente el eje de simetría del micrófono) no debe exceder las tolerancias dadas en la Tabla No. 2

**TABLA No. 2**

**Tolerancias Permitidas de la Sensibilidad del  
Micrófono en un Ángulo de  $\pm 90^\circ$**

Frecuencias, en Hz	Tolerancias permitidas en dB	
-		
31.5 - 1000	1	- 1
1000 - 2000	1	- 2
2000 - 4000	1	- 3
4000 - 8000	1	- 6
8000 - 12500	1	- 10

Para cualquier valor del ángulo de incidencia menor a  $30^\circ$ , las variaciones de la sensibilidad no deben exceder las tolerancias dadas en la Tabla No. 3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TABLA No. 3**

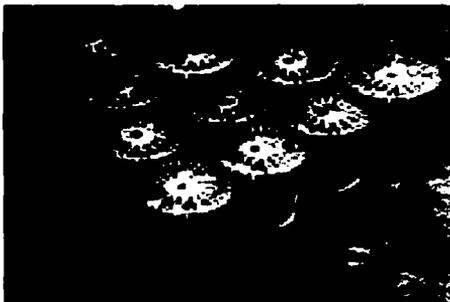
**Tolerancias permitidas de la Sensibilidad del  
Micrófono en un Angulo Superior a 30°**

<b>Frecuencias, en Hz</b>	<b>Tolerancias Permitidas, en dB</b>	
Hasta 2000	0.5	- 0.5
2000 - 4000	0.5	- 1.0
4000 - 8000	0.5	- 1.5
8000 - 12500	0.5	- 2.0

Los límites deben ser simétricos, teniendo en cuenta que la desviación total no los exceda.

Esta variación de la sensibilidad debe medirse con el micrófono montado en la misma forma que se va a usar como parte del sonómetro, estando el operador en la posición especificada por el fabricante.

La sensibilidad del micrófono no debe variar en más de  $\pm 0.5$  dB para una variación de  $\pm 10\%$  de la presión estática.



**fig. 4.4 MICRÓFONOS ACOPLABLES A SONÓMETROS ESPECÍFICOS**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CARACTERÍSTICAS DEL INSTRUMENTO INDICADOR

El instrumento indicador debe seguir la Ley cuadrática. La escala del instrumento indicador debe graduarse en divisiones de 1 dB, sobre un intervalo de cuando menos 15 dB.

La exactitud de las graduaciones debe ser  $\pm 0.2$  dB, excepto para la parte inferior de la escala que traslapa la posición siguiente del atenuador, para la cual se permite una tolerancia de  $\pm 0.5$  dB. Debe ser posible leer la escala con la misma exactitud.

Para cumplir con la característica dinámica de integración (Es la velocidad a la cual una malla electrónica puede realizar la transformada de Fourier "Frecuencia Tiempo") que se designa como "rápida" deben satisfacerse las siguientes especificaciones:

Si se aplica un pulso de una señal sinusoidal con una frecuencia de 1,000 Hz y de 0.2 s de duración, la lectura máxima debe ser  $1 \pm 1$  dB menor que la lectura para una señal estable de la misma frecuencia y amplitud.

Si se aplica repentinamente una señal sinusoidal de cualquier frecuencia comprendida entre 100 y 12,500 Hz y se mantiene posteriormente, la lectura máxima debe sobrepasar la lectura estable final en  $0.6 \pm 0.5$  dB.

Para cumplir con la característica dinámica de integración que se designa como "lenta", deben satisfacerse las siguientes especificaciones:

Si se aplica un pulso de una señal sinusoidal de 1,000 Hz de frecuencia y de 0.5 s de duración, la lectura máxima debe ser de  $4 \pm 1$  dB menor que la lectura para una señal estable de la misma frecuencia y amplitud.

Si se aplica repentinamente una señal sinusoidal de cualquier frecuencia comprendida entre 100 y 12,500 Hz y posteriormente se mantiene, la lectura máxima debe sobrepasar la lectura estable final en  $0.6 + 1.0$  dB o en  $0.6 - 0.5$  dB.

La lectura estable para cualquier señal sinusoidal entre 31.5 y 12,500 Hz no debe diferir de la lectura "rápida" correspondiente en más de 0.1 dB. Las características especificadas en los párrafos 6.6 y 6.7 deben mantenerse para cualquier ponderación y para todas las posiciones del atenuador. Las características dinámica de integración usada, debe especificarse en el informe de la prueba.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CARACTERÍSTICAS DEL AMPLIFICADOR

Para la calibración eléctrica se recomienda conectar una resistencia de valor conocido en serie con el cable de tierra del micrófono y proporcionar un medio conveniente para su conexión. Si el sonómetro opera mediante pilas, debe proporcionarse un medio apropiado para la verificación de la tensión en las pilas bajo condiciones de carga.

Si el sonómetro también se usa con un cable entre el micrófono y el amplificador, el fabricante debe especificar las correcciones correspondientes.

Cuando el micrófono se sustituya por una impedancia eléctrica, la tensión correspondiente al nivel de ruido base debe estar cuando menos 5 dB abajo la tensión correspondiente al nivel sonoro mínimo medible, para cualquiera de las curvas de ponderación usadas.

Cuando el micrófono se sustituya por una impedancia eléctrica equivalente y cuando el sonómetro se exponga a un campo sonoro superior a 20 dB por encima del mínimo que se requiera, su lectura debe estar por lo menos 20 dB abajo de la que se obtuviese en condiciones normales de operación. Esta condición debe cumplirse para todo el ámbito de la escala del instrumento indicador, para cualquier nivel sonoro, para todas las curvas de ponderación y para todas las frecuencias comprendidas entre 20 y 12.500 Hz.

Puede usarse un cable de extensión para permitir que se quite el amplificador de un campo sonoro intenso, de hacerlo así, el sonómetro debe marcarse en forma apropiada para indicar el nivel máximo sonoro al que el amplificador pueda exponerse. Esta prueba debe hacerse con ruidos en bandas no más amplias que una octava.

La influencia de las vibraciones debe reducirse a un mínimo para todo el aparato, incluyendo el micrófono, y el fabricante debe indicarlo para las frecuencias comprendidas entre 20 y 5,000 Hz en función del nivel sonoro capaz de producir una lectura igual a la que genera una aceleración de 1 gn (gravedad normal) La indicación debe efectuarse para cada curva de respuesta que se proporcione.

Los efectos de campos magnéticos y electrostáticos deben reducirse a un mínimo y deben indicarse por el fabricante para todo el aparato, incluyendo el micrófono, en términos del nivel sonoro correspondiente a un campo magnético de 79.58 A m (1 Oe) a 50 ó 60 Hz, en la dirección que dé la indicación máxima. Esta indicación debe expresarse para cada curva de respuesta proporcionada.

El fabricante debe especificar el ámbito de temperatura para el cual la calibración de todo el aparato, incluyendo el micrófono, no es afectada en más de 0.5 dB. Si el efecto de la temperatura es mayor de 0.5 dB, el fabricante debe especificar las correcciones que deben aplicarse. Estas correcciones deben

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

aplicarse en el ámbito de temperaturas de - 10 a 50°C. El fabricante debe establecer los límites de temperatura de trabajo del aparato para evitar un daño permanente.

El fabricante debe especificar el ámbito de humedad dentro del cual debe operar el aparato, incluyendo el micrófono. Cualquier efecto ocasionado por la humedad relativa entre 0 y 90% debe ser menor de 0.5 dB.

El amplificador debe poseer una capacidad de potencia de cuando menos 12 dB mayor que la correspondiente a la lectura máxima del instrumento indicador.

Quando se requiera conectar aparatos externos, con una impedancia específica, al sonómetro, v.gr. audífonos, esta conexión no debe afectar la lectura en más de 0.5 dB, de lo contrario el instrumento indicador debe desconectarse automáticamente.

## **CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SONÓMETRO**

El sonómetro completo debe calibrarse dentro del ámbito de frecuencia de 20 a 12,500 Hz en un campo sonoro consistente de ondas progresivas, sensiblemente planas, que lleguen al micrófono en la dirección de incidencia especificada por el fabricante. El observador debe colocarse en la posición que especifique el fabricante para uso normal del sonómetro. De ser necesario puede usarse un cable de extensión para el micrófono.

La verificación de la escala de calibración del instrumento indicador debe efectuarse mediante un método eléctrico a las frecuencias de 31.5, 1000 y 8000 Hz.

La exactitud de las indicaciones del atenuador debe verificarse aplicando voltajes sinusoidales de amplitud ajustable y frecuencia de 31.5, 1000 y 8000 Hz. En cada caso el error debe ser menor de 0.5 dB respecto al correspondiente para 80 dB.

Todo el aparato debe calibrarse en valores absolutos a cierta frecuencia que el fabricante debe especificar, a la que se le denomina frecuencia de referencia. Esta frecuencia debe ser preferentemente 1000 Hz, pero puede estar comprendida entre los 200 y los 1000 Hz.

La exactitud del aparato a la frecuencia de referencia especificada, incluyendo los errores de aproximación por campo libre y los inherentes a las mediciones electroacústicas, debe ser de  $\pm 1$  dB respecto a la lectura correspondiente a un nivel de presión acústica de 80 dB. Esta tolerancia debe aplicarse para condiciones de referencia de 20°C y 65% de humedad relativa y

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

para una presión atmosférica de 405,000 Pascales. (Una atmósfera al nivel del mar).

Los sonómetros diseñados para medir partes de presiones acústicas mayores de 100 dB deben exponerse a sonidos, básicamente sinusoidales o a bandas de ruido con anchos menores de una octava y a un nivel de presión sonora de 100 dB a cada frecuencia, o a cada banda de octava entre los 20 y los 12500 Hz., sustituyendo el micrófono por una impedancia eléctrica equivalente. Cuando se usan ondas sinusoidales, la frecuencia debe variarse a una velocidad que no exceda de una octava por cada 10 segundos. El atenuador debe colocarse de modo que los 100 dB correspondan al valor máximo de la escala del instrumento indicador. No es necesario proteger el aparato contra vibraciones, ni utilizar ninguna otra protección especial. Si la máxima lectura no es por lo menos 20 dB interior al límite del instrumento indicador, ésta debe informarse. La prueba debe repetirse a niveles superiores si se considera conveniente. El fabricante debe informar los niveles de prueba a los cuales se encontró que el instrumento no producía microfónicas superiores a 20 dB abajo del límite del instrumento indicador, como se señala anteriormente.

Se permite efectuar ciertas pruebas para valores superiores a 100 dB dentro de un ámbito limitado de frecuencias, las cuales deben especificarse

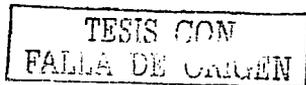
#### **MARCADO**

El aparato debe marcarse con las palabras "sonómetro de precisión".

También deben existir leyendas conteniendo como mínimo lo siguiente:

- El nombre del fabricante o su marca.
- El tipo y/o modelo y número de serie.
- El número de serie del micrófono
- En el aparato debe especificarse que es de precisión.

La dirección especificada por el fabricante, el cual debe especificar que el instrumento se utilice esencialmente para mediciones en campo libre. El marcado de la dirección y la especificación de campo libre pueden no requerirse, si la dirección especificada da lugar a una calibración, también apropiada para mediciones en un campo sonoro difuso (esta dirección generalmente es entre los 60° y 80° a partir del eje de simetría del micrófono), o si el sonómetro es suficientemente omnidireccional en sensibilidad para que con una sola calibración sea adecuado para mediciones en campos sonoros libres o difuso.



## FOLLETO DESCRIPTIVO

Cada sonómetro debe acompañarse de un folleto descriptivo en el que se incluya por lo menos la información siguiente:

- El tipo de micrófono (electrostático, electrodinámico, etc.).
- Los ángulos de incidencia
- Una indicación del ámbito de los niveles sonoros que por diseño puede medir.
- El nivel de presión de referencia.
- Las curvas de respuesta especificadas
- Las características dinámicas de integración (rápida, lenta)
- La influencia de las vibraciones de los campos magnético y electrostático y de la temperatura y humedad en las indicaciones de todo el aparato, incluyendo el establecimiento de la frecuencia o de los ámbitos de frecuencia y de los niveles a los que fueron hechas las pruebas.
- Los límites de trabajo en cuanto a temperatura y humedad, más allá de los cuales pueden causarse daños permanentes al aparato y al micrófono.
- Cualquier corrección a la calibración que se requiera por el uso de un cable de extensión del micrófono.
- El procedimiento de calibración necesario para mantener la exactitud.
- Cuando se usen accesorios para este objeto como son los calibradores internos del amplificador y calibradores de acoplamiento cerrados. El fabricante debe explicar los principios involucrados y sus limitaciones.
- La posición en la que el observador debe situarse para el uso normal del sonómetro.

Se recomienda incluir también la siguiente información en el folleto descriptivo:

- La impedancia del micrófono y, si es necesario, su variación con la frecuencia.
- La sensibilidad como función de la frecuencia para el ángulo de incidencia especificado por el fabricante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# **CAPITULO 5. SONOMETRIA LABORAL**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCIÓN.

Debido a la problemática generada por el ruido en los centros fabriles, es de vital importancia el establecer medidas para mejorar las condiciones de seguridad e higiene en donde se generen altos niveles sonoros, que por sus características, niveles y tiempo de acción sean capaces de alterar la salud de los trabajadores.

El ingeniero encargado de seguridad, higiene y ecología efectuara el reconocimiento y la evaluación de los siguientes puntos que en materia de ruido se generen en la planta:

- Las características de las fuentes emisoras. (Equipos o actividades generadoras de ruido.)
- Las características del ruido en lo que respecta a magnitud y componentes de frecuencia. (Nivel sonoro promedio).
- Tiempo y repetición de la exposición de los trabajadores al ruido.
- Las alteraciones en la salud de los trabajadores que puedan derivarse de dicha exposición.
- Los métodos generales y específicos de prevención y control.

Como parte de las obligaciones legales del ingeniero es conveniente que conserve y mantenga actualizado el expediente de registro de los niveles sonoros continuos equivalentes y/o de ruido impulsivo según sea el caso, así como los tiempos de exposición de los trabajadores; con las fechas y horas en que se practiquen las evaluaciones respectivas, vigilar que no se rebasen los niveles máximos permisibles de exposición a ruido. En caso de detectar anomalías el ingeniero adoptara las medidas de seguridad que sean necesarias para cumplir con lo dispuesto anteriormente. Se le exhorta al ingeniero a cumplir con lo anteriormente citado para evitar problemas administrativos con las autoridades competentes en el momento de que se le requieran dichos controles.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TABLA 1. TIEMPO MÁXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICIÓN POR JORNADA DE TRABAJO EN FUNCIÓN DEL NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE.**

Tiempo T.M.P.E (horas)	dB(A) N.S.C.E.
8	90
4	93
2	96
1	99
0.5	102
0.25	105

T.M.P.E. = TIEMPO MAXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICION

N.S.C.E. = NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE

Es conveniente que Informe a sus trabajadores y la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene de las posibles alteraciones en la salud por la exposición a ruido y orientarlos sobre la forma de evitarlos o atenuarlos.

Parte del trabajo para mejorar las condiciones de ruido en las naves industriales recae en los mismos trabajadores, por lo que se requiere que colaboren en las medidas de evaluación y lleven a cabo las de control que se establezcan en los centros de trabajo donde desempeñen sus actividades. Cuando la exposición al riesgo requiera el equipo de protección personal auditivo deberá seguir las instrucciones dadas por el ingeniero encargado.

La Comisión Mixta de Seguridad e Higiene asignada en la industria colaborará en el desarrollo del programa de protección a la audición, así como, supervisará el uso del equipo de protección personal auditivo.

Las autoridades laborales, los administrativos y los trabajadores promoverán, mediante exámenes médicos iniciales y periódicos, el mejoramiento de las condiciones de salud de los trabajadores que vayan a estar o estén expuestos a ruido en los centros de trabajo, dichos exámenes se llevarán a cabo con la periodicidad que se requiera, de acuerdo a la exposición de cada caso.

Cuando la magnitud de los niveles de ruido, puedan alterar la salud de los trabajadores, según los niveles máximos permitidos de exposición referidos, se establecerá un programa de conservación de la audición, para lo cual deberán observar las siguientes medidas:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Modificar la maquinaria o equipo que este generando ruido capaz de causar daño a la salud de los trabajadores.
- Atenuar la magnitud del ruido utilizando técnicas y materiales específicos que no produzcan nuevos riesgos a los trabajadores, procurando:
- Aislar las fuentes emisoras y/o disminuir su propagación.
- Desarrollar un programa de utilización del equipo de protección personal auditivo.
- Manejar los tiempos de exposición de los diferentes trabajadores por jornada de trabajo mediante la rotación de los mismos, a efecto de no exceder los máximos permisibles.

Quando el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE) en los centros de trabajo, se encuentre comprendido entre 90 y 105 dB(A), el tiempo de exposición de los trabajadores, con jornada diaria de 8 horas, no excederá el consignado en la tabla No. 1. Para valores mayores de 105 dB(A) no se permitirá exposición alguna.

Quando se utilicen equipos de protección personal, en la aplicación de la tabla 1, se deberán considerar los niveles de atenuación que proporcionan dichos equipos, así como el tiempo que estos sean utilizados.

Los centros de trabajo de nueva creación deberán ser planeados, instalados, organizados y puestos en funcionamiento de modo que la exposición de los trabajadores a ruido no exceda los niveles máximos permisibles.

### **DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN DE RUIDO**

Para la determinación del nivel sonoro de ruido debe utilizarse alguno de los instrumentos siguientes:

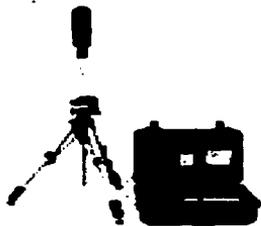
- Sonómetro clase 1 ó clase 2.
- Sonómetro integrador clase 1 ó clase 2.
- Medidor personal de exposición a ruido clase 1 ó clase 2.

Para la calibración en campo de la instrumentación se debe de utilizar un calibrador acústico, así mismo para efectuar la medición, se debe de contar con los elementos siguientes:

- Tripode de soporte para el sonómetro, sonómetro integrador o micrófono.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Reloj o cronómetro, externo o integrado al instrumento.
- Medidor de longitud.
- Pantalla contra viento.
- Formatos de registro correspondientes.



**fig. 5.1 SONÓMETRO CON TRIPIE**

Se debe de verificar periódicamente la calibración de la instrumentación por un laboratorio de calibración acreditado, y contar con el documento que avale dicha calibración, de conformidad con los procedimientos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Para realizar la calibración del sonómetro en campo se debe de calibrar la instrumentación por medio del calibrador acústico específico al equipo a utilizar, esto al inicio y al final de la jornada de medición, de acuerdo a lo indicado en el manual del fabricante. Los valores de la calibración deben anotarse en la hoja de registro correspondiente. Si se encuentra una diferencia de  $\pm 1$  dB o más, entre la calibración inicial y final, se deben anular los resultados de las mediciones de esa jornada.

El reconocimiento del área a analizar debe realizarse previamente a la evaluación. Consiste en recabar toda aquella información técnica y administrativa

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

que permita seleccionar el método de evaluación y la prioridad de las zonas y puestos por evaluar. Esta información debe comprender:

- Planos de distribución de las áreas en que exista ruido y de la maquinaria y equipo generadora de ruido.
- Descripción del proceso de fabricación.
- Descripción de los puestos de trabajo expuestos a ruidos.
- Programas de mantenimiento de maquinaria y equipo generadores de ruidos.
- Registros de producción.
- Número de trabajadores expuestos a ruidos por área y por proceso de fabricación, incluyendo el tiempo de exposición.
- Reporte del reconocimiento sensorial de las zonas por evaluar, con el objeto de determinar las características del ruido (estable, inestable o impulsivo)

La evaluación del Nivel Sonoro de Exposición de Ruido debe realizarse bajo condiciones normales de operación. La evaluación debe realizarse como mínimo durante una jornada laboral de 8 horas y en aquella jornada que, bajo condiciones normales de operación, presente la mayor emisión de ruido. Si la evaluación dura más de una jornada laboral, en todas las jornadas en que se realice se debe conservar las condiciones normales de operación.

Se debe usar pantalla contra viento en el micrófono de los instrumentos de medición, durante todo el tiempo que dure la evaluación.

#### **PUNTOS DE MEDICIÓN.**

Los puntos de medición deben seleccionarse de tal manera que describan el entorno ambiental de manera confiable, determinando su número, entre otros factores, por la ubicación de los puestos de trabajo o posiciones de control de la maquinaria y equipo del local de trabajo, el proceso de producción y las facilidades para su ubicación. Así mismo todos los puntos de medición de una zona de evaluación deben identificarse con un número progresivo y registrar su posición en el plano correspondiente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **MÉTODO DE GRADIENTE DE PRESIÓN SONORA.**

El punto inicial debe fijarse al centro de la zona de evaluación, registrándose el Nivel Sonoro Máximo (el cual debe utilizarse como referencia para iniciar la evaluación)

El observador se debe desplazar con el sonómetro en una trayectoria previamente determinada, hasta encontrar un Nivel Sonoro "A" que difiera  $\pm 3$  dB(A), respecto al punto de referencia, marcando en el plano de distribución este punto. El procedimiento se repite a lo largo de esa trayectoria, hasta cubrir completamente la trayectoria de evaluación. Los puntos de medición son aquellos que registren su Nivel Sonoro "A" con diferencia de  $\pm 3$  dB(A), del punto de medición contiguo; una vez concluida esa trayectoria, se procede de la forma descrita anteriormente, pero en forma transversal.

Las trayectorias de ubicación de puntos de medición deben hacerse en función de las características del local de trabajo y de la distribución espacial del campo sonoro, pero siempre debe garantizarse que se ha cubierto toda la zona de trabajo.

La distancia entre puntos de medición no debe ser mayor de 12 metros, cuando se han identificado todos los puntos de medición, debe procederse a su evaluación.

## **MÉTODO DE PRIORIDAD DE ÁREAS DE EVALUACIÓN.**

Del análisis de la información realizado en el reconocimiento sensorial, deben determinarse las zonas de evaluación, las zonas de trabajo identificadas con Nivel Sonoro "A" superior o igual a 80 dB(A), deben dividirse en áreas, guiándose por los ejes de columnas del plano de distribución de planta y cuidando que éstas no sean superiores a 6 metros por lado. No deben incluirse las áreas o pasillos de circulación.

Una vez efectuada la división, deben identificarse aquellas áreas en las que existan trabajadores, a las que se les denominará áreas de evaluación, las áreas de evaluación pueden ser jerarquizadas, exponiendo las razones en el registro de evaluación del estudio de niveles sonoros.

Los puntos de medición en las áreas de evaluación deben ubicarse en las zonas de mayor densidad de trabajadores. De no ser posible esta ubicación, deben localizarse en el centro geométrico de cada área.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **MÉTODO DE PUESTO FIJO DE TRABAJO.**

Para evaluar ruido en puesto fijo de trabajo, el punto de medición debe ubicarse en el lugar que habitualmente ocupa el trabajador o, de no ser posible, lo más cercano a él, sin interferir en sus labores.

Cuando los trabajadores realicen sus labores de pie, la altura del micrófono debe ser de  $1.45 \pm 0.10$  m, en relación al plano de sustentación de los trabajadores, cuando los trabajadores realicen sus labores sentados, la altura del micrófono debe colocarse al nivel medio de la cabeza de los trabajadores, cuando se utilice otra altura del micrófono, debe explicarse el motivo en el registro de evaluación.

Durante el período de observación en un punto de medición, el micrófono debe orientarse en aquella posición donde se registre el máximo Nivel Sonoro "A" del punto.

La ubicación del observador y la posición del micrófono no deben ser motivo para que sufran o causen un riesgo de trabajo y, en su caso, se debe utilizar un cable de extensión para el micrófono.

## **MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RUIDO ESTABLE POR MEDIO DE SONÓMETRO INTEGRADOR.**

Este método es aplicable cuando se ha determinado del reconocimiento inicial, que el ruido es estable durante toda la jornada de trabajo, y debe efectuarse durante dos períodos de observación, siempre y cuando las características del proceso no cambien durante la jornada de trabajo.

Cada período de observación debe tener una duración de 5 minutos, con 10 lecturas, durante un período de observación debe registrarse el Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" cada 30 segundos. En cada punto de medición, los períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada dos horas, debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro.

Para el registro de los Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" de todos los puntos de medición, debe utilizarse la hoja de registro ya presentada ó una similar.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Debe calcularse el Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" promedio del punto de medición, mediante la ecuación siguiente:

$$NSCE_{A,Ti} = 10 \log \frac{1}{20} \sum_{k=1}^{20} 10^{\frac{Nk}{10}}$$

donde:

**NSCE<sub>A,Ti</sub>** es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" promedio del punto de medición i

**Nk** es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" registrado

Se debe determinar el Nivel de Exposición de Ruido con la siguiente ecuación:

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n ti \frac{NSCE_{A,Ti}}{10} - 10 \log Te$$

donde:

**NSCE<sub>A,Ti</sub>** es el Nivel Sonoro Continuo de Ruido Equivalente "A" promedio del punto de medición i

**ti** es el tiempo de exposición en el punto de medición i

**Te** es el tiempo total de exposición

$$Te = \sum_{i=1}^n ti$$

= 8 horas

#### MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RUIDO INESTABLE POR MEDIO DE SONÓMETRO INTEGRADOR.

Este método es aplicable cuando en el reconocimiento sensorial se ha determinado que el ruido es inestable durante toda la jornada de trabajo. Sólo deben efectuarse tres periodos de observación.

Cada periodo de observación debe tener una duración de 5 minutos, con 10 lecturas, durante un periodo de observación debe registrarse el Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" cada 30 segundos. En cada punto de medición, los

períodos de observación deben repetirse aproximadamente cada dos horas, debe usarse la respuesta dinámica "RAPIDA" del sonómetro.

Para el registro de los Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A", de todos los puntos de medición, debe utilizarse el formato establecido ó uno similar.

Debe determinarse el Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" promedio del punto de medición mediante la ecuación siguiente:

$$NSCE_{ATi} = 10 \log \frac{1}{30} \sum_{k=1}^{30} 10^{\frac{Nk}{10}}$$

donde:

**NSCE<sub>ATi</sub>** es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente promedio del punto de medición i

**Nk** es el Nivel Sonoro Promedio Equivalente registrado

Se debe determinar el Nivel de Exposición de Ruido con la siguiente expresión:

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n ti 10^{\frac{NSCE_{A,ti}}{10}} - 10 \log Te$$

donde:

**NSCE<sub>A,ti</sub>** es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" promedio del punto de medición i

**ti** es el tiempo de exposición en el punto de medición i

**Te** es el tiempo total de exposición

$$Te = \sum_{i=1}^n ti$$

= 8 horas

#### MÉTODO PARA EVALUAR RUIDO IMPULSIVO POR MEDIO DE SONÓMETRO INTEGRADOR.

Este método es aplicable cuando se ha determinado del reconocimiento sensorial, que el ruido es impulsivo durante toda la jornada de trabajo. Sólo debe efectuarse un periodo de observación.

El periodo de observación debe tener una duración de 15 minutos, con 45 lecturas, durante un periodo de observación debe registrarse el Nivel Sonoro

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Continuo Equivalente cada 20 segundos. Debe usarse la respuesta dinámica "IMPULSO" del sonómetro.

Para el registro de los Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" de todos los puntos de medición, debe utilizarse la hoja de registro establecida ó una similar.

Debe calcularse el Nivel Sonoro Continuo Equivalente "A" promedio del punto de medición mediante la ecuación siguiente:

$$NSCE_{A,Ti} = 10 \log \frac{1}{45} \sum_{k=1}^{45} 10^{\frac{Nk}{10}}$$

donde:

**NSCE<sub>A,Ti</sub>** es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente promedio del punto de medición i

**Nk** es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente registrado

Se debe determinar el NER con la siguiente expresión:

$$NER = 10 \log \sum_{i=1}^n ti 10^{\frac{NSCE_{A,Ti}}{10}} - 10 \log Te$$

Donde:

**NSCE<sub>A,Ti</sub>** es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente promedio del punto de medición i

**ti** es el tiempo de exposición en el punto de medición i

**Te** es el tiempo total de exposición

$$Te = \sum_{i=1}^n ti$$

= 8 horas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# **CAPITULO 6. SONOMETRIA PERIMETRAL.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

Debido a que la emisión de ruido proveniente de las fuentes fijas altera el bienestar del ser humano, esto debido al daño producido con motivo de la exposición, (dependiendo de la magnitud y del número, por unidad de tiempo, de los desplazamientos temporales del umbral de audición), resulta necesario implementar metodológicas técnicas que permitan establecer límites máximos permisibles de emisión de este contaminante al medio ambiente.

Por lo anteriormente señalado y habiendo cumplido con el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, se ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-081-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido al medio ambiente por parte de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1994.

Esta norma oficial mexicana se aplica en la pequeña, mediana y gran industria, comercios establecidos, servicios públicos o privados, la citada norma establece dos técnicas para la realización de estudios de sonometría perimetral; de forma continua y semicontinua.

Debido a la experiencia acumulada por el que suscribe esta guía, es conveniente informarle al lector que la técnica semicontinua para establecer el nivel de emisión de ruido para fuentes fijas es mucho más práctica y sencilla, esto debido a que el verificador solo requiere del equipamiento básico de sonometría, no se necesita de equipos gratificadores, así mismo la corrida del estudio es mucho más sencilla, algunos verificadores podrían argumentar que el método semicontinuo genera un mayor margen de error debido a que el sonómetro solo registra de forma instantánea una lectura cada cinco segundos, pudiendo generar inexactitud debido a las variaciones significativas del nivel de ruido generado durante el tiempo que permanece cerrado el micrófono, sin embargo, los actuales equipos de sonometría, al realizar el muestreo semicontinuo, accionan de forma continua el micrófono durante los cinco segundos del muestreo, indicando en realidad el promedio de nivel sonoro registrado durante el tiempo señalado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ESTUDIO DE SONOMETRIA PERIMETRAL CONTINUO.

La metodología de Medición continua se define como la medición de un ruido fluctuante que se realiza sin interrupción durante todo el período de observación. Debe registrarse necesariamente en forma gráfica para su evaluación.

### INSTRUMENTACIÓN.

Es fundamental el contar con un equipo para medición de nivel sonoro con las siguientes características:

- La norma oficial mexicana NOM-081-ECOL-1994 exige la utilización de un sonómetro de precisión, así mismo, para su operación se requiere de un calibrador piezoeléctrico o pistófono específico al sonómetro empleado.
- Un impresor gráfico de papel o un registrador de cinta magnética.



fig. 6.1 SONOMETRO DE PRECISIÓN CON CALIBRADOR PIEZOELECTRICO

Puede ser utilizado el siguiente equipo opcional para la medición del nivel sonoro:

- Un cable de extensión del micrófono, con longitud mínima de 1 m
- Un trípode para colocar el micrófono o equipo receptor.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **METODOLOGÍA.**

La metodología para la realización del estudio de sonometría perimetral continua es la siguiente:

Se ajusta el sonómetro con el selector de la escala A y con el selector de integración lenta. Es importante resaltar que el sonómetro o micrófono debe presentar una inclinación de 45 grados, esto con la finalidad de que las corrientes de aire afecten mínimamente el muestreo, debido a que en esta posición el sonómetro presenta una menor área de resistencia con respecto al viento.

Previo a cada muestreo es requisito básico el calibrar el sonómetro de precisión a través del pistofono o calibrador, el pistofono será insertado en el micrófono del equipo, previamente se colocara el equipo en señal de calibración.



**fig. 6.2 CALIBRACIÓN DEL SONÓMETRO**

En caso de que el efecto del viento sobre la membrana del micrófono sea notorio se debe cubrir ésta con una pantalla contra el viento, sin embargo, al cubrir el micrófono con el protector se pueden alterar los resultados en aproximadamente cinco decibeles, el equipo corrige este margen de error al indicársele la presencia del protector.

El estudio de sonometría perimetral continuo debe contemplar el desahogo de los siguientes puntos:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Reconocimiento inicial de las inmediaciones en la cual se encuentra ubicada la fuente generadora de ruido, esto con la finalidad de detectar las zonas críticas o de máxima afectación.

Muestreo o medición en campo de los niveles máximos de ruido emitidos.

Procesamiento de los datos obtenidos en campo.

Elaboración del informe de medición aclarando el horario en el que se realizó el estudio.

La norma oficial mexicana indica que debe ser levantado un croquis que muestre la ubicación del predio donde se encuentre la fuente fija y la descripción de los predios con quien colinde.

Debe ser elaborado un informe en el cual se describan las actividades industriales de la nave que puedan ser una potencial fuente generadora de ruido. Se considera relevante indicar el tipo y capacidad de los equipos generadores de ruido.

Se realizara un croquis interno de la nave, indicando la ubicación de la maquinaria y/o los procesos potencialmente emisores de ruido.

#### **DETERMINACIÓN DE NIVEL SONORO DE FUENTE.**

Con el sonómetro funcionando, se realizara un recorrido por la parte externa de las colindancias de la fuente fija con el objeto de localizar la Zona Crítica o área aledaña a la parte exterior del predio donde se producen las mayores emisiones de energía acústica en forma de ruido. Se indican en el croquis como ZC.

Es factible la detección de varias zonas críticas, dentro de cada Zona Crítica (ZC) se ubicarán 5 puntos distribuidos vertical y/u horizontalmente en forma aleatoria, a 0.30 m de distancia del límite de la fuente y a no menos de 1.2 m del nivel del piso. En el caso de un equipo industrial, el cual afecte casas habitación contiguas, la toma de lecturas de ZC será realizada en el interior del domicilio afectado, con el sonómetro apuntando hacia el muro divisor que separa la fuente del área afectada.

La toma de lecturas debe ser realizada tomando en cuenta las condiciones normales de operación de la fuente fija.

Durante el lapso de emisión máxima se elige un período no inferior a 15 minutos para la medición para cada una de las zonas críticas detectadas, esto se debe a que el micrófono del sonómetro sé "abrirá" durante un lapso no menor a tres minutos en cada uno de los puntos de muestreo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se aconseja describir en el croquis los puntos de muestreo con las letras (A, B, C, D y E) para su identificación. La zona de emisión máxima se identificará con las siglas ZC y se agregará un número progresivo en el caso de encontrar más zonas de emisión máxima (ZC1, ZC2, etc.).

Debe colocarse el micrófono o el sonómetro en cada punto de medición apuntando hacia la fuente y mantenerlo fijo un lapso no menor de 3 minutos, durante el cual se registra ininterrumpidamente la señal. Al cabo de dicho período de tiempo se mueve el micrófono al siguiente punto y se repite la operación. Durante el cambio se detiene la grabación o almacenamiento de la señal, se indica en el equipo el cambio del punto. Antes y después de una medición en cada ZC debe registrarse la señal de calibración.



**fig. 6.3 SONÓMETRO ORIENTADO HACIA LA FUENTE, OBSÉRVESE LA INCLINACIÓN DEL EQUIPO PARA EVITAR INTERFERENCIA POR VIENTO**

En toda medición continua debe obtenerse un registro gráfico en papel, para lo cual debe conectarse el registrador de papel al sonómetro de medición y registrar la señal gráfica de cada punto medido, esto a través de una tira de papel continua, así mismo debe de graficarse la señal de calibración antes y después de la medición de cada Zona Crítica.

Si la fuente fija se halla limitada por confinamientos constructivos (bardas, muros, etc.), los puntos de medición deben situarse lo más cerca posible a estos elementos (a una distancia de 0.30 m), al exterior del predio, a una altura del piso no inferior a 1.20 m. Debe anotarse en el informe las condiciones del elemento

que produzcan los niveles máximos de emisión (ventanas, ventilas, respiraderos, puertas abiertas) si es que éstas son las condiciones normales en que opera la fuente fija.

Si el elemento constructivo a que se refiere el punto anterior no divide totalmente la fuente de su alrededor, el elemento es considerado como parcial, por lo que debe buscarse la zona de menor sombra o dispersión acústica.

Si la fuente fija no se halla limitada por confinamientos, pero se encuentran claramente establecidos los límites del predio (cercas, mojoneras, registros, etc.), los puntos de medición deben situarse lo más cerca posible a los límites exteriores del predio, a una altura del piso no inferior a 1.20 m.

Si la fuente fija no se halla limitada por confinamientos y no existe forma de determinar los límites del predio (maquinaria en la vía pública, por ejemplo), los puntos de medición deben situarse a un 1m de distancia de ésta, a una altura del piso no inferior a 1.20 m.

### **DETERMINACIÓN DE NIVEL SONORO DE FONDO**

El Nivel sonoro de fondo se define como el nivel sonoro que está presente en torno a una fuente fija que pretenda medirse producido por todas las causas excepto la fuente misma; el fondo puede ser considerado como el nivel de ruido ambiental presente sin la interferencia de la fuente generadora de ruido.

Para la toma de lectura de nivel sonoro de fondo se deben seguir los siguientes pasos:

Deben elegirse por lo menos 5 puntos aleatorios alrededor de la fuente y a una distancia **no** menor de 3.5 m, apuntando en dirección contraria a dicha fuente. Se aconseja describir los puntos con los números romanos (I, II, III, IV y V) para su identificación.

Debe recordarse que la norma oficial mexicana se presta a cierta interpretación, debido a la experiencia generada en la realización de estudios de sonometría perimetral se recomienda que durante el muestreo de fondo la fuente generadora de ruido NO opere, esto es con la finalidad de que no altere los datos recabados, en caso de que la fuente no pueda ser apagada se buscara un punto alejado de la fuente en el cual no se presente interferencia de la misma.

## DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN ACÚSTICA.

Se conoce como reducción acústica al decremento normalizado del nivel sonoro debido a la presencia de un elemento constructivo que impide su libre transmisión, su símbolo es  $R$ .

Para determinar el aislamiento o reducción acústica producido por un elemento constructivo común a la fuente fija y a un recinto alledaño debe realizarse el siguiente procedimiento:

Se eligen 5 puntos en el interior de la nave donde se ubica la fuente, a 2 m de distancia del elemento constructivo común coincidente con alguna de las zonas críticas medidas, se dirige el micrófono o el sonómetro hacia los generadores, es importante colocar el tripe a 1.2 m de altura, el sonómetro debe presentar una inclinación de 45 grados.

## PROCESAMIENTO DE DATOS DE MEDICIÓN

- 1.- Debe obtenerse el tiempo transcurrido en la medición para cada punto.
- 2.- Debe calcularse el nivel sonoro equivalente del periodo de observación medido por medio de la fórmula:

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{N}{10}} dt \quad (1)$$

Donde :  $N_{eq}$  = nivel equivalente de cada punto

$N$  = nivel fluctuante para cada punto

$T$  = período de observación

- 3.- Deben anotarse los valores de los niveles máximo absoluto y mínimo absoluto registrados en cada punto.
- 4.- Debe obtenerse el área bajo la curva registrada en la tira de papel continua para cada punto de medición. (Las ordenadas deben considerarse a partir del origen).

5.- Debe hacerse el cociente entre los valores obtenidos en los puntos 3 y 1. Este valor es la media de los niveles medidos y equivale al nivel 50 (N<sub>50</sub>), el cual es el límite inferior de todos los niveles sonoros presentes durante un lapso igual al 50% del período de observación.

6.- A partir del nivel máximo se trazan rectas paralelas al eje longitudinal de la tira de papel (eje de los tiempos) en pasos de -2 dB y se determina la amplitud de los intervalos bajo la curva registrada, que a una escala determinada del tiempo durante el que estuvo presente el nivel mínimo (-2 k) dB.

7.- Por una interpolación lineal de los 2 valores más cercanos a N<sub>10</sub> resultante del punto 5, debe obtenerse el nivel 10 (N<sub>10</sub>) (nivel que estuvo presente durante más del 10% del lapso total registrado).

8.- Debe calcularse la desviación estándar de la medición en cada punto por la fórmula:

$$\sigma = \frac{N_{10} - N_{30}}{1.2817} (2)$$

9.- Debe calcularse el promedio de los niveles N<sub>50</sub> y N<sub>10</sub> obtenidos en cada punto, además de obtenerse el promedio para todos los puntos

$$\overline{N_{50}} = \frac{\sum N_{50}}{n} (3)$$

$$\overline{N_{10}}$$

10.- Calcúlese la reducción acústica de un elemento constructivo (pared, barda, etc. del predio colindante) que divide totalmente a la fuente fija por medio de la fórmula:

$$R = N_d - N_{eq} + 10 \log \frac{S}{10} (9)$$

## CORRECCIONES

1.- Obténgase la corrección por presencia de valores extremos por medio de la fórmula:

$$c_r = 0.9023 \bar{\sigma}(10)$$

Donde:

$\bar{\sigma}$  = promedio de las desviaciones estándar para los puntos de medición de la fuente fija.

2.- Obténgase la diferencia del promedio de los N50 de la fuente fija y del ruido de fondo.

$$\Delta_{s0} = (N_{s0})_{fuente} - (N_{s0})_{fondo} (11)$$

3.- Si  $\Delta_{s0} \geq 0.75 \text{ dB}$  obténgase la corrección por ruido de fondo por medio de la fórmula:

$$c_f = -(\Delta_{s0} + 9) + 3\sqrt{4\Delta_{s0} - 3} (12)$$

4.- Corrija el N50 medio por extremos:

5.- Determinase el mayor del N'50 y (Neq)<sub>eq</sub> y llámese a este valor nivel de fuente fija N<sub>ff</sub>.

6.- Si la diferencia de los niveles N50 de fuente - N50 de fondo es mayor a 0.75 dB corrija el nivel de fuente fija por ruido de fondo.

$$(N')_{ff} = N_{ff} + c_f (14)$$

Si:

$$\Delta_{s0} < 0.75 \text{ dB} \quad \cdot \text{ La fuente fija no emite nivel sonoro.}$$

5.- Si existe un elemento constructivo total entre la fuente y la zona crítica coincidente corrija por aislamiento.

$$(N''')_{ff} = (N'')_{ff} + 0.5 - R (15)$$

La corrección por aislamiento y la determinación de la reducción acústica puede ser obtenida por métodos alternos, los cuales deberán mostrar su justificación técnica y práctica.

Se determinará que la emisión de la fuente fija es contaminante si el nivel sonoro que resulte supera el límite máximo permisible correspondiente al que se establece en la Tabla 1

**Tabla 1**

HORARIO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES
de 6:00 a 22:00	68 dB(A)
de 22:00 a 6:00	65 dB(A)

## INFORME DE MEDICIÓN

Es conveniente realizar un informe en el cual se desahoguen los siguientes puntos:

- Identificación total de la fuente fija. (Nombre o razón social, responsable, dirección).
- Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de colindancias, situación aproximada de la misma en el interior del predio y las zonas críticas de emisión máxima de nivel sonoro.
- Localización aproximada de los puntos de medición en el croquis anterior.
- Características de operación de la fuente fija indicando los horarios de emisión máxima.
- Tipo de medición realizada (continua o semicontinua).
- Equipo empleado, incluyendo marcas y número de serie.
- Nombres completos de las personas que realizaron la medición.
- Fecha y hora en la que se realizó la medición.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Otras eventualidades descriptivas (condiciones meteorológicas, obstáculos etc.)
- Valor de los niveles N50, N10
- Nivel medio del ruido de fondo medido.
- Corrección por ruido de fondo.
- Corrección por presencia de extremos.
- Corrección por aislamiento.
- Valor de nivel de emisión de la fuente fija.

Fig. 6.5

FIGURA 2A. CI  
DE ZONAS CR

ESTUDIO DE SONOMETRIA PERIMETRAL  
SEMICONTINUO.

Se define al estudio de sonometria perimetral semicontinuo como la medición de un ruido fluctuante que se realiza mediante la obtención aleatoria de muestras durante el período de observación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **EQUIPO PARA MEDICIÓN**

El equipo para medición del nivel sonoro es el siguiente:

- La norma oficial mexicana NOM-081-ECOL-1994 establece la utilización de un sonómetro de precisión, por lo consiguiente, para su operación se requiere de un calibrador piezoeléctrico o pistófono específico al sonómetro empleado.

Puede ser utilizado el siguiente equipo opcional para la medición del nivel sonoro:

- Un cable de extensión del micrófono, con longitud mínima de 1 m
- Un tripié para colocar el micrófono o equipo receptor.

## **TÉCNICA DE MUESTREO.**

La técnica para la realización del estudio de sonometría perimetral semicontinua es la siguiente:

Se ajusta el sonómetro con el selector de la escala A y con el selector de integración lenta. Es importante resaltar que el sonómetro o micrófono debe presentar una inclinación de 45 grados, esto con la finalidad de que las corrientes de aire afecten mínimamente el muestreo, debido a que en esta posición el sonómetro presenta una menor área de resistencia con respecto al viento.

Previo a cada muestreo es requisito básico el calibrar el sonómetro de precisión a través del pistófono o calibrador, el pistófono será insertado en el micrófono del equipo, previamente se colocara el equipo en señal de calibración.

En caso de que el efecto del viento sobre la membrana del micrófono sea notorio se debe cubrir ésta con una pantalla contra el viento, sin embargo, al cubrir el micrófono con el protector se pueden alterar los resultados en aproximadamente cinco decibeles, el equipo corrige este margen de error al indicársele la presencia del protector.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**fig. 6.6 SONÓMETRO CON PANTALLA CONTRA VIENTO**

El estudio de sonometría perimetral semicontinuo debe contemplar el desahogo de los siguientes puntos:

- Reconocimiento inicial de las inmediaciones en la cual se encuentra ubicada la fuente generadora de ruido, esto con la finalidad de detectar las zonas críticas o de máxima afectación.
- Muestreo o medición en campo de los niveles máximos de ruido emitidos.
- Procesamiento de los datos obtenidos en campo.
- Elaboración del informe de medición aclarando el horario en el que se realizó el estudio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**fig. 6.7 RECONOCIMIENTO INICIAL DE LA ZONA CON SONOMETRO ACTIVADO**

La norma oficial mexicana indica que debe ser levantado un croquis que muestre la ubicación del predio donde se encuentre la fuente fija y la descripción de los predios con quien colinde.

Debe ser elaborado un informe en el cual se describan las actividades industriales de la nave que puedan ser una potencial fuente generadora de ruido. Se considera relevante indicar el tipo y capacidad de los equipos generadores de ruido.

Se realizara un croquis interno de la nave, indicando la ubicación de la maquinaria y/o los procesos potencialmente emisores de ruido.

#### **DETERMINACIÓN DE NIVEL SONORO DE FUENTE.**

Con el sonómetro funcionando, se realizara un recorrido por la parte externa de las colindancias de la fuente fija con el objeto de localizar la Zona Crítica o área aledaña a la parte exterior del predio donde se producen las mayores emisiones de energía acústica en forma de ruido. Se indican en el croquis como ZC.

Es factible la detección de varias zonas críticas, dentro de cada Zona Crítica (ZC) se ubicarán 5 puntos distribuidos vertical y/u horizontalmente en forma aleatoria, a 0.30 m de distancia del límite de la fuente y a no menos de 1.2 m del nivel del piso. En el caso de un equipo industrial, el cual afecte casas habitación contiguas, la toma de lecturas de ZC será realizada en el interior del domicilio afectado, con el sonómetro apuntando hacia el muro divisor que separa la fuente del área afectada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La toma de lecturas debe ser realizada tomando en cuenta las condiciones normales de operación de la fuente fija.

Durante el lapso de emisión máxima se registrara cada cinco segundos el nivel de ruido emitido por la fuente, deben realizarse un total de treinta y cinco lecturas en cada uno de los cinco puntos elegidos. El muestreo debe realizarse en un tiempo no menor a quince minutos por zona crítica.

Se aconseja describir en el croquis los puntos de muestreo con las letras (A, B, C, D y E) para su identificación. La zona de emisión máxima se identificará con las siglas ZC y se agregará un número progresivo en el caso de encontrar más zonas de emisión máxima (ZC1, ZC2, etc.).

Debe colocarse el micrófono o el sonómetro en cada punto de medición apuntando hacia la fuente y mantenerlo fijo un lapso no menor a 1 minuto con veinticinco segundos, durante el cual se registran las 35 señales. Al cabo de dicho período de tiempo se mueve el micrófono al siguiente punto y se repite la operación. Antes y después de una medición en cada ZC debe registrarse la señal de calibración.



fig. 6.8 CALIBRADORES PIEZOELECTRICOS

Si la fuente fija se halla limitada por confinamientos constructivos (bardas, muros, etc.), los puntos de medición deben situarse lo más cerca posible a estos elementos (a una distancia de 0.30 m), al exterior del predio, a una altura del piso no inferior a 1.20 m. Debe anotarse en el informe las condiciones del elemento que produzcan los niveles máximos de emisión (ventanas, ventilas, respiraderos, puertas abiertas) si es que éstas son las condiciones normales en que opera la fuente fija.

Si el elemento constructivo a que se refiere el punto anterior no divide totalmente la fuente de su alrededor, el elemento es considerado como parcial, por lo que debe buscarse la zona de menor sombra o dispersión acústica.

Si la fuente fija no se halla limitada por confinamientos, pero se encuentran claramente establecidos los límites del predio (cercas, mojoneras, registros, etc.), los puntos de medición deben situarse lo más cerca posible a los límites exteriores del predio, a una altura del piso no inferior a 1.20 m.

Si la fuente fija no se halla limitada por confinamientos y no existe forma de determinar los límites del predio (maquinaria en la vía pública, por ejemplo), los puntos de medición deben situarse a un 1m de distancia de ésta, a una altura del piso no inferior a 1.20 m.

### **DETERMINACIÓN DE NIVEL SONORO DE FONDO**

El Nivel sonoro de fondo se define como el nivel sonoro que está presente en torno a una fuente fija que pretenda medirse producido por todas las causas excepto la fuente misma; el fondo puede ser considerado como el nivel de ruido ambiental presente sin la interferencia de la fuente generadora de ruido.

Para la toma de lectura de nivel sonoro de fondo se deben seguir los siguientes pasos:

Deben elegirse por lo menos 5 puntos aleatorios alrededor de la fuente y a una distancia no menor de 3.5 m, apuntando en dirección contraria a dicha fuente. Se aconseja describir los puntos con los números romanos (*I, II, III, IV y V*) para su identificación. Se toma el nivel de ruido generado por la fuente cada cinco segundos completando un total de treinta y cinco lecturas por cada punto a muestrear.

Debe recordarse que la norma oficial mexicana se presta a cierta interpretación, debido a la experiencia generada en la realización de estudios de sonometría perimetral se recomienda que durante el muestreo de fondo la fuente generadora de ruido NO opere, esto es con la finalidad de que no altere los datos recabados, en caso de que la fuente no pueda ser apagada se buscara un punto alejado de la fuente en el cual no se presente interferencia de la misma.

### **DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN ACÚSTICA.**

Se conoce como reducción acústica al decremento normalizado del nivel sonoro debido a la presencia de un elemento constructivo que impide su libre transmisión, su símbolo es *R*.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para determinar el aislamiento o reducción acústica producido por un elemento constructivo común a la fuente fija y a un recinto aledaño debe realizarse el siguiente procedimiento:

Se eligen 5 puntos en el interior de la nave donde se ubica la fuente, a 2 m de distancia del elemento constructivo común coincidente con alguna de las zonas críticas medidas, se dirige el micrófono o el sonómetro hacia los generadores, es importante colocar el tripie a 1.2 m de altura, el sonómetro debe presentar una inclinación de 45 grados. Deben tomarse treinta y cinco lecturas con un espaciamiento de cinco segundos entre cada lectura, se procede de esta forma en cada uno de los puntos señalados.

## PROCESAMIENTO DE DATOS DE MEDICIÓN

1.-Deben calcularse los niveles  $N_{50}$ ,  $N_{10}$  y la desviación estándar de las mediciones realizadas en cada punto, por las fórmulas siguientes:

$$N_{50} = \frac{\sum_i N_i}{n} (5)$$

Donde:  $N_i$  = nivel de observación  $i$   
y  $n$  = número de observaciones por punto de medición

2.-Debe calcularse el nivel equivalente para las observaciones en cada punto por la fórmula.

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_m 10^{\frac{N}{10}} (8)$$

Donde:  $m$  = Número total de observaciones  
 $N$  = Nivel observado

3.-Debe calcularse el nivel equivalente de los niveles equivalentes obtenidos para cada punto por la fórmula.

4.-Debe calcularse el promedio aritmético de los niveles  $N_{50}$ ,  $N_{10}$  y de la desviación estándar obtenidos para cada punto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5.-Calculése la reducción acústica de un elemento constructivo (pared, barda, etc. del predio colindante) que divide totalmente a la fuente fija por medio de la fórmula:

$$R = N_d - N_{eq} + 10 \log \frac{S}{10} (9)$$

Donde: R = reducción acústica del elemento en dB.

$N_d$  = nivel medido en el interior de la fuente

$N_{eq}$  = nivel equivalente en la Zona Crítica ZC; coincidente.

S = área del elemento común.

10 = absorción acústica normalizada del recinto receptor en Sabines métricos.

## CORRECCIONES

1.-Obtengáse la corrección por presencia de valores extremos por medio de la fórmula (y):

$$c_e = 0.9023 \bar{\sigma}(10)$$

Donde:

= promedio de las desviaciones estándar para los puntos de medición de la fuente fija.

2.- Obténgase la diferencia del promedio de los N50 de la fuente fija y del ruido de fondo.

$$\Delta_{50} = (N_{50})_{fuente} - (N_{50})_{fondo} (11)$$

3.-Si  $\Delta_{50} \neq 0.75 \text{ dB}$  obtengáse la corrección por ruido de fondo por medio de la fórmula:

$$c_f = -(\Delta_{50} + 9) + 3\sqrt{4\Delta_{50} - 3} (12)$$

4.- Corrijase el N50 medio por extremos:

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

5.-Determinése el mayor del  $N'_{50}$  y  $(N_{eq})_{eq}$  y llamése a este valor nivel de fuente fija  $N_{ff}$ .

6.-Si la diferencia de los niveles  $N_{50}$  de fuente -  $N_{50}$  de fondo es mayor a 0.75 dB corrijáse el nivel de fuente fija por ruido de fondo.

$$(N')_{ff} = N_{ff} + c_f (14)$$

7.-Si

$$\Delta_{50} < 0.75 \text{ dB} \quad , \quad \text{La fuente fija no emite nivel sonoro.}$$

#### CORRECCIÓN POR AISLAMIENTO.

1.-Si existe un elemento constructivo total entre la fuente y la zona crítica coincidente corrijáse por aislamiento.

$$(N'')_{ff} = (N')_{ff} + 0.5 - R (15)$$

2.-Se determinará que la emisión de la fuente fija es contaminante si el nivel sonoro que resulte de la determinación realizada supera el límite máximo permisible correspondiente al que se establece en la Tabla.

HORARIO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES
de 6:00 a 22:00	68 dB(A)
de 22:00 a 6:00	65 dB(A)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INFORME DE MEDICIÓN

Como lo establece la normatividad aplicable en la materia se requiere forzosamente del levantamiento de un informe de medición el cual debe contemplar los siguientes puntos:

- Identificación total de la fuente fija. (Nombre o razón social, responsable, dirección).
- Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de colindancias, situación aproximada de la misma en el interior del predio y las zonas críticas de emisión máxima de nivel sonoro.
- Localización aproximada de los puntos de medición en el croquis anterior.
- Características de operación de la fuente fija indicando los horarios de emisión máxima y la eventualidad en fuentes móviles internas.
- Tipo de medición realizada (continua o semicontinua).
- Equipo empleado, incluyendo marcas y número de serie.
- Nombres completos de las personas que realizaron la medición.
- Fecha y hora en la que se realizó la medición.
- Otras eventualidades descriptivas (condiciones meteorológicas, obstáculos etc.)
- Valor de los niveles N<sub>50</sub>, N<sub>10</sub> y el nivel equivalente de Neq si se trata de una medición semicontinua.
- Nivel medio del ruido de fondo medido y además el nivel equivalente del ruido de fondo si se trata de una medición semicontinua.
- Corrección por ruido de fondo.
- Corrección por presencia de extremos.
- Corrección por aislamiento.
- Valor de nivel de emisión de la fuente fija.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**FORMATO PARA EL MUESTREO DE FUENTE**

NOMBRE DE LA EMPRESA \_\_\_\_\_

DIRECCION \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

INICIO \_\_\_\_\_

TERMINO \_\_\_\_\_

ORIENTACIÓN DEL SONÓMETRO \_\_\_\_\_

MUESTRA	A dB(A)	B dB(A)	C dB(A)	D dB(A)	E dB(A)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**FORMATO PARA EL MUESTREO DE REDUCCIÓN ACÚSTICA**

**NOMBRE DE LA EMPRESA** \_\_\_\_\_

**DIRECCIÓN** \_\_\_\_\_

**INICIO** \_\_\_\_\_

**TERMINO** \_\_\_\_\_

**FECHA** \_\_\_\_\_

**ORIENTACIÓN DEL SONÓMETRO** \_\_\_\_\_

**ÁREA DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO COMÚN** \_\_\_\_\_

MUESTRA	a dB(A)	b dB(A)	c dB(A)	d dB(A)	e dB(A)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

**FORMATO PARA EL MUESTREO DE FONDO**

**NOMBRE DE LA EMPRESA** \_\_\_\_\_

**DIRECCION** \_\_\_\_\_

**FECHA** \_\_\_\_\_

**INICIO** \_\_\_\_\_

**TERMINO** \_\_\_\_\_

**ORIENTACION DEL SONOMETRO** \_\_\_\_\_

MUESTRA	I dB(A)	II dB(A)	III dB(A)	IV dB(A)	V dB(A)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

# CAPITULO 7: TÉCNICAS DE CONTROL.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## GENERALIDADES.

El control del ruido exige ante todo un perfecto conocimiento de sus características. Es necesario estar al tanto de su nivel, tiempo de duración, así como de su naturaleza (si es de tipo continuo, discontinuo o de impacto).

El aislamiento y la absorción del sonido son dos fenómenos distintos que obedecen a leyes dispares y que exigen el uso de material por lo general distinto: Un buen absorbente es casi siempre mal aislante, y viceversa.

El ruido, según se ha señalado anteriormente, se propaga. Esta propagación puede ser aérea o sólida. La primera utiliza el aire como medio de transmisión, la segunda los materiales sólidos (o líquidos) tales como estructuras, muros etc. Para un buen control de ruido es indispensable el correcto conocimiento de la vía de propagación, ya que los medios que se emplean para impedir una u otra propagación son muy distintos.

Como ejemplo se puede citar el ruido que un motor generador produce en el interior de una nave, si la propagación a través de los inmuebles continuos es por vía aérea, debe tratarse de aislar ambos locales entre sí, posiblemente con una pared mas gruesa. En cambio si el ruido se trasmite a través del piso (acompañado generalmente de vibraciones) lo más conveniente es cimentar adecuadamente el equipo generador a través de una plancha de hormigón sustentada sobre un elemento elástico.

Los ruidos generados en las industrias presentan la más grande variedad tanto en espectro como en nivel de duración.

La reacción que tiene el cuerpo humano a los ruidos continuos, discontinuos y de impacto es muy importante, ya que sus efectos varían.

Se considera ruido continuo a aquel que se genera a todo lo largo de la jornada laboral, el nivel máximo admisible varía con respecto al tiempo de exposición del trabajador. Si bien el ruido discontinuo se asemeja al ruido de impacto, la diferencia entre ambos es importante. El primero es un sonido continuo interrumpido, en cambio el ruido de impacto es siempre de duración muy breve.

El ruido de impacto es muy difícil medir y aislar, además de tener efectos psíquicos adversos, ya que los trabajadores no terminan acostumbrarse a ellos, como sucede con los ruidos continuos.

El oído humano cuenta con elementos de defensa en contra de los ruidos de nivel elevado, tiende a endurecer los músculos del tímpano y la cadena de huesecillos, pero, para que este mecanismo actúe es necesario que el ruido

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

persista. Si el ruido es de tipo impacto, el oído no alcanza a defenderse y por lo tanto el impacto actúa sobre un oído desprotegido.

Las fuentes sonoras son casi siempre complejas en lo que a su estructura se refiere. Además suelen tener varios componentes de distintos materiales, formas etc. Considérese como ejemplo las partes que componen un telar o un motor eléctrico.

Con el telar las fuentes del ruido son varias; el impacto de la lanzadera, el zumbido del motor, la transmisión, etc. El telar no es una fuente única de generación de ruido, sino la suma de varias fuentes, lo que explica su espectro complejo, además estas fuentes radian en diferente intensidad y distintas direcciones.

### **ABSORCIÓN SONORA.**

En los casos de control de ruidos interiores se señaló anteriormente como única metodología de control la absorción sonora, puesto que durante la propagación de las ondas sonoras dentro del recinto, estas se distribuyen en todas direcciones e inciden finalmente sobre las paredes, pisos y techo.

Si en estas superficies existe una cubierta de un material capaz de transformar dicha energía en calor (degradarla) cuando esta se refleje será menor y no podrá ayudar a elevar el nivel sonoro existente, en este caso el campo sonoro se debe únicamente a la radiación directa de la fuente.

La acción de degradar la energía cinética de la onda incidente se desarrolla en la superficie y en el interior de los materiales denominados absorbentes acústicos. Tales materiales pueden ser, o materiales homogéneos en los cuales las pérdidas se originan por frotamiento interno, es decir, deformaciones irreversibles, o sustancias porosas cuyos poros la atraviesen, en las cuales la energía se consume por frotamiento externo entre las partículas en movimiento del medio transmisor del sonido y el esqueleto del material poroso. En el primer caso la presión sonora es la causante de la deformación del material, mientras que en el segundo caso es la velocidad del sonido la magnitud decisiva para la pérdida.

Con una sola excepción no entran en consideración los materiales homogéneos impermeables al aire pues la resistencia de onda de las más ligeras sustancias sólidas son de un orden de magnitud mucho mayor que el del aire. Por el contrario las sustancias que permiten un gran rozamiento interno son las más apropiadas para la absorción sonora.

La excepción citada referente a los materiales absorbentes de sonido en el aire la constituyen las espumas de plástico blandas con poros cerrados, estas sustancias tampoco son en realidad homogéneas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El fenómeno de absorberencia acústica es bastante complejo, en el no solo intervienen los diferentes tipos de materiales, sino también la forma como están montados, el ángulo de incidencia de la onda sonora, el material instalado detrás del absorbente.

Es conveniente informar de los límites de la supresión de ruidos a través de la absorción acústica, esto debido a que la absorción actúa sobre los ruidos reflejados, en cambio los ruidos directos permanecen al mismo nivel, exista o no material absorbente, teóricamente la máxima absorción no sobrepasa los 9 dB.

Resumiendo, pese a que la reducción sonora que se puede obtener no es muy elevada, una disminución de 9 dB se percibe subjetivamente como si el nivel de ruido fuera reducido a la mitad. En el caso de niveles sonoros elevados, deben ser tratados combinando absorción con aislamiento.

Cuando una onda sonora incide sobre una superficie discontinua, parte de su energía se refleja, el resto es absorbida, al hablar de absorción únicamente nos interesa la energía incidente y reflejada, el fenómeno se entiende mejor al imaginar una ventana abierta, donde toda la energía es absorbida sin reflejarse hacia atrás.

La capacidad o bondad de absorción de un material acústico, resulta ser, la relación entre las energías absorbidas e incidente.

La medición del coeficiente de absorción sonora en forma directa es muy difícil, en cambio la presión sonora puede evaluarse con facilidad. En consecuencia las mediciones de absorción se realizan midiendo las presiones sonoras.

La medición de la absorción sonora mediante el método del tubo o Kundt, el cual permite medir la absorción que aparece cuando las ondas sonoras inciden sobre las muestras, para ser reflejadas posteriormente a lo largo del tubo hasta un micrófono, el cual, como se estableció anteriormente, mide el grado de presión sonora.

## **MÉTODO DEL TUBO PARA ABSORCIÓN SONORA**

La medición de la absorción mediante el método del tubo no es muy confiable debido a que durante la incidencia del sonido intervienen condiciones de azar, así mismo las muestras son muy pequeñas y poco representativas. Por otra parte no se pueden estudiar montajes absorbentes, esto se corrige utilizando cámaras de reverberación, recintos amplios de 200 metros cúbicos los cuales cuentan con cubiertas de materiales reflectantes como azulejos o mármoles dentro de los cuales se coloca el material en estudio y posteriormente se mide el tiempo de reverberación ( lapso de tiempo en el cual el nivel sonoro generado es interrumpido de forma brusca, sin embargo este no cae sino que baja de forma

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

gradual hasta niveles de ruido ambiental) antes y después de la colocación del material absorbente.

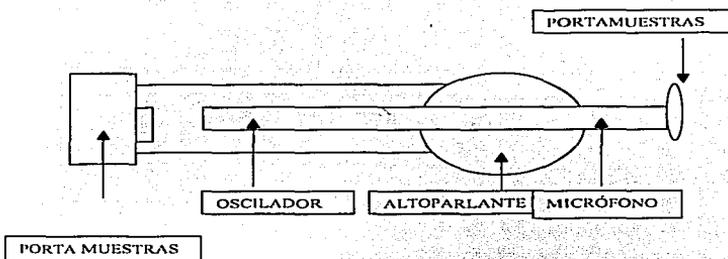


fig. 7.1 TUBO DE OSCILACIÓN SONORA

Así se obtiene el coeficiente de absorción para el material.

$$\alpha = 0.16 v / s (1/T_1 - 1/T_2)$$

S = Superficie de la muestra, V = Volumen de la cámara.  $T_1$  =reducción acústica después de introducir la muestra.  $T_2$  =r. acústica antes de la introducción de la muestra.

El coeficiente que se obtiene es el Sabine, y no tiene unidades. La medición de la absorción por este método es la que mas se aproxima al fenómeno físico que se produce en la practica, pero exige instalaciones e instrumental costosos.

El coeficiente de absorción sonora o Sabine se expresa en metros cuadrados de ventana abierta. Su máximo valor será uno, en cuyo caso se tratara de un absorbente ideal, este, al igual que una ventana abierta deja salir toda la energia sin reflejar nada.

A continuación en forma de ejemplo, se ilustran algunos valores de absorción sonora de la lana.

FRECUENCIA HZ.	125	250	500	1000	2000	4000
SABINE	0.20	0.25	0.35	0.40	0.50	0.75

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Un metro cuadrado de una alfombra de lana absorbe aproximadamente 0.20 metros cuadrados de una ventana abierta a 125 Hz y aproximadamente 0.75 metros cuadrados a 4000 Hz.

El trabajar con valores que dependen de la frecuencia se hace difícil, sobre todo cuando se trata de comparar materiales. Por esta razón se creó el factor NRC (Noise Reducción Coefficient - Coeficiente de Reducción Sonora.) Su valor es un promedio de 250, 500, 1000 y 2000 Hz.

$$\text{NRC} = (250 + 500 + 1000 + 2000)/4$$

Así por ejemplo, en el caso de la lana en cuestión tendremos que:

$$\text{NCR} = (0.25 + 0.35 + 0.40 + 0.50)/4 = 0.375$$

### **ABSORBENTES ACÚSTICOS.**

De acuerdo con la forma de absorber energía sonora se distingue entre materiales porosos, montajes resonantes y de membrana.

### **ABSORBENTES POROSOS.**

Como su nombre lo indica se trata de materiales más o menos esponjosos con cavidades de aire comunicadas entre sí, por ejemplo lana mineral o de vidrio, celotex, cortinados y alfombras, poliuretano etc.

En todos los materiales enumerados anteriormente el mecanismo de absorción consiste en la degradación de la energía sonora por el roce de las moléculas del aire contra las fibras del material. Debido a esto resulta imprescindible que el material sea poroso y permeable. Otro factor que influye en gran medida, es la resistencia al flujo que es el tiempo que tarda en pasar la unidad del aire por la unidad de superficie de la muestra al aplicar la unidad de presión.

Si se incrementa el espesor del material tiende a incrementarse la absorción del sonido, sin embargo esto tiene un límite, ya que el material no aumenta su absorción en forma proporcional con el espesor, después de unos 7.5 cm. El incremento en la capacidad de absorción es mínimo.

### **ABSORBENTES DE MEMBRANA.**

Al adosar a un absorbente poroso una membrana impermeable elástica, como madera terciada, plástico papel etc. Se modifican sus propiedades.

convirtiéndolo en absorbente de membrana. La **onda sonora** se pone en movimiento la membrana y esta a su vez mueve el **aire encerrado** detrás de ella. La membrana en si misma no es absorbente o lo es en **mínimo grado**, ya que no es permeable. De este modo el aire en movimiento **no puede penetrar** y degradar su energía por efectos del roce con los alvéolos del material, como sucede con los materiales porosos y permeables. La absorción se **realiza únicamente** por efectos del montaje de la absorción.

En la tabla siguiente se registra el efecto de **membrana** generado en una ventana.

**COEFICIENTE DE ABSORCION**

<b>MATERIAL</b>	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
<b>VENTANA</b>	35	25	18	12	7	4
<b>VIDRIO SIN MONTAR</b>	3	3	3	3	2	2

Para las frecuencias altas se utilizan casi siempre absorbentes porosos, para las frecuencias medias y bajas se recurre a los montajes de membrana o los absorbentes resonantes.

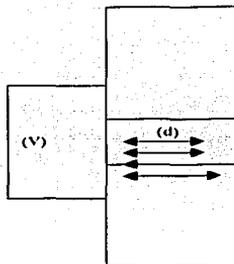
**ABSORBENTES RESONANTES**

Estos son absorbentes muy importantes ya que permiten la absorción selectiva de frecuencias. Debido a lo anteriormente señalado en los casos concretos de requerir una severa absorción para una frecuencia la única solución es el uso de absorbentes resonantes

**RESONADORES SIMPLES.**

El absorbente resonante más simple es el de Helmholtz, el cual tiene el valor histórico de haberse usado con la finalidad de bajar el tiempo de reverberación en las iglesias romanas antiguas, bajo la forma de potes embutidos en las paredes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**FIG. 7.2 RESONADOR DE HELMHOLTZ**

El resonador de Helmholtz consta de un recinto (V) comunicado con el exterior, mediante un tubo de menor sección denominado cuello de largo (d). La onda sonora incide sobre un orificio de entrada, provocando el desplazamiento de la masa encerrada dentro del cuello, que trasmite la presión al volumen contenido en el recinto. La menor sección del cuello hace que este tapón de aire se desplace aproximadamente como un todo, comprimiendo el aire del recinto.

Este conjunto se comporta como un sistema resonante donde el tapón acta como masa y el aire del recinto como resorte.

Para aumentar la disipación se deben colocar mallas metálicas atravesando el cuello, o elementos disipativos (lana de vidrio, espuma de poliuretano etc.) en el recinto del resonador.

### **RESONADORES ACOPLADOS.**

El resonador simple se usa poco por razones de economía y ello solo en frecuencias muy bajas, ya que entonces el recinto resulta de un gran volumen. En la práctica se recurre a los resonadores acoplados, que constan de varios resonadores simples con un solo recinto de volumen, igual a la suma de los volúmenes individuales. Una forma sencilla de generar un resonador acoplado es perforar un panel e instalarlo a cierta distancia de la pared.

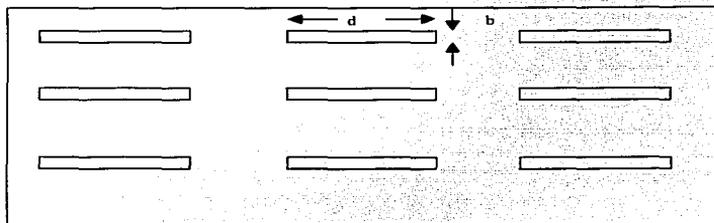
A continuación se muestra la formula para el caso de perforaciones circulares.

$$F_o = 2\pi/C \sqrt{n/100d(b+1.66)} \text{ Hz}$$

n= relación entre el área de perforación y el de la placa multiplicado por 100  
 b= espesor de la placa      r= radio de la perforación    d= distancia entre la placa y la pared.

### RESONADORES DE RANURA.

Siempre son la base de los resonadores acoplados, se han diseñado resonadores en forma de ranuras cortas o largas. En el caso de ranuras largas esta ocupan todo el largo de la placa.



PLACA FRONTAL CON RANURAS

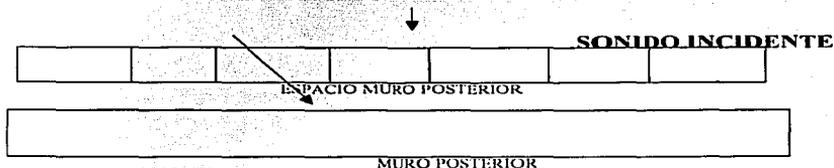


FIG. 7.3 RESONADORES DE RANURA.

## AISLAMIENTO SONORO.

El aislamiento sonoro consiste en impedir la propagación del mismo por medio de obstáculos deflectores, en contraposición se tiene el fenómeno de absorción sonora, es decir su anulación trasformándolo en calor. Sin embargo en la practica se observa que materiales aislantes sonoros presentan en menor medida absorción de las presiones acústicas.

El aislamiento sonoro es el medio que se emplea comúnmente cuando se requiere una reducción sustancial del nivel sonoro. Las aplicaciones más comunes son:

- Separación de dos recintos, uno ruidoso y el otro no (oficinas y área de producción.)
- Control de ruido de una maquina ruidosa.

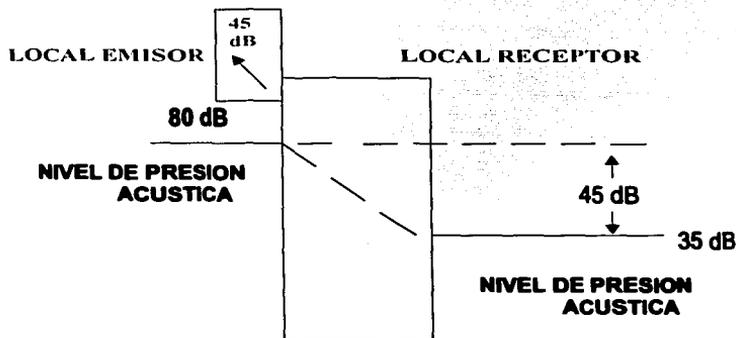


fig. 7.4 REDUCCIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA PROVOCADO POR UN MURO DIVISOR.

TEMA CON  
FALLA DE ORIGEN

## AISLAMIENTO AÉREO.

El aislamiento más común es el aislamiento aéreo, el cual trata las emisiones sonoras que utilizan este medio para propagarse. Es conveniente recordar que el aire es un medio transportador de ondas sonoras idóneo, debido a su capacidad de compresión.

El aislamiento de una partición (elemento constructivo) o la pérdida de transmisión como también se le denomina, es la relación logarítmica entre la energía transmitida e incidente y se define mediante las siguientes expresiones:

$$TL = 10 \text{ Log }_{10} L_{tr}/L_{in} = 10 \text{ Log}_{10} 1/t$$

$L_{tr}$  = energía transmitida     $L_{in}$  = energía incidente     $t$  = Coeficiente de transmisión.

## AISLAMIENTO ENTRE RECINTOS.

El aislamiento de un material o pérdida de transmisión, es la relación logarítmica entre la energía transmitida e incidente, se define como:

$$D_o = N_1 - N_2$$

$N_1$  = nivel sonoro del recinto donde se ubica la fuente     $N_2$  = nivel del recinto afectado

En el recinto ocupado por la fuente sonora se mide  $N_1$ , en el cuarto vecino se mide  $N_2$ , en donde fluye el nivel sonoro generado por la fuente, entre mayor sea la capacidad del material de aislar el sonido menor será el nivel sonoro registrado en  $N_2$

El aislamiento aéreo depende directamente de la frecuencia. El comportamiento de los elementos divisorios puede ser variable. Por lo general resulta más sencillo aislar frecuencias altas que bajas, por lo que se recomienda a efectuar las mediciones en todas las frecuencias útiles. (Por lo general entre los 125 y 4000 Hz ) así como representar los resultados de forma gráfica.

## AISLAMIENTO MEDIANTE DIVISIONES SIMPLES.

Este tipo de aislamiento es el que más se usa por su bajo costo y fácil colocación. Puede tomar la forma de una pared de ladrillos o de madera aglomerada. Su aparente sencillez encierra no obstante una serie de problemas, como la porosidad del material, elasticidad, perfecto ajuste etc..

El aislamiento que ofrece una división simple depende fundamentalmente de su densidad superficial, que es el producto de la densidad por el espesor.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$Q = pb$$

**Q = densidad superficial en Kg/m<sup>2</sup>**

**b = espesor en m**

**p = densidad en Kg/m<sup>3</sup>**

Esta expresión se deduce y confirma en forma teórica por múltiples mediciones. En la práctica se observa que cada vez que la densidad superficial se duplica el aislamiento sonoro aumenta aproximadamente 4dB. En cambio cuando se duplica la frecuencia este aumento es del orden de 4-6 dB.

Debido a que en la practica es tedioso realizar los cálculos pertinentes, se puede utilizar una curva empírica, esta es el resultado de las mediciones en varias muestras y representa un aislamiento de 500 Hz. En función de la densidad superficial.

#### AISLAMIENTO DE PARTICIONES SIMPLES

La siguiente tabla incluye densidades superficiales y aislamientos a diferentes frecuencias, para distintos materiales. La tabla ilustra como un determinado aislamiento se puede obtener con un material de densidad elevada y pequeño espesor, o con un material liviano pero de gran espesor.

MATERIAL	DENSIDAD Kg/m <sup>3</sup>	ESPESOR m	DENSIDAD SUPERFICIAL Kg/m <sup>2</sup>	FRECUENCIA Hz	AISLAMIENTO DB.
LADRILLOS	2000	0.100	200	500	53.00
LADRILLOS	2000	0.300	600	1000	68.60
VIDRIO	2500	0.006	15	500	30.50
VIDRIO	2500	0.012	30	500	36.50
PLOMO	11000	0.002	22	500	33.80

En la tabla se puede observar las densidades superficiales y aislamientos a diferentes frecuencias, para distintos materiales. La tabla ilustra como un determinado aislamiento se puede obtener con un material de densidad elevada y pequeño espesor, o con un material liviano pero de gran espesor.

Como regla mnemotécnica se pueden usar los siguientes pasos:

1. 100 Kg/m<sup>2</sup> a 500 Hz resultan en TL= 40 dB.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2. Cada vez que la densidad superficial o la frecuencia se doblan, TL se incrementa en 6 dB.
3. Cada vez que la densidad superficial o la frecuencia se divide por la mitad TL se reduce en 6 dB.

#### **PARTICIONES POROSAS.**

Es poco común realizar particiones utilizando material poroso, pero se puede dar el caso de que resultado de una mano de obra mal acabada lo provoque, ocurre frecuentemente que en un muro de mampostería la mezcla entre los ladrillos deje verdaderos huecos, en este caso la transmisión es mixta, la onda sonora incidente hace vibrar la partición y esta a su vez trasmite dicha vibración hacia el otro lado: Es interesante observar que en estos casos la onda atraviesa los muros por los huecos y pasa con muy poca atenuación, el resultado es desastroso.

#### **POSIBILIDAD DE RESONANCIA**

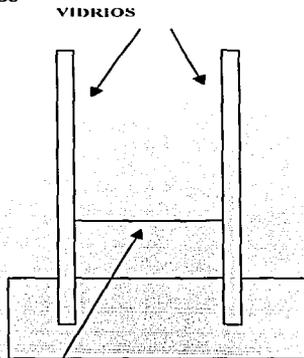
Todos los cuerpos cuentan con una frecuencia natural a la que vibran, cuando una vibración externa con la misma frecuencia afecta al sistema se presenta el fenómeno de resonancia, que en ciertos casos puede colapsar al cuerpo afectado. En el caso de las particiones cada uno de los paneles que las componen tienen su propia frecuencia de resonancia, en función de su masa y su elasticidad.

Una manera de bajar la frecuencia de resonancia consiste en separar las particiones entre si, así mismo introduciendo material fonoabsorbente como lana de vidrio o corcho.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## UNIÓN ENTRE PANELES.

Es importante cuidar la ausencia de puentes rígidos entre los paneles, en el caso de estar unidos rigidamente la vibración del panel 1 se transmitirá íntegramente al panel 2. Debido a esto se recomienda que las uniones de los paneles sean con materiales elásticos



MATERIAL FONODISSORBENTE

FIG. 7.5 AMORTIGUACIÓN DE PANELES.

## BARRERAS ACÚSTICAS PREFABRICADAS.

Actualmente existen en el mercado una serie de equipos y materiales diseñados específicamente para aislar máquinas que debido a su operación generan elevados niveles de ruido. Se dividen en:

CABINAS SONOAMORTIGUADAS

BARRERAS ACÚSTICAS PORTÁTILES

PASTA ANTIRUIDO

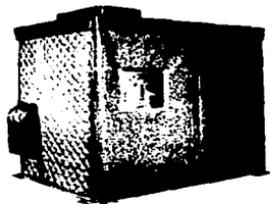
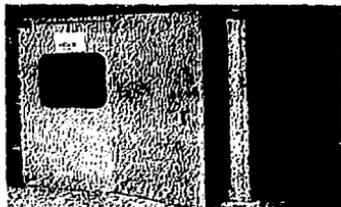
MATERIALES ACÚSTICOS DIVERSOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CABINAS SONOAMORTIGUADAS**

### **CARACTERÍSTICAS:**

1. Se fabrican a la medida del equipo generador de ruido.
2. Pueden ser instaladas en la intemperie.
3. Son utilizadas para el control de ruido generado por compresores, sopladores de aire, plantas de luz de emergencia, equipos donde se manejan volúmenes y movimientos importantes de aire.
4. Pueden ser usadas para crear áreas de trabajo silenciosas dentro de naves con alto nivel de ruido.
5. Protegen los equipos ubicados en áreas con niveles altos de polvos u otros materiales volátiles.
6. Este tipo de cabinas cuentan con una barrera de vinil reforzado de alta densidad y fibra de vidrio absorbente de 2" de espesor.
7. Cuando existen fuentes de ruido en ambos lados las casetas cuentan con una triple capa contra el ruido. Barrera de vinil reforzado de alta densidad rodeada de fibra de vidrio absorbente de 2" de espesor por un lado y 1" por el otro.



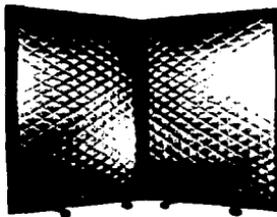
**fig. 7.6 CABINAS SONOAMORTIGUADAS DISPONIBLES EN EL MERCADO**

## **BARRERAS ACÚSTICAS PORTÁTILES**

Generalmente son comercializadas en forma de mamparas, estas se presentan en tres diferentes alturas de 1.80, 2.40 y 3.00 m. Con un ancho de 1.21 m.

Estas mamparas son de instalación sencilla y económica, así mismo son bastante efectivas, ya que reducen el nivel sonoro debido a que absorben las ondas sonoras y bloquean el paso de éstas hacia el resto del área afectada.

Se puede utilizar un conjunto de mamparas con la finalidad de formar una barrera acústica que puede ser reubicada con gran facilidad, la modularidad del sistema de mamparas permite adicionar tantos paneles como sea necesario.



**fig. 7.7 BARRERA ACÚSTICA PORTÁTIL**

## **PASTA ANTIRUIDO**

La pasta antiruido es un compuesto que disipa la energía vibracional de la estructura en donde se aplica, reduciendo así su emisión de ruido. Está formulada a base de agua por lo que no representa ningún peligro de fuego ni problema de emisiones, descargas o desechos de envases. La pasta antiruido se aplica generalmente en:

- Tolvas y cancelas metálicos
- Casetas de ventiladores y sopladores
- Techos metálicos
- Casetas de operadores y de control

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## MATERIALES EN ROLLO

Las colchas acústicas son de uso rudo industrial y seguro ante el fuego. Absorben las ondas sonoras en el aire con lo que se reducen sustancialmente los periodos de reverberación y niveles de ruido. Existen diversos modelos para satisfacer diversas necesidades de tratamiento acústico.

## MATERIALES EN PLACAS

Generalmente se comercializa en placas de 60 x 120 cm. x 1 1/2" de espesor. Estas placas están compuestas de fibra de vidrio de 1 1/2"espesor, hule espuma de alta densidad etc..



fig. 7.8 PLACAS DE MATERIALES FONOABSORBENTES

## RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL CONTROL DE RUIDO

1. Una reducción de ruido de 5 decibeles equivale a una disminución del 50% de la energía acústica.
2. La OSHA (Administración de Seguridad e Higiene Ocupacional de los E.U.A.) ha determinado que una reducción de 5dB representa también una disminución del 50% en el riesgo de pérdida auditiva por exposición a ruido.
3. Una reducción de 10 decibeles representa una disminución del 90% de la energía acústica y el sonido se percibe a la mitad de la intensidad.
4. Si Ud. desea lograr reducciones mayores de 32 dB se recomienda aislar la fuente emisora con casetas de acero con sello hermético.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5. En caso de realizar un tratamiento acústico del área (Reducción de Ruido: 6 a 9dBA) se deben colocar materiales absorbentes de ruido en muros y plafones del cuarto o nave.
6. No se requiere cubrir toda la superficie disponible, se recomienda dejar espacio para ductos e instalaciones eléctricas.
7. En caso de utilizar casetas, el diseño de las mismas debe considerar facilidad de acceso a la máquina y en caso de requerir techo la necesidad de iluminación y ventilación deben tomarse en cuenta. Como regla general la altura de las paredes será del doble de la altura de la máquina para no requerir del techo.

### COEFICIENTES DE ABSORCIÓN SONORA DE DIFERENTES MATERIALES

#### COEFICIENTE DE ABSORCIÓN SONORA A LA FRECUENCIA DE

NOMBRE DEL MATERIAL	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
HORMIGÓN EN BLOQUE	0.30	0.45	0.30	0.25	0.40	0.80
HORMIGÓN APLANADO	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
MURO DE LADRILLO APLANADO	0.013	0.015	0.020	0.028	0.04	0.05
MURO DE LADRILLO	0.024	0.025	0.032	0.042	0.05	0.07
ALFOMBRA DE GOMA	0.04	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
ALFOMBRA DE FIBRA VEGETAL	0.08	-----	0.17	-----	0.30	-----
ALFOMBRA DE FIBRA DE COCO	0.11	0.13	0.17	0.40	0.29	0.29
ALFOMBRA CON FIELTRO	0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.27
MOQUETA	0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.27
MOQUETA SOBRE SUELO DE CEMENTO	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37
MOQUETA SOBRE 3 mm DE FIELTRO	0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.25
MOQUETA SOBRE PARED	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37
MOQUETA/FIELTRO SOBRE HORMIGÓN	0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.25
FIELTRO CON TABLA DE MADERA DE 2 cm	0.11	0.13	0.28	0.45	0.29	0.29
MOQUETA DE GOMA SOBRE HORMIGÓN	0.04	0.04	0.08	0.12	0.13	0.10

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

NOMBRE DEL MATERIAL.	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
TELA SOBRE MURO	0.05	0.08	0.12	0.22	0.32	-----
TELA ARPILLERA SOBRE MADERA	0.30	0.27	0.27	0.26	0.15	-----
TEJIDO DE ALGODÓN DE 360 gr. /m	0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
CONTACHAPADO DE MADERA SOBRE MURO	0.05	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
CONTRACHAPADO DE MADERA A 5 cm DEL MURO	0.18	0.25	0.24	0.10	0.10	0.10
CONTRACHAPADO DE MADERA DE 6 mm Y 5 mm DEL MURO	0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	-----
CORCHO	0.12	0.27	0.75	0.79	0.76	0.77
ENTARIMADO DE MADERA	0.09	0.09	0.08	0.09	0.07	-----
FIBRA DE MADERA COMPRIMIDA	0.04	0.24	0.54	0.88	0.53	0.70
FIBRA DE VIDRIO	0.38	0.63	0.78	0.87	0.83	0.77
FIBRA DE VIDRIO AFIELTRADA	0.75	0.96	0.96	0.90	0.84	0.81
	0.02	0.04	0.10	0.21	0.57	0.92
FIELTRO LIGERO						
FIELTRO DE PELO	0.18	0.36	0.71	0.76	0.82	0.85
FIELTRO DE LANA	0.09	0.34	0.55	0.56	0.52	0.39
LANA MINERAL	0.47	0.53	0.60	0.62	0.58	0.56
LANA MINERAL CON CUBIERTA DE METAL PERFORADO CON 10 ABERTURAS DE 15 mm DE DIÁMETRO EN CADA cm CUBICO	0.09	0.25	0.48	0.66	0.57	0.47
LANA MINERAL CUBIERTA CON YESO	0.28	0.37	0.40	0.38	0.39	-----
LANA MINERAL CON PANTALLA PERFORADA	0.31	0.50	0.70	0.41	0.29	-----
LANA DE VIDRIO	0.32	0.40	0.51	0.60	0.65	0.60
LINOLEO	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04	0.04
LOSETA DE YESO	0.02	0.05	0.06	0.08	0.04	0.06
MADERA BARNIZADA	0.05	-----	0.03	-----	0.03	-----
MADERA SIMPLE	-----	0.16	0.13	0.10	0.06	0.05
MADERA DE PINO BARNIZADA CON 5cm DE CAMARA RELLENA DE FIBRA DE VIDRIO	0.61	0.65	0.24	0.12	0.10	0.07

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**CAPITULO 8: TÉCNICAS DE  
MEDICIÓN Y CONTROL DE RUIDO  
APLICADO A LA EMPRESA  
SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.**

## **RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA**

Planteando la necesidad de los ingenieros encargados del área de seguridad, higiene y ecología de contar con una guía técnica en materia de ruido industrial que les proporcione los conocimientos básicos en el control y/o eliminación de dicho problema.

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

Actualmente la mayoría de los ingenieros mecánicos egresados carecen de los mínimos conocimientos en materia de seguridad industrial y medio ambiente, sin embargo, debido a los parámetros exigidos por los programas de certificación de calidad en la industria, en los cuales la salud de los trabajadores y la protección del medio ambiente son básicos, las empresas asignan la implementación y cumplimiento de estas medidas a ingenieros mecánicos e industriales, en el caso del ruido industrial, el desconocimiento de la materia provoca que el ingeniero encargado implemente medidas inadecuadas, las cuales no mitigan el efecto de la polución sonora en el interior de los recintos fabriles, así mismo se vuelve vulnerable a posibles sanciones de las autoridades municipales, estatales y federales debido al incumplimiento de la normatividad vigente.

En los capítulos anteriores se analizó el fenómeno de propagación sonora, la naturaleza del ruido, su clasificación, efectos de la exposición del ser humano al mismo, los tipos de equipos utilizados para su medición, así mismo se mostraron las técnicas de medición tanto de ruido laboral como ambiental, finalmente se mencionaron las técnicas para su control o eliminación, sin embargo el ingeniero encargado de mitigar este problema podrá observar que el estudio del fenómeno, así como la implementación de las medidas de control varían notablemente con respecto a la teoría.

Debido a lo anteriormente señalado es vital el mostrar un ejemplo práctico en el cual se presenten ambos fenómenos, ruido laboral y problemas de contaminación sonora en los inmuebles aledaños a la nave fabril. En dicho estudio se pretendió mostrar las técnicas más prácticas y sencillas para el muestreo de ruido, así como la metodología para la solución del mismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **ANTECEDENTES.**

La finalidad del estudio fue verificar la posible afectación por ruido que genera la empresa Sordo Noriega S.A de C.V. al domicilio localizado en calle Hacienda de Zotoluca No. 311 Fraccionamiento Hacienda de Echegaray, Naucalpan de Juárez Estado de México. La parte posterior de dicho predio colinda con la citada empresa. El estudio de sonometría perimetral se realizó debido a las constantes quejas manifestadas por el titular de la casa habitación. Así mismo se realizó un estudio de sonometría laboral para verificar el cumplimiento de la normatividad aplicable.

Se elaboró el estudio de sonometría perimetral de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-081 ECOL-1994. La metodología de análisis de ruido laboral se llevo a cabo de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-011 STPS -2002. El citado estudio se realizó de las 11:45 hrs. a las 13:15 hrs. del día 19 de febrero del año 2002.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ESTUDIO DE SONOMETRIA PERIMETRAL (RUIDO AMBIENTAL)

### NOMBRE DE LA EMPRESA:

Vidrios Sordo Noriega S.A. de C.V.

### DIRECCIÓN:

Via Gustavo Vaz Prada no. 211  
Col Echegaray  
Naucalpan México  
C.P. 53300

### UBICACIÓN DE LA FUENTE:

Se anexa croquis de localización.

### COLINDANCIAS:

AL NORTE: Calle Hacienda de Atenco  
AL SUR: Hacienda Valparaiso  
AL ESTE. Via Bustavo Baz  
AL OESTE.: Hacienda de Zotoluca.

### CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA:

Se anexa croquis de ubicación interna de la maquinaria

Se anexa tabla de relación de las principales fuentes generadoras de ruido en la planta.

### CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LA MAQUINARIA:

Los principales equipos generadores de ruido consisten en canteadoras de vidrio, compresores recíprocos, máquinas de sand-blasteo así como de una máquina templadora de vidrio, las cuales operan de forma constante a lo largo de toda la jornada laboral. Sin embargo, las máquinas que debido a su ubicación y nivel de ruido generado son de mayor interés para este estudio consisten en las canteadoras y las máquinas templadoras, debido a que se ubican en la colindancia con las casas habitación aledañas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### **HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINARIA:**

La maquinaria que existe en la planta trabaja de lunes a viernes de 8:00 a.m. a las 17:00 p.m. y sábado de 9:00 a.m. a 13:00 p.m.

#### **DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO:**

No existe un proceso de producción establecido, debido a que los equipos utilizados en la empresa son utilizados para operaciones unitarias las cuales no necesariamente guardan relación. (Esto debido a que el giro de la empresa es exclusivamente acabados)

#### **PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.**

Semicontinua

#### **NORMA UTILIZADA.**

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-081 ECOL-1994.

#### **EQUIPO UTILIZADO**

Sonómetro marca Larson y Davis.

Modelo: DSP 081

No. de serie: 0898

#### **CALIBRADOR**

Marca Larson y Davis.

Modelo CAL200

No. de serie: 0898

#### **TRIPIE**

Altura del micrófono 1.25 m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## RESULTADOS DE LA MEDICIÓN.

Se procedió a realizar la toma de lecturas en cinco puntos de la zona crítica o de máxima emisión de ruido localizada en el patio trasero de la vivienda afectada, esto de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-081 ECOL-1994. El sonómetro se colocó a 0.30 m del límite del predio a 1.25 m de altura dirigiéndolo hacia la fuente. (Ver croquis anexo)

### LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE RUIDO DE FONDO.

Se realizó la toma de lecturas de fondo en cinco puntos de la calle Hacienda de Zotoluca. Es conveniente informar que la empresa Sordo Noriega S.A. de C.V. ya contaba con un estudio de sonometría perimetral realizado por la consultoría SHEISA, Servicios de Calidad e Higiene, con fecha de ingreso 5 de marzo del 2001. El estudio del citado laboratorio contempla la toma de la lectura de fondo No. 5 en la Vía Gustavo Baz Prada, (la cual es una vialidad de tráfico pesado). Esta toma de lectura disparó el nivel promedio de ruido de fondo, dicha lectura NO refleja el nivel de ruido de fondo existente en la calle donde se encuentra la vivienda afectada, ya que dicha vialidad es de baja circulación de vehículos automotores. La utilización de ese criterio erróneo por parte del laboratorio permitió acreditar sobradamente a la empresa en el citado estudio.

### LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE REDUCCIÓN ACÚSTICA.

Así mismo se realizó la toma de lectura para la determinación de la reducción acústica del elemento constructivo común entre la vivienda afectada y el equipo generador de ruido. El área del muro divisor entre la empresa y la casa habitación es de 8 metros cuadrados.

Tomando todos los factores anteriormente señalados se procedió a realizar la determinación del nivel de fuente fija (se anexa la misma),

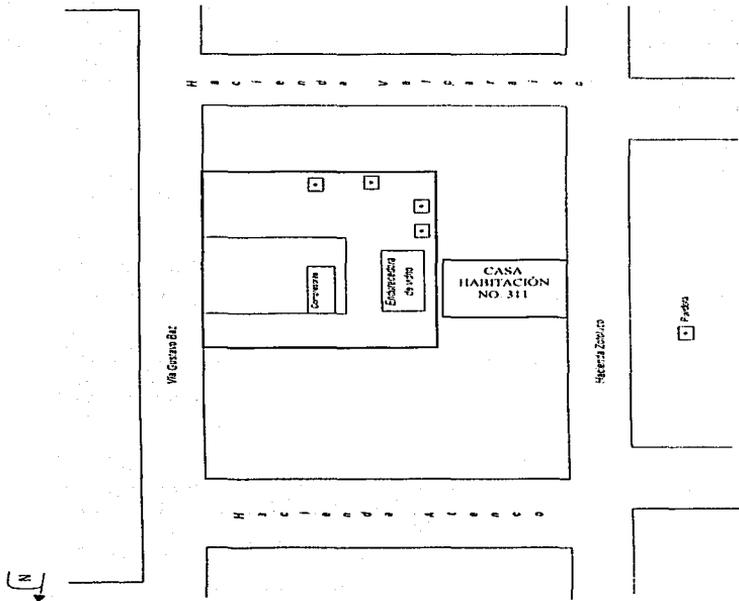
CARACTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES FUENTES EMISORAS DE RUIDO HACIA LA COLINDANCIA

CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	HORARIO	ENERGÍA Y/O COMBUSTIBLE EMPLEADO	CAPACIDAD
	4	CANTEADORA DE VIDRIO	NO ESPECÍFICA	8-17:00 HRS	ELÉCTRICA
1	ENDURECEDORA DE VIDRIO	TAMGLASS TEMPERING SYSTEM INC.	8-17:00 HRS	ELECTRICA	4 MOTORES DE 400 HP.
2	COMPRESORES	NO ESPECÍFICA	8-17:00 HRS	ELECTRICA	10 HP
1	SAND-BLASTEADORA	NO ESPECÍFICA	8-17:00 HRS	ELECTRICA	NO ESPECÍFICA

NIVEL MEDIDO A 1 m DE DISTANCIA DE LA FUENTE RUIDOSA.

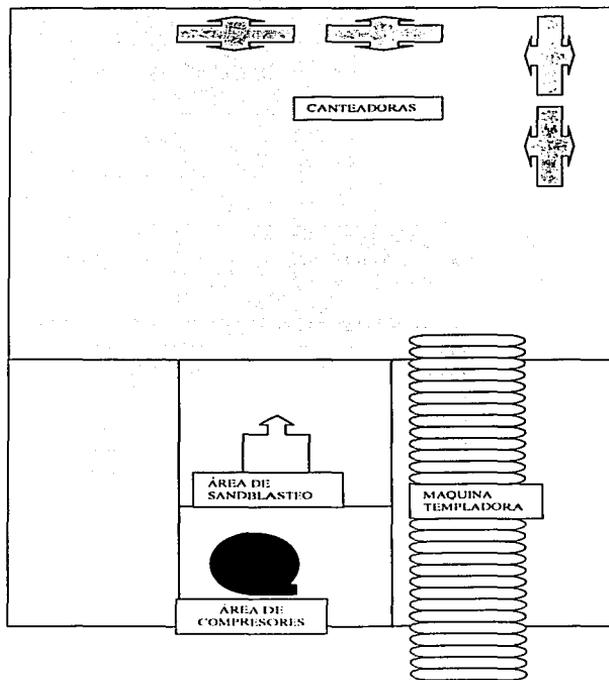
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LA FUENTE



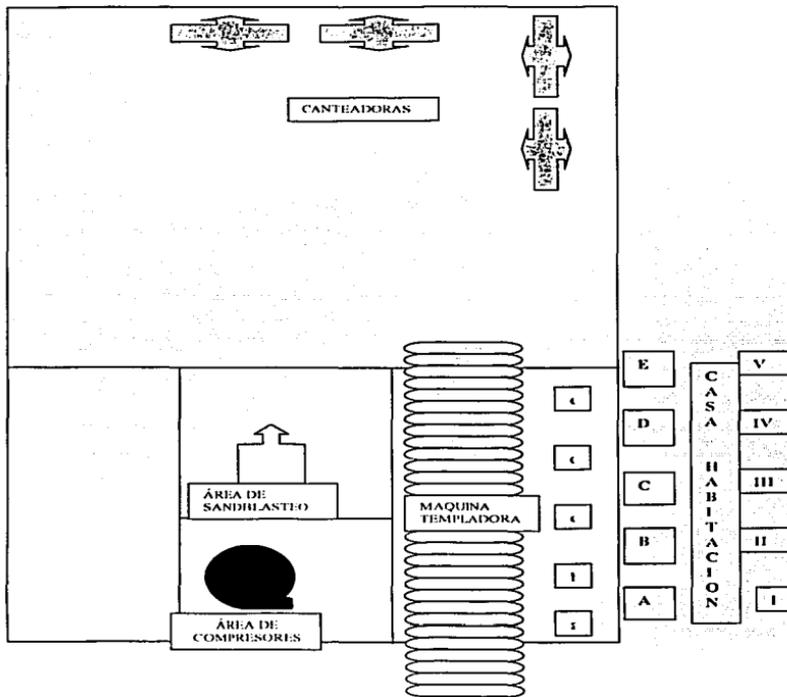
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## UBICACIÓN INTERNA DE LA MAQUINARIA



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE LECTURA DE FUENTE (A,B,C,D,E), LECTURA DE FONDO ( I, II, III, IV, V ) Y REDUCCIÓN ACÚSTICA ( a,b,c,d,e).**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**RUIDO DE FUENTE (ZONA CRÍTICA)**

COMPañÍA: SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.

INICIO DE LA MEDICIÓN: 11:10 HRS CALIBRACIÓN: 114.0 MEDICIÓN: DIURNA

FINAL DE LA MEDICIÓN: 11:40 HRS CALIBRACIÓN: 114.0 FECHA: 19/02/02

ALTURA: 1.25 m

DISTANCIA: 0.30m

POSICIÓN: HACIA LA FUENTE

MUESTRA	A dB(A)	B dB(A)	C dB(A)	D dB(A)	E dB(A)
1	52.6	54.6	57.0	56.7	58.3
2	52.7	56.6	56.0	56.2	62.6
3	53.7	53.5	55.0	57.7	63.9
4	54.8	53.7	55.0	55.2	61.4
5	55.3	56.1	54.0	55.8	60.5
6	53.4	53.1	55.2	55.9	58.4
7	55.1	54.0	55.8	56.3	57.5
8	53.6	55.2	56.4	56.4	56.8
9	54.7	54.2	55.8	55.0	57.2
10	53.3	54.3	55.1	55.1	57.6
11	53.3	54.0	55.6	54.9	57.3
12	52.8	54.8	54.3	54.4	56.4
13	52.9	54.0	55.9	54.6	56.6
14	54.2	53.7	55.8	55.2	55.9
15	53.8	54.3	55.6	55.6	55.9
16	53.3	54.3	56.2	58.6	56.2
17	55.2	53.7	55.4	57.5	55.9
18	53.7	54.2	56.3	57.9	55.6
19	52.4	54.4	57.0	57.7	55.6
20	53.5	53.6	55.3	58.4	56.8
21	52.1	55.4	55.2	58.7	57.7
22	51.9	54.0	55.2	57.1	57.2
23	52.1	54.1	55.1	57.6	56.5
24	53.6	53.8	55.4	56.9	55.4
25	53.7	55.2	54.7	56.9	56.5
26	54.2	55.8	55.6	56.5	55.7
27	54.3	55.9	55.6	57.1	56.6
28	53.9	55.2	54.5	56.2	57.1
29	52.7	54.8	56.0	56.3	56.9
30	53.8	54.6	55.2	57.0	58.5
31	55.7	54.5	54.4	58.0	57.5
32	54.4	54.2	54.9	57.7	57.0
33	54.7	54.0	55.7	59.0	56.5
34	56.1	54.4	55.0	58.2	57.4
35	54.7	53.3	54.9	58.3	56.6

TESIS CON  
FALLA DE URGEN

Deben calcularse los niveles N<sub>50</sub>, N<sub>10</sub> y la desviación estándar de las mediciones realizadas en cada punto, por las fórmulas siguientes:

$$N_{50} = \frac{\sum_i N_i}{n} (5)$$

Donde: N<sub>i</sub> = nivel de observación i  
y n = número de observaciones por punto de medición

PUNTOS	A	B	C	D	E
N <sub>50</sub>	53.8	54.4	55.4	56.8	57.4

$$N_{10} = \sum_i i N_i / n \quad (5)$$

PUNTOS	A	B	C	D	E
N <sub>10</sub>	55.1	55.5	56.3	58.4	59.9

Debe calcularse el nivel equivalente para las observaciones en cada punto por la fórmula.

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_m 10^{\frac{N}{10}} (\delta)$$

Donde: m = Número total de observaciones  
N = Nivel observado

PUNTOS	A	B	C	D	E
N <sub>eq</sub>	53.9	54.5	55.5	56.9	58.0

Desviación estándar:

PUNTOS	A	B	C	D	E
$\frac{\sigma_{s-1}}{D}$	1.0	0.8	0.7	1.3	1.9

Debe calcularse el promedio aritmético de los niveles N<sub>50</sub>, N<sub>10</sub> y de la desviación estándar obtenidos para cada punto.

(N <sub>eq</sub> ) <sub>eq</sub>	56.0
$\bar{N}_{s-1}$	55.6
$\bar{\sigma}_{s-1}$	1.1
$\bar{N}_{s-1}$	57.0

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**REDUCCIÓN ACÚSTICA**

**COMPAÑÍA: SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.**

**INICIO DE LA MEDICIÓN: 11:40 HRS. CALIBRACIÓN: 114.0 MEDICIÓN: DIURNA**

**FINAL DE LA MEDICIÓN: 12:10 HRS CALIBRACIÓN: 114.0 FECHA: 19/02/02**

**ALTURA: 1.25 m DISTANCIA: 0.30m POSICIÓN: HACIA LOS GENERADORES**

**ÁREA DEL ELEMENTO CONSTRUCTIVO COMÚN: 8 m<sup>2</sup>**

MUESTRA	a dB(A)	b dB(A)	c dB(A)	d dB(A)	e dB(A)
1	99.0	102.6	108.7	89.9	86.1
2	98.7	102.7	107.6	90.5	86.6
3	98.7	102.4	107.4	91.9	86.4
4	99.1	102.3	107.2	91.6	88.3
5	99.1	102.5	106.2	91.2	86.3
6	98.1	102.2	106.9	90.4	87.2
7	98.9	102.8	107.4	89.7	86.9
8	99.2	102.0	108.1	90.0	86.8
9	99.1	103.0	107.3	90.9	86.7
10	99.0	102.3	108.2	90.5	86.4
11	99.1	102.1	107.3	90.2	87.2
12	98.9	102.4	107.5	98.6	87.4
13	98.9	103.1	108.3	90.2	87.4
14	98.4	102.8	107.7	89.6	87.8
15	98.5	103.4	107.6	89.2	87.2
16	98.9	103.2	108.0	89.7	88.4
17	98.6	103.1	106.9	89.8	87.4
18	98.5	103.0	107.4	89.8	87.8
19	98.5	102.4	107.6	90.8	87.1
20	99.0	102.8	107.4	90.2	86.0
21	98.6	103.0	107.1	89.5	86.0
22	98.5	103.0	107.7	89.4	86.3
23	99.1	103.2	107.6	89.2	85.8
24	98.7	102.7	107.6	89.4	86.3
25	98.9	102.8	107.6	89.5	86.6
26	98.8	102.7	107.7	89.4	86.9
27	99.2	103.0	108.1	89.7	86.2
28	98.6	102.6	107.6	89.5	86.0
29	98.5	102.4	107.6	91.4	86.1
30	99.0	102.4	107.5	91.7	87.0
31	98.8	102.8	107.9	89.5	86.3
32	99.0	102.9	107.9	89.8	86.5
33	99.0	102.8	107.8	89.3	86.2
34	99.0	102.6	107.8	89.1	86.8
35	98.6	102.5	107.1	90.2	86.6

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Deben calcularse los niveles N50, N10 y la desviación estándar de las mediciones realizadas en cada punto para la reducción acústica:

$$N_{50} = \sum_i N_i / 5 \quad (5)$$

Donde: N<sub>i</sub> = nivel de observación i  
y n = número de observaciones por punto de medición

PUNTOS	a	b	c	d	e
N50	98.8	102.7	107.6	90.3	86.8

$$N_{10} = \sum_i N_i / n \quad (5)$$

PUNTOS	a	b	c	d	e
N10	99.2	103.13	108.16	92.41	87.61

Debe calcularse el nivel equivalente para las observaciones en cada punto por la fórmula.

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_m 10^{\frac{N}{10}} \quad (8)$$

Donde: m = Número total de observaciones  
N = Nivel observado

PUNTOS	a	b	c	d	e
N <sub>eq</sub>	98.8	102.7	107.6	90.8	86.8

Desviación estándar:

PUNTOS	a	b	c	d	e
$\sigma_{n-1}$	0.3	0.3	0.5	1.6	0.7

Debe calcularse el promedio aritmético de los niveles N50, N10 y de la desviación estándar obtenidos para cada punto.

(N <sub>eq</sub> ) <sub>eq</sub>	102.3
$\bar{N}_{50}$	97.2
$\sigma_{n-1}$	0.7
$\bar{N}_{10}$	98.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**RUIDO DE FONDO.**

COMPAÑIA: SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.

INICIO DE LA MEDICIÓN: 12:20 HRS. CALIBRACIÓN: 114.0 MEDICIÓN: DIURNA

FINAL DE LA MEDICIÓN: 12:50 HRS CALIBRACIÓN: 114.0 FECHA: 19/02/02

ALTURA: 1.25 m DISTANCIA: 0.30m POSICIÓN: OPUESTA A LA FUENTE

MUESTRA	I dB(A)	II dB(A)	III dB(A)	IV dB(A)	V dB(A)
1	52.5	49.2	48.4	49.7	48.6
2	50.9	46.7	47.4	49.6	48.8
3	50.6	47.6	48.4	49.9	47.8
4	49.6	47.0	48.2	51.5	47.8
5	48.1	48.1	48.8	50.9	49.8
6	47.7	48.0	49.0	51.6	48.8
7	50.6	49.7	50.6	55.0	54.6
8	47.0	46.5	51.4	50.7	50.7
9	49.9	47.1	50.5	49.7	49.0
10	49.1	47.0	50.6	49.8	52.1
11	49.1	47.2	52.1	50.3	54.3
12	50.8	49.1	53.3	49.4	53.3
13	50.9	50.4	51.2	48.5	53.2
14	49.2	49.6	50.3	49.5	52.1
15	50.5	49.8	52.6	49.8	48.8
16	50.0	51.6	53.3	50.5	50.3
17	49.4	51.0	52.8	51.1	48.7
18	49.6	50.7	52.0	52.6	48.6
19	49.4	49.8	56.3	52.3	52.2
20	49.2	50.1	53.9	50.3	50.3
21	49.8	51.7	54.6	49.2	51.2
22	49.4	52.8	52.2	47.2	51.5
23	50.9	50.6	53.1	48.1	52.6
24	52.1	50.8	53.2	47.4	49.4
25	52.7	52.9	49.1	46.0	49.2
26	48.3	51.8	49.3	46.7	50.1
27	48.0	52.1	48.3	47.1	50.1
28	49.0	50.7	47.8	48.9	49.3
29	48.4	50.6	50.6	48.7	49.4
30	46.9	49.2	47.4	48.8	50.5
31	48.1	49.2	47.7	48.5	49.8
32	47.5	48.7	47.0	48.4	51.9
33	48.5	48.1	52.4	51.9	52.8
34	48.3	47.1	46.5	49.4	53.4
35	48.3	46.3	47.3	49.2	54.4

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Deben calcularse los niveles N<sub>50</sub>, N<sub>10</sub> y la desviación estándar de las mediciones realizadas en cada punto para el cálculo de fondo:

$$N_{50} = \frac{\sum_i N_i}{n} (5)$$

Donde: N<sub>i</sub> = nivel de observación i  
y n = número de observaciones por punto de medición

PUNTOS	I	II	III	IV	V
N <sub>50</sub>	49.4	49.4	50.5	49.7	50.7

$$N_{10} = \sum_i i N_i / n (5)$$

PUNTOS	I	II	III	IV	V
N <sub>10</sub>	51.29	51.81	53.72	51.99	53.25

Debe calcularse el nivel equivalente para las observaciones en cada punto por la fórmula.

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_m 10^{\frac{N}{10}} (8)$$

Donde: m = Número total de observaciones  
N = Nivel observado

PUNTOS	I	II	III	IV	V
N <sub>eq</sub>	49.7	49.8	51.2	50.1	51.2

Desviación estándar:

PUNTOS	I	II	III	IV	V
σ <sub>s-1</sub>	1.4	1.9	2.5	1.8	2.0

Debe calcularse el promedio aritmético de los niveles N<sub>50</sub>, N<sub>10</sub> y de la desviación estándar obtenidos para cada punto.

(N <sub>eq</sub> ) <sub>eq</sub>	50.4
N <sub>50</sub>	49.9
σ <sub>s-1</sub>	1.9
N <sub>10</sub>	52.4

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CORRECCIONES

Obtégase la corrección por presencia de valores extremos por medio de la fórmula (y):

$$c_e = 0.9023 \bar{c}(10)$$

$$C_e = (0.9023) (1) = 0.9023$$

Obtégase la diferencia del promedio de los N<sub>50</sub> de la fuente fija y del ruido de fondo.

$$\Delta_{50} = (N_{50})_{fuente} - (N_{50})_{fondo} (11)$$

$$50 = 55.6 - 49.9 = 5.6$$

Debido a que  $\Delta_{50} \phi 0.75 \text{ dB}$  obtégase la corrección por ruido de fondo por medio de la fórmula:

$$c_f = -(\Delta_{50} + 9) + 3\sqrt{4\Delta_{50} - 3} (12)$$

$$c_f = -1.4$$

Corrijase el N<sub>50</sub> medio por extremos:

$$N' 50 = N_{50} + C_e$$

$$58 + (-1.4) = 56.6$$

.-Determínese el mayor del N'50 y (Neq)<sub>eq</sub> y llámese a este valor nivel de fuente fija N<sub>ff</sub>.

$$N' 50 = 55.6 \quad \text{Neq} = 56.6$$

$$N_{ff} = 56.6$$

Si la diferencia de los niveles N<sub>50</sub> de fuente - N<sub>50</sub> de fondo es mayor a 0.75 dB corrijase el nivel de fuente fija por ruido de fondo.

$$(N')_{ff} = N_{ff} + c_f (14)$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Al existir un elemento constructivo entre la fuente y la zona critica se debe corregir el aislamiento.

$$(N'')_{ff} = (N')_{ff} + 0.5 - R (15)$$

**TABLA DE RESULTADOS Y CORRECCION**

S	8.0 m <sup>2</sup>
R	45.3 dB(A)
C <sub>e</sub>	1.0 dB(A)
Δ <sub>50</sub>	5.6 dB(A)
C <sub>f</sub>	-1.4 dB(A)
N' <sub>50</sub>	56.6 dB(A)
N'' <sub>ff</sub>	56.6 dB(A)
N' <sub>ff</sub>	55.2 dB(A)
N'' <sub>ff</sub>	77.9 dB(A)

Debido a que N''<sub>ff</sub> es mayor a 75 dB la fuente se encuentra fuera de norma, como se señala en la tabla siguiente:

HORARIO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES
de 6:00 a 22:00	68 dB(A)
de 22:00 a 6:00	65 dB(A)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ESTUDIO DE SONOMETRIA LABORAL DE ACUERDO A LA NORMA OFICIAL  
MEXICANA NOM-011 STPS -2001.**

**NOMBRE DE LA EMPRESA:**

Vidrios Sordo Noriega S.A. de C.V.

**DIRECCIÓN:**

Via Gustavo Vaz Prada no. 211  
Col Echegaray  
Naucalpan México  
C.P. 53300

**UBICACIÓN DE LA FUENTE:**

Se anexa croquis de localización.

**COLINDANCIAS:**

**AL NORTE:** Calle Hacienda de Atenco  
**AL SUR:** Hacienda Valparaiso  
**AL ESTE:** Vía Bustavo Baz  
**AL OESTE.:** Hacienda de Zotoluca.

**CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA:**

Se anexa croquis de ubicación interna de la maquinaria

Se anexa tabla de relación de las principales fuentes generadoras de ruido en la planta.

**CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LA MAQUINARIA:**

Los principales equipos generadores de ruido consisten en canteadoras de vidrio, compresores recíprocos, máquinas de sand-blasteo así como de una máquina templadora de vidrio las cuales operan de forma permanente a lo largo de la jornada laboral. Sin embargo, las máquinas que debido a su ubicación y nivel de ruido generado son de mayor interés para este estudio consisten en las canteadoras y la máquina de sand-blasteo, esto debido a que los trabajadores se encuentran en contacto directo con las mismas. La máquina templadora y los

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

compresores operan en áreas aisladas en las cuales no se encuentra personal permanente. (Solo accesan los mecánicos para su reparación y mantenimiento.)

#### **TIEMPO Y REPETICIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES AL RUIDO.**

La maquinaria que existe en la planta trabaja de lunes a viernes de 8:00 a.m. a las 17:00 p.m. y sábado de 9:00 a.m. a 13:00 p.m.

#### **DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO:**

No existe un proceso de producción establecido, debido a que los equipos utilizados en la empresa son utilizados para operaciones unitarias las cuales no necesariamente guardan relación. (Esto debido a que el giro de la empresa es exclusivamente acabados)

#### **NORMA UTILIZADA.**

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011 STPS -2001

#### **EQUIPO UTILIZADO**

Sonómetro marca Larson y Davis.

Modelo: DSP 081

No. de serie: 0898

#### **CALIBRADOR**

Marca Larson y Davis.

Modelo CAL200

No. de serie: 0898

#### **TRIPLE**

Altura del micrófono 1.45 m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**NÚMERO DE TRABAJADORES EXPUESTOS A RUIDOS POR ÁREA Y POR PROCESO DE FABRICACIÓN, (INCLUYENDO EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN.)**

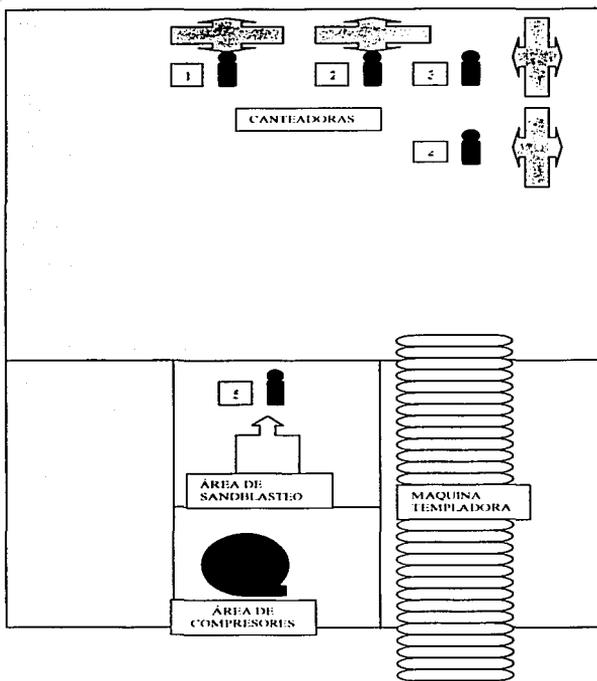
ÁREA DE TRABAJO	NO. DE TRABAJADORES	TIEMPO
ÁREA DE CANTEADORAS	12	8 Hrs
ÁREA DE TEMPLADO	0	0
ÁREA DE COMPRESORES	0	0
ÁREA DE SANBLASTEО	1	8 Hrs

**CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES EMISORAS. (EQUIPOS O ACTIVIDADES GENERADORAS DE RUIDO.)**

CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	HORARIO	ENERGÍA Y/O COMBUSTIBLE EMPLEADO	CAPACIDAD
4	CANTEADORA DE VIDRIO	NO ESPECIFICA	8-17:00 HRS	ELÉCTRICA	NO ESPECIFICA
1	ENDURECEDORA DE VIDRIO	TAMGLASS TEMPERING SYSTEM INC.	8-17:00 HRS	ELECTRICA	4 MOTORES DE 400 HP.
2	COMPRESORES	NO ESPECIFICA	8-17:00 HRS	ELECTRICA	10 HP
1	SAND-BLASTEADORA	NO ESPECIFICA	8-17:00 HRS	ELECTRICA	NO ESPECIFICA

**NIVEL MEDIDO A 1 m DE DISTANCIA DE LA FUENTE RUIDOSA.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



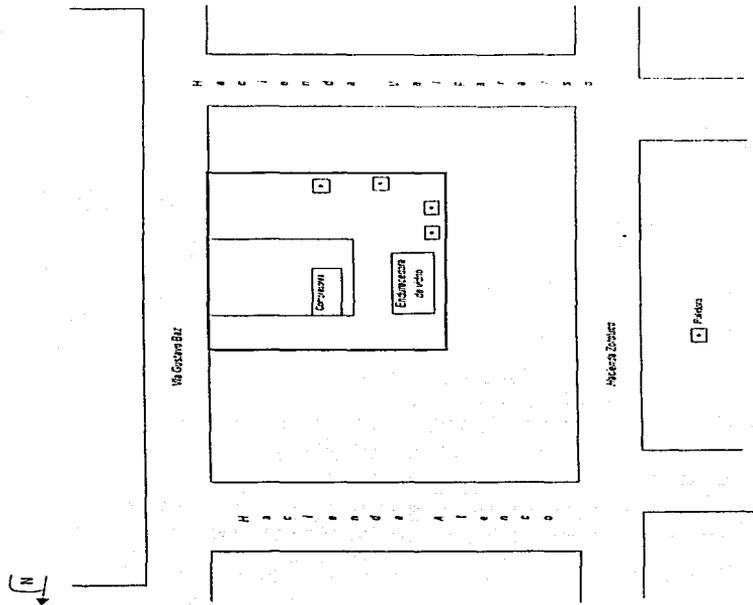
### UBICACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO



PUESTO FIJO DE TRABAJO/PUNTO DE MUESTREO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LA FUENTE



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**REPORTE DEL RECONOCIMIENTO SENSORIAL DE LAS ZONAS POR EVALUAR, CON EL OBJETO DE DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO**

La evaluación del Nivel Sonoro de Exposición de Ruido se realizó bajo condiciones normales de operación. La evaluación se realizó de las 7:00 a las 17:00 hrs.

Para priorizar el área de evaluación del ruido en el interior de la nave se utilizó el método de puesto fijo de trabajo. En dicho método el punto de medición se ubica en el lugar que habitualmente ocupa el trabajador o, de no ser posible, lo más cercano a él, sin interferir en sus labores.

En el trabajo con las canteadoras y la máquina de Sand-blasteo los trabajadores realizan sus labores de pie, debido a esto la altura del micrófono se coloca a una altura de 1.45 m, en dirección de los equipos generadores de ruido.

Así mismo se ha determinado a través del reconocimiento sensorial, que el ruido generado es estable durante toda la jornada de trabajo, y debido a esto se efectuó el muestreo de acuerdo al método para evaluar ruido estable por medio de un sonómetro integrador.

**REGISTRO DEL NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE**

COMPañÍA: SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.

CALIBRACIÓN: 114.0 MEDICIÓN: DIURNA

FECHA: 19/02/02 ALTURA: 1.45 m

PUNTO DE MEDICIÓN: PUESTO FIJO DE TRABAJO CANTEADORA 1

MUESTRA	13:00-13:05	14:00-14:05		
1	75.0	73.0		
2	74.0	74.0		
3	74.0	74.0		
4	74.0	75.0		
5	75.0	75.0		
6	74.0	76.0		
7	74.0	74.0		
8	73.0	74.0		
9	75.0	75.0		
10	75.0	73.0		
$N_{eq}$	74.7	74.8	$(N_{eq})_{eq}$	74.9
$\sigma_{n-1}$	12.5	0.6	$\sigma_{n-1}$	2.8

$(N_{eq})_{eq}$ PF CANTEADORA 1	74.9 dB
---------------------------------	---------

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



REGISTRO DEL NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE  
 COMPAÑIA: SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.  
 CALIBRACION: 114.0 MEDICION: DIURNA  
 FECHA: 19/02/02 ALTURA: 1.45 m  
 PUNTO DE MEDICION: PUESTO FIJO DE TRABAJO CANTEADORA 4

MUESTRA	13:30-13:35	14:30-14:35		
1	76.0	75.0		
2	76.0	76.0		
3	76.0	76.0		
4	76.0	76.0		
5	75.0	76.0		
6	76.0	74.0		
7	76.0	76.0		
8	75.0	75.0		
9	74.0	76.0		
10	76.0	74.0		
$N_{eq}$	75.1	75.1	$(N_{eq})_{eq}$	75.0
$\sigma_{n-1}$	12.5	0.5	$\sigma_{n-1}$	2.8

$(N_{eq})_{eq}$ PF CANTEADORA 4	75.0 dB
---------------------------------	---------

REGISTRO DEL NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE  
 COMPAÑIA: SORDO NORIEGA S.A. DE C.V.  
 CALIBRACION: 114.0 MEDICION: DIURNA  
 FECHA: 19/02/02 ALTURA: 1.45 m  
 PUNTO DE MEDICION: PUESTO FIJO DE TRABAJO MAQUINA DE SAND-BLASTEO

MUESTRA	13:45-13:50	14:45-14:50		
1	65.0	66.0		
2	65.0	67.0		
3	65.0	66.0		
4	65.0	66.0		
5	67.0	66.0		
6	65.0	67.0		
7	66.0	68.0		
8	65.0	67.0		
9	68.0	68.0		
10	67.0	68.0		
$N_{eq}$	67.5	67.7	$(N_{eq})_{eq}$	67.7
$\sigma_{n-1}$	1.2	0.7	$\sigma_{n-1}$	0.4

$(N_{eq})_{eq}$ MAQUINA DE SAND-BLASTEO	67.7 dB
---	---------

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### RESULTADOS DEL MUESTREO

(N <sub>eq</sub> ) <sub>eq</sub>	PF CANTEADORA 1	74.9 dB
(N <sub>eq</sub> ) <sub>eq</sub>	PF CANTEADORA 2	74.8 dB
(N <sub>eq</sub> ) <sub>eq</sub>	PF CANTEADORA 3	75.0 dB
(N <sub>eq</sub> ) <sub>eq</sub>	PF CANTEADORA 4	75.0 dB
(N <sub>eq</sub> ) <sub>eq</sub>	MAQUINA DE SAND-BLASTEO	67.7 dB

### TIEMPO MÁXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICIÓN POR JORNADA DE TRABAJO EN FUNCIÓN DEL NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE.

Tiempo (horas)	dB(A)
T.M.P.E	N.S.C.E.
8	90
4	93
2	96
1	99
0.5	102
0.25	105

T.M.P.E. = TIEMPO MAXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICION  
 N.S.C.E. = NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE

Del análisis de la información anterior se determino que las zonas de trabajo en las cuales se encuentran trabajadores no exceden los 90 dB, encontrándose estas áreas con un nivel de sonido por debajo de lo marcado por la norma oficial vigente. Las únicas zonas fuera de norma son: área de compresores y área de templado, sin embargo estas zonas no cuentan con trabajadores, así mismo se encuentran aisladas por elementos constructivos.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## TRATAMIENTO ACÚSTICO DEL ÁREA

Posterior al cálculo del nivel sonoro tanto dentro, como en la periferia del recinto, se encontro que las actividades fabriles en el interior del recinto solo genera afectaciones al medio ambiente circundante.

### ANÁLISIS DE SONOMETRIA PERIMETRAL (AMBIENTAL)

**TABLA DE RESULTADOS Y CORRECCIONES**

<b>R</b>	45.3 dB(A)
<b>C<sub>p</sub></b>	1.0 dB(A)
<b>Δ<sub>50</sub></b>	5.6 dB(A)
<b>C<sub>f</sub></b>	-1.4 dB(A)
<b>N<sub>50</sub></b>	56.6 dB(A)
<b>N<sub>rr</sub></b>	56.6 dB(A)
<b>N<sub>r</sub></b>	55.2 dB(A)
<b>N<sub>rr</sub></b>	77.9 dB(A)

Debido a que **N<sub>rr</sub>** es mayor a 75 dB la fuente se encuentra fuera de norma, como se señala en la tabla siguiente:

HORARIO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES
de 6:00 a 22:00	68 dB(A)
de 22:00 a 6:00	65 dB(A)

La principal fuente de ruido se encuentra perfectamente identificada, es la endurecedora de vidrio TAMGLASS TEMPERING SISTEM INC.

Por lo consiguiente se propuso colocar materiales absorbentes de ruido en los muros y techo del recinto donde se encuentra ubicada la maquina templadora, ya que es el equipo con mayor capacidad de generación de ruido, el cual afecta directamente a las casas habitación colindantes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se procedió a realizar el análisis de espectro sonoro a través de un sonómetro con capacidad de espectrografía, esto se realizó en el interior del recinto en el cual se localiza la fuente de ruido ya señalada (área de templado). Detectando que el nivel máximo de presión sonora se genera a una frecuencia de 1000 Hz.



#### ANÁLISIS DE ESPECTRO SONORO.

Es importante recalcar que la maquina ya se encuentra delimitada por elementos constructores (muros, techo) debido a esto la solución mas sencilla es el recubrimiento de los mismos con un material fonoabsorbente. Se procedió a buscar en las tablas de selección de materiales un recubrimiento para los muros del recinto que permitan disminuir considerablemente el nivel de ruido a una frecuencia de 1000 Hz:

NOMBRE DEL MATERIAL	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
FIBRA DE VIDRIO	0.38	0.63	0.78	0.87	0.83	0.77
FIBRA DE VIDRIO AFIELTRADA	0.75	0.96	0.96	0.90	0.84	0.81
LANA MINERAL	0.47	0.53	0.60	0.62	0.58	0.56
LANA MINERAL CON CUBIERTA DE METAL PERFORADO CON 10 ABERTURAS DE 15 mm DE	0.09	0.25	0.48	0.66	0.57	0.47

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DIÁMETRO EN CADA CUBICO cm						
LANA MINERAL CUBIERTA CON YESO	0.28	0.37	0.40	0.38	0.39	-----
LANA MINERAL CON PANTALLA PERFORADA	0.31	0.50	0.70	0.41	0.29	-----

Detectándose que el material idóneo para el recubrimiento del recinto es la plancha de fibra de vidrio con un espesor de 10 cm. la cual disminuirá el nivel de presión sonora hasta en un 90 %.

## CONCLUSIONES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La propuesta de la elaboración de una guía técnica la cual muestre de forma clara la naturaleza del ruido, la metodología para cuantificarlo, así como las técnicas más sencillas para su control, todo con apego a la normatividad vigente en nuestro país, fue la principal motivación para el desarrollo de la misma.

Lo anterior fundamentado en mi experiencia particular como verificador normativo, (de 1999 al 2002). Durante el desarrollo de mis funciones detecte que de forma constante las autoridades competentes cometían abusos en contra de las empresas que eran auditadas en materia ambiental, esto debido al desconocimiento absoluto del rubro citado.

Una de las anomalías que observe consistía en la alteración de los métodos de muestreo (en este caso estudios de sonometría ) provocando que pareciera que los niveles de sonido dentro de los recintos se encontraban fuera de norma.

Del lado opuesto detecte que algunas consultorias ambientales contratadas por las empresas con problemas de ruido, aplicaban soluciones correctivas a medias, lo cual provocaba que los niveles de presión sonora dentro de los recintos permaneciera elevado, así mismo, cuando las autoridades competentes exigían un estudio de sonometría para verificar el resultado de las adecuaciones, las consultorias realizaban estudios maquillados o no apegados a la normatividad existente.

El malestar que me provocaba lo anteriormente señalado, tanto en mi ética profesional como personal me convenció de la necesidad de la elaboración de este trabajo de tesis.

Sin embargo encontré que todos los textos que consulte para la fundamentación de la tesis consistían en trabajos realizados en Europa y los Estados Unidos, debido a esto los métodos que sugerían para la medición y control del fenómeno no cumplían con la normatividad vigente en nuestro país ( debido a que señalaban estas metodologías de forma muy parca).

Debido a esto me di a la tarea de investigar todo lo referente a la normatividad aplicable en la materia, encontrando como material fundamental de trabajo las normas en materia de medición de ruido NOM-081 ECOL-1994. y la NOM-011 STPS -2002. El problema que detecte posterior al análisis de la misma fue el exceso de tecnicismos, los cuales son difíciles de comprender si el verificador es neófito en la materia,

Esto provoco que considerara de utilidad explicar el fenómeno desde su naturaleza misma, así como el concientizar de los graves trastornos que puede provocar debido a la exposición del mismo, una vez realizado lo anterior desmenuce la normatividad aplicable, elaborando un texto a mi parecer claro, el

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

cual omite tecnicismos innecesarios así como de abreviaciones que pudieran provocar confusiones.

Sin embargo un caso real es la mejor manera de ejemplificar las metodologías de medición y control, debido a esto seleccione un caso típico de contaminación sonora generado por actividades fabriles, así que tome como ejemplo el de la Empresa de acabados de vidrio "Sordo Noriega S.A. de C.V. esta empresa era denunciada constantemente por los vecinos de la zona debido a los elevados niveles de ruido generados en la nave.

Al tomar el caso encontré un estudio de ruido presentado por dicha empresa con fecha 5 de marzo del 2001. En dicho estudio la consultoría que lo había realizado interpreto la norma NOM-081 ECOL-1994 a su conveniencia, maquillando los datos del muestreo y acreditando sobradamente a la empresa.

Debido a las constantes quejas de los vecinos me presente el día 19 de febrero del 2002 para realizar el estudio de sonometría perimetral en total apego a la norma, posterior a la corrida del muestreo se encontró que la empresa no acreditaba.

Al verificarse el espectro sonoro del ruido generado por el equipo en la zona critica se encontró que los niveles máximos se presentaban a 1000 Hz, recomendando a la empresa que recubriera los muros que delimitaban la fuente con un material foncoabsorbente, sin embargo la empresa rechazo la sugerencia argumentando que el estudio que presentaban por parte de su consultoría era totalmente valido.

En materia de ruido laboral se realizo un recorrido inicial en el interior del recinto fabril, detectando que el las zonas donde se operan los trabajadores el nivel de ruido era bajo, en contraste con la zona critica, donde los niveles exceden los establecidos por la norma, pero no cuentan con trabajadores, debido a la operación automática de los equipos, así como por su aislamiento por elementos constructivos hacia el interior de la nave. (Cabe recordar que dichos equipos si afectaban a las casas habitación contiguas.)

Es conveniente resaltar que durante el desarrollo de este trabajo consulte a profesionistas expertos en materia de medición y control de ruido laboral, los cuales señalan que las normas oficiales no caracterizan al fenómeno tal como ocurre de forma real, debido a esto recomendaban como una mejor opción el aislamiento de la fuente generadora a través de un elemento constructivo (muros, casetas acústicas) la realización de un corrida de sonometría laboral solo se sugería como un requisito para el cumplimiento de las obligaciones de la empresa ante la Secretaria del Trabajo y Previsión Social.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El proyecto concluye logrando los objetivos planteados:

Elaborar una guía técnica que aporte todos los elementos para la mitigación de los efectos del ruido en recintos fabriles y zonas aledañas, de forma sencilla y aclarando el verdadero comportamiento del fenómeno. Sin embargo es conveniente resaltar que el solo cumplimiento de la normatividad es secundario, lo verdaderamente importante es la protección de la salud del ser humano así como la preservación del medio ambiente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## GLOSARIO

**Audiómetro:** es un generador electroacústico de sonidos, utilizado para determinar el umbral de audición de la persona bajo evaluación.

**Banda de octava:** es el intervalo de frecuencia del espectro acústico donde el límite superior del intervalo es el doble del límite inferior, agrupado en un filtro electrónico normalizado, cuya frecuencia central denomina la banda.

**Calibrador acústico normalizado; calibrador acústico:** es un instrumento utilizado para verificar, en el lugar de la medición, la exactitud de la respuesta acústica de los instrumentos de medición acústica, y que satisface las especificaciones de alguna norma de referencia declarada por el fabricante.

**Condiciones normales de operación:** es la situación en que se realizan las actividades y que representan una jornada laboral típica en cada centro de trabajo.

**Decibel:** es una unidad de relación entre dos cantidades utilizada en acústica, y que se caracteriza por el empleo de una escala logarítmica de base 10. Se expresa en dB.

**Diagnóstico anatómico-funcional:** es un diagnóstico médico basado en el análisis de las características anatómicas y funcionales del trabajador derivadas de una enfermedad.

**Diagnóstico etiológico:** es el diagnóstico médico que establece las causas de una enfermedad.

**Diagnóstico nosológico:** es el diagnóstico médico basado en los signos y síntomas manifestados por el enfermo.

**Espectro acústico:** es la representación del nivel de presión acústica de los componentes en frecuencia de un sonido complejo, que puede medirse en bandas de octava u otras representaciones de filtros normalizados. Se expresa en dB, ya sea por banda de octava, total o de la representación seleccionada.

**Exposición a ruido:** es la interrelación del agente físico ruido y el trabajador en el ambiente laboral.

**Frecuencia:** es el número de ciclos por unidad de tiempo. Su unidad es el Hertz (Hz).

**Medidas administrativas:** manera de cumplir con los límites máximos permisibles de exposición, modificando el tiempo y frecuencia de permanencia del trabajador en cada zona de exposición.

**Medidor personal de exposición a ruido normalizado; medidor personal de exposición a ruido:** instrumento que integra una función del nivel de presión acústica durante un periodo de medición establecido, el cual puede ser hasta de 8 horas, y que satisface las especificaciones de alguna norma de referencia declarada por el fabricante.

**Medio sistematizado:** es un método o procedimiento empleado para estructurar y organizar la información registrada a través de un ordenador y procesador de información electrónico.

**Monitoreo de efecto a la salud:** es la medida y evaluación de daño a la salud, debido a la exposición a ruido en tejidos y órganos.

**Nivel:** es el logaritmo de la razón de dos cantidades del mismo tipo, siendo la del denominador usada como referencia. Se expresa en dB.

**Nivel de exposición a ruido (NER):** es el nivel sonoro "A" promedio referido a una exposición de 8 horas.

**Nivel de presión acústica (NPA):** es igual a 20 veces el logaritmo decimal de la relación entre una presión acústica instantánea y una presión acústica de referencia determinada, según se expresa en la siguiente ecuación:

**Nivel sonoro "A" (NSA):** es el nivel de presión acústica instantánea medido con la red de ponderación "A" de un sonómetro normalizado.

**Nivel sonoro continuo equivalente "A" (NSCEA,T):** es la energía media integrada a través de la red de ponderación "A" a lo largo del período de medición, según se expresa en la siguiente ecuación:

**Nivel sonoro criterio:** es el NSA de 90 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas.

**Observador:** es la persona que efectúa la medición de los niveles de ruido: NSA, NSCEA,T y NPA y registra su magnitud.

**Pantalla contra viento:** es un accesorio que se adapta sobre el micrófono del equipo de medición de ruido, para minimizar las variaciones en la medición causadas por la incidencia del viento sobre el micrófono.

**Período de observación:** es el tiempo durante el cual el observador mide los niveles de ruido.

**Porcentaje de dosis (D):** número que proporciona el medidor personal de exposición a ruido y que resulta de la integración de los niveles sonoros "A", durante el período de medición T.

**Presión acústica de referencia:** es el valor de la medición de ruido en aire, que equivale a 20  $\mu$ Pa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Puesto fijo de trabajo:** es el lugar específico en que el trabajador realiza un conjunto de actividades durante un tiempo, de tal manera que el trabajador permanece relativamente estacionario en relación a su lugar de trabajo.

**Reconocimiento:** es la actividad previa a la evaluación, cuyo objetivo es recabar información confiable que permita determinar el método de evaluación a emplear y jerarquizar las zonas del local de trabajo donde se efectuará la evaluación.

**Redes de ponderación:** son filtros electrónicos normalizados de corrección en frecuencia, que aproxima su respuesta a los niveles fisiológicos de la curva de audición humana y que están incluidos en el instrumento de medición de sonidos.

**Respuesta dinámica:** es la velocidad de respuesta normalizada que puede ser elegida en los instrumentos de medición de sonido, para los cambios de presión acústica. Se denomina: LENTA, RAPIDA, IMPULSO o PICO.

**Ruido:** son los sonidos cuyos niveles de presión acústica, en combinación con el tiempo de exposición de los trabajadores a ellos, pueden ser nocivos a la salud del trabajador.

**Ruido estable:** es aquel que se registra con variaciones en su nivel sonoro "A" dentro de un intervalo de 5 dB(A).

**Ruido impulsivo:** es aquel ruido inestable que se registra durante un periodo menor a un segundo.

**Ruido inestable:** es aquel que se registra con variaciones en su nivel sonoro "A" con un intervalo mayor a 5 dB(A).

**Sonido:** es una vibración acústica capaz de producir una sensación audible.

**Sonómetro normalizado; sonómetro:** es un instrumento para medir el nivel de presión acústica y que satisface las especificaciones de alguna norma de referencia declarada por el fabricante.

**Sonómetro integrador normalizado; sonómetro integrador:** es un instrumento que integra una función del nivel de presión acústica durante el periodo de medición y que satisface las especificaciones de alguna norma de referencia declarada por el fabricante.

**Tiempo máximo permisible de exposición (TMPE):** es el tiempo bajo el cual la mayoría de los trabajadores pueden permanecer expuestos sin sufrir daños a la salud.

## NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-081-ECOL-1994

Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición

(Publicada en el D.O.F. de fecha 13 de enero de 1995)

Aclaración: 3 de marzo de 1995

**GABRIEL QUADRI DE LA TORRE**, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, con fundamento en los artículos 32 fracciones XXIV y XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones I y VII, 8o. fracciones I y VII, 35, 37, 155, 156, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 8o., 9o., 29, 31 y 32 del Reglamento para la Protección del Ambiente Contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 46, 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Primero y Segundo del Acuerdo mediante el cual se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de vivienda y ecología, respectivamente, y

### CONSIDERANDO

Que la emisión de ruido proveniente de las fuentes fijas altera el bienestar del ser humano y el daño que le produce, con motivo de la exposición, depende de la magnitud y del número, por unidad de tiempo, de los desplazamientos temporales del umbral de audición. Por ello, resulta necesario establecer los límites máximos permisibles de emisión de este contaminante.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-081-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1994 con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de la publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, los análisis a que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, publicó las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica, Volumen VI, número especial de Diciembre de 1994.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 10 de noviembre del año en curso, he tenido a bien expedir la siguiente

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-081-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO DE LAS FUENTES FIJAS Y SU MÉTODO DE MEDICIÓN.**

### PREFACIO

#### 1. OBJETO

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y el método de medición por el cual se determina su nivel emitido hacia el ambiente.

#### 2. CAMPO DE APLICACION



Esta norma oficial mexicana se aplica en la pequeña, mediana y gran industria, comercios establecidos, servicios públicos o privados y actividades en la vía pública.

### 3. REFERENCIAS

NMX-AA-40 Clasificación de ruidos.

NMX-AA-43 Determinación del nivel sonoro emitido por fuentes fijas.

NMX-AA-59 Sonómetros de precisión.

NMX-AA-62 Determinación de los niveles de ruido ambiental.

### 4. DEFINICIONES

### 5. ESPECIFICACIONES

5.1 La emisión de ruido que generan las fuentes fijas es medida obteniendo su nivel sonoro en ponderación "A", expresado en dB (A).

5.2 El equipo para medición el nivel sonoro es el siguiente:

5.2.1 Un sonómetro de precisión.

5.2.2 Un calibrador piezoeléctrico o pistófono específico al sonómetro empleado.

5.2.3 Un impresor gráfico de papel o un registrador de cinta magnética.

5.2.4 Puede ser utilizado equipo opcional para la medición del nivel sonoro que es el siguiente:

5.2.4.1 Un cable de extensión del micrófono, con longitud mínima de 1 m.

5.2.4.2 Un tripié para colocar el micrófono o equipo receptor.

5.2.4.3 Un protector contra viento del micrófono.

5.3 Para obtener el nivel sonoro de una fuente fija se debe aplicar el procedimiento de actividades siguiente: Un reconocimiento inicial; una medición de campo; un procesamiento de datos de medición y; la elaboración de un informe de medición.

5.3.1 El reconocimiento inicial debe realizarse en forma previa a la aplicación de la medición del nivel sonoro emitido por una fuente fija, con el propósito de recabar la información técnica y administrativa y para localizar las Zonas Críticas.

5.3.1.1 La información a recabar es la siguiente:

5.3.1.1.1 Croquis que muestre la ubicación del predio donde se encuentre la fuente fija y la descripción de los predios con quien colinde. Ver figura N° 1 del Anexo 1 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.1.1.2 Descripción de las actividades potencialmente ruidosas.

5.3.1.1.3 Relacionar y representar en un croquis interno de la fuente fija el equipo, la maquinaria y/o los procesos potencialmente emisores de ruido. Ver figura N° 2A del Anexo 2 de la presente norma.

5.3.1.2 Con el sonómetro funcionando, realizar un recorrido por la parte externa de las colindancias de la fuente fija con el objeto de localizar la Zona Crítica o zonas críticas de medición. Ver figura N° 2A del anexo 2 de la presente norma.

5.3.1.2.1 Dentro de cada Zona Crítica (ZC) se ubicarán 5 puntos distribuidos vertical y/u horizontalmente en forma aleatoria a 0.30 m de distancia del límite de la fuente y a no menos de 1.2 m del nivel del piso. Ver figura N° 2A del anexo 2 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.2 Ubicados los puntos de medición conforme a lo señalado en el punto 5.3.1.2.1 se deberá realizar la medición de campo de forma continua o semicontinua, teniendo en cuenta las condiciones normales de operación de la fuente fija.

#### 5.3.2.1 Mediciones continuas

5.3.2.1.1 De acuerdo al procedimiento descrito en el punto 5.3.1 se elige la zona y el horario crítico donde la fuente fija produzca los niveles máximos de emisión.

5.3.2.1.2 Durante el lapso de emisión máxima se elige un periodo no inferior a 15 minutos para la medición.

5.3.2.1.3 En la zona de emisión máxima se ubicarán aleatoriamente no menos de 5 puntos conforme al procedimiento descrito en el punto 5.3.1.2.1. Se aconseja describir los puntos con las letras (A, B, C, D y E) para su identificación. La zona de emisión máxima se identificará con las siglas ZC y se agregará un número progresivo en el caso de encontrar más zonas de emisión máxima (ZC1, ZC2, etc.). Ver figura N° 2A del Anexo 2.

5.3.2.1.4 Se ajusta el sonómetro con el selector de la escala A y con el selector de integración lenta.

5.3.2.1.5 En caso de que el efecto del viento sobre la membrana del micrófono sea notorio se debe cubrir ésta con una pantalla contra el viento.

5.3.2.1.6 Debe colocarse el micrófono o el sonómetro en cada punto de medición apuntando hacia la fuente y mantenerlo fijo un lapso no menor de 3 minutos, durante el cual se registra ininterrumpidamente la señal. Al cabo de dicho periodo de tiempo se mueve el micrófono al siguiente punto y se repite la operación. Durante el cambio se detiene la grabación o almacenamiento de la señal, dejando un margen en la misma para indicar el cambio del punto. Antes y después de una medición en cada ZC debe registrarse la señal de calibración.

5.3.2.1.7 En toda medición continua debe obtenerse un registro gráfico en papel, para lo cual debe colocarse el registrador de papel al sonómetro de medición y registrar la señal de cada punto de medido y el registro de la señal de calibración antes y después de la medición de cada Zona Crítica.

#### 5.3.2.2 Mediciones semicontinuas

5.3.2.3.1 Aplicar el procedimiento descrito en los puntos 5.3.2.1.1, 5.3.2.1.2, 5.3.2.1.3, 5.3.2.1.4 y 5.3.2.1.5 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.2.3.2 Debe colocarse el sonómetro o el micrófono del sonómetro en cada punto de medición apuntando hacia la fuente y efectuar en cada punto no menos de 35 lecturas, procurando obtener cada 5 segundos el valor máximo observado. Antes y después de las mediciones en cada Zona Crítica debe registrarse la señal de calibración.

5.3.2.3.3 En el caso de que se emplee el registro gráfico, debe tenerse una tira de papel continua por cada punto de medición.

#### 5.3.2.4 Ubicación de puntos de medición

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5.3.2.4.1 Si la fuente fija se halla limitada por confinamientos constructivos (bardas, muros, etc.), los puntos de medición deben situarse lo más cerca posible a estos elementos (a una distancia de 0.30 m), al exterior del predio, a una altura del piso no inferior a 1.20 m. Deben observarse las condiciones del elemento que produzcan los niveles máximos de emisión (ventanas, ventilas, respiraderos, puertas abiertas) si es que éstas son las condiciones normales en que opera la fuente fija.

5.3.2.4.2 Si el elemento constructivo a que se refiere el punto 5.3.2.4.1 no divide totalmente la fuente de su alrededor, el elemento es considerado como parcial, por lo que debe buscarse la zona de menor sombra o dispersión acústica. Si el elemento divide totalmente la fuente de su alrededor deberá seguirse lo establecido en el punto 5.3.2.6.

5.3.2.4.3 Si la fuente fija no se halla limitada por confinamientos, pero se encuentran claramente establecidos los límites del predio (corcas, mojoneras, registros, etc.), los puntos de medición deben situarse lo más cerca posible a los límites exteriores del predio, a una altura del piso no inferior a 1.20 m.

5.3.2.4.4 Si la fuente fija no se halla limitada por confinamientos y no existe forma de determinar los límites del predio (maquinaria en la vía pública, por ejemplo), los puntos de medición deben situarse a un 1m de distancia de ésta, a una altura del piso no inferior a 1.20 m.

#### 5.3.2.5 Medición del ruido de fondo

5.3.2.5.1 Deben elegirse por lo menos 5 puntos aleatorios alrededor de la fuente y a una distancia no menor de 3.5 m, apuntando en dirección contraria a dicha fuente. Se aconseja describir los puntos con las números romanos (I, II, III, IV y V) para su identificación.

5.3.2.5.2 Debe medirse el nivel sonoro de fondo en cada uno de los puntos determinados conforme a los procedimientos señalados en los puntos 5.3.2.1 o 5.3.2.2 de la presente norma oficial mexicana.

#### 5.3.2.6 Determinación de la reducción acústica de un elemento constructivo en una Zona Crítica.

5.3.2.6.1 Para determinar el aislamiento producido por un elemento constructivo común a la fuente fija y a un recinto aledaño debe procederse como sigue:

5.3.2.6.1.1 Elegir 5 puntos en el interior de la fuente a 2 m de distancia del elemento constructivo común coincidente con alguna de las zonas críticas medidas y realizar la medición de conformidad a lo descrito en los puntos 5.3.2.1 y 5.3.2.2 dirigiendo el micrófono o el sonómetro hacia los generadores como se describe en la figura N° 2B del Anexo 2 de la presente norma oficial mexicana.

#### 5.3.3 Procesamiento de datos de medición

##### 5.3.3.1 Si la medición se realiza de forma continua:

5.3.3.1.1 Debe obtenerse el tiempo transcurrido en la medición para cada punto.

5.3.3.1.1.2 Debe calcularse el nivel sonoro equivalente del período de observación medido por medio de la fórmula:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{N}{10}} dt \quad (1)$$

Donde:  $N_{eq}$  = nivel equivalente de cada punto

$N$  = nivel fluctuante para cada punto

$T$  = periodo de observación

5.3.3.1.1.3 Deben anotarse los valores de los niveles máximo absoluto y mínimo absoluto registrados en cada punto.

5.3.3.1.4 Debe obtenerse el área bajo la curva registrada en la tira de papel continua para cada punto de medición. (Las ordenadas deben considerarse a partir del origen).

5.3.3.1.5 Debe hacerse el cociente entre los valores obtenidos en los puntos 5.3.3.1.3 y 5.3.3.1.1. Este valor es la media de los niveles medidos y equivale al nivel 50 (N50).

5.3.3.1.6 A partir del nivel máximo se trazan rectas paralelas al eje longitudinal de la tira de papel (eje de los tiempos) en pasos de -2 dB y se determina la amplitud de los intervalos bajo la curva registrada, que a una escala determinada de el tiempo durante el que estuvo presente el nivel mínimo (-2k) dB.

5.3.3.1.7 Por una interpolación lineal de los 2 valores más cercanos a N10 resultantes de los puntos 5.3.3.1.5 debe obtenerse el nivel 10 (N10) (nivel que estuvo presente durante más del 10% del lapso total registrado).

5.3.3.1.8 Debe calcularse la desviación estándar de la medición en cada punto por la fórmula (8).

$$\sigma = \frac{N_{10} - N_{50}}{1.2817} \quad (2)$$

5.3.3.1.9 Debe calcularse el promedio de los niveles N50 y N10 obtenidos en cada punto.

$$\bar{N}_{50} = \frac{\sum N_{50}}{n} \quad (3)$$

$$\bar{N}_{10} = \frac{\sum N_{10}}{n} \quad (4)$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

y obtenerse el promedio para todos los puntos

$\bar{e}$

5.3.3.2 Si la medición se realiza de forma semicontinua.

5.3.3.2.1 Deben calcularse los niveles N50, N10 y la desviación estándar de las mediciones realizadas en cada punto, por las fórmulas siguientes:

$$N_{50} = \frac{\sum N_i}{n} \quad (5)$$

Donde:

Ni = nivel de observación i

n = número de observaciones por punto de medición

5.3.3.2.2 Debe calcularse el nivel equivalente para las observaciones en cada punto por la fórmula (8).

$$N_{eq} = 10 \log \frac{1}{m} \sum_m 10^{\frac{N}{10}} \quad (8)$$

Donde:

m = Número total de observaciones

N = Nivel observado

5.3.3.2.3 Debe calcularse el nivel equivalente de los niveles equivalentes obtenidos para cada punto por la fórmula (8).

5.3.3.2.4 Debe calcularse el promedio aritmético de los niveles N50, N10 y de la desviación estándar obtenidos para cada punto.

5.3.3.2.5 Si las mediciones son hechas con un registrador gráfico, deben señalarse en la tira de papel continua para cada punto de medición un mínimo de 35 valores observados seleccionándolos en forma aleatoria (de preferencia con una tabla de números aleatorios) y seguirse lo señalado en los puntos 5.3.3.1.1, 5.3.3.1.3, 5.3.3.1.4, 5.3.3.1.5 y 5.3.3.1.6 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.3.2.6 Si las mediciones son hechas con un registrador óptico, deben seleccionarse en forma aleatoria por lo menos 35 valores del registro de medición total en cada punto y seguirse lo señalado en los puntos 5.3.3.1.1, 5.3.3.1.3, 5.3.3.1.4, 5.3.3.1.5 y 5.3.3.1.6 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.3.2.7 Si las mediciones fueron hechas con un sonómetro integrador o con registrador magnético deben seguirse todas las actividades señaladas en el punto 5.3.2.1.

5.3.3.2.8 Calcúlese la reducción acústica de un elemento constructivo (pared, barda, etc. del predio colindante) que divide totalmente a la fuente fija por medio de la fórmula:

$$R = N_d - N_{eq} + 10 \log \frac{S}{10} \quad (9)$$

Donde:

R = reducción acústica del elemento en dB.

N<sub>d</sub> = nivel medido en el interior de la fuente por 5.3.2.6.

N<sub>eq</sub> = nivel equivalente en la Zona Crítica ZCI coincidente.

S = área del elemento común.

10 = absorción acústica normalizada del recinto receptor en Sabines métricos.

### 5.3.3.3 Correcciones

5.3.3.3.1 Obtengáse la corrección por presencia de valores extremos por medio de la fórmula (10):

$$C_e = 0.9023 \bar{\sigma} \quad (10)$$

Donde:

$\bar{\sigma}$  = promedio de las desviaciones estándar para los puntos de medición de la fuente fija.

5.3.3.3.2 Obtengáse la diferencia del promedio de los N50 de la fuente fija y del ruido de fondo.

$$\Delta_{50} = (N_{50})_{fuente} - (N_{50})_{fondo} \quad (11)$$

5.3.3.3.3 Si,  $\Delta_{50} > 0.75 \text{ dB}$  obtengáse la corrección por ruido de fondo por medio de la fórmula:

$$C_f = -(\Delta_{50} + 9) + 3\sqrt{4\Delta_{50} - 3} \quad (12)$$

5.3.3.4 Determinación del nivel de fuente fija.

5.3.3.4.1 Corrijase el N50 medio por extremos:

$$N'_{50} = \bar{N}_{50} + C_e \quad (13)$$

5.3.3.4.2 Determinése el mayor del N'50 y (N<sub>eq</sub>)<sub>eq</sub> y llámese a este valor nivel de fuente fija N<sub>ff</sub>.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5.3.3.4.3 Si la diferencia de los niveles N50 de fuente - N50 de fondo es mayor a 0.75 dB corrija-se el nivel de fuente fija por ruido de fondo.

$$(N')_{ff} = N_{ff} + Cf \quad (14)$$

5.3.3.4.4 Si,  $\Delta_{50} < 0.75 \text{ dB}$  la fuente fija no emite nivel sonoro.

5.3.3.4.5 Si existe un elemento constructivo total entre la fuente y la zona crítica coincidente corrija-se por aislamiento.

$$(N')_{ff} = (N')_{ff} + 0.5 \cdot R \quad (15)$$

5.3.3.4.5.1 La corrección por aislamiento a que se refieren los puntos 5.3.3.4.5 y 5.3.3.2.8 y la determinación de la reducción acústica referida en el punto 5.3.2.6 de la presente norma oficial mexicana puede ser obtenida por métodos alternos, los cuales deberán mostrar su justificación técnica y práctica.

5.3.3.4.6 Se determinará que la emisión de la fuente fija es contaminante si el nivel sonoro que resulte de la determinación realizada en el punto 5.3.3.4 de la presente norma oficial mexicana supera el límite máximo permisible correspondiente al que se establece en la Tabla 1 del punto 5.4 abajo mostrado.

#### 5.3.4 Informe de medición

5.3.4.1 Identificación total de la fuente fija. (Nombre o razón social, responsable, dirección).

5.3.4.2 Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de colindancias, situación aproximada de la misma en el interior del predio y las zonas críticas de emisión máxima de nivel sonoro.

5.3.4.3 Localización aproximada de los puntos de medición en el croquis anterior.

5.3.4.4 Características de operación de la fuente fija indicando los horarios de emisión máxima y la eventualidad en fuentes móviles internas.

5.3.4.5 Tipo de medición realizada (continua o semicontinua).

5.3.4.6 Equipo empleado, incluyendo marcas y número de serie.

5.3.4.7 Nombres completos de las personas que realizaron la medición.

5.3.4.8 Fecha y hora en la que se realizó la medición.

5.3.4.9 Otras eventualidades descriptivas (condiciones meteorológicas, obstáculos etc.)

5.3.4.10 Valor de los niveles N50, N10 y el nivel equivalente de  $N_{eq}$  si se trata de una medición semicontinua.

5.3.4.11 Nivel medio del ruido de fondo medido y además el nivel equivalente del ruido de fondo si se trata de una medición semicontinua.

5.3.4.12 Corrección por ruido de fondo.

5.3.4.13 Corrección por presencia de extremos.

5.3.4.14 Corrección por aislamiento.

5.3.4.15 Valor de nivel de emisión de la fuente fija.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5.3.4.16 En caso eventual, desviaciones respecto al procedimiento de la presente norma oficial mexicana, indicando la justificación teórica y la equivalencia con los valores que hubieran sido obtenidos por medio de esta norma.

5.4 Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación "A" emitido por fuentes fijas, son los establecidos en la Tabla 1.

#### T a b l a 1

##### HORARIO LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

de 6:00 a 22:00  
68 dB(A)

de 22:00 a 6:00  
65 dB(A)

#### 6 VIGILANCIA

6.1 La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como los Estados y en su caso los Municipios, son las autoridades competentes para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

#### 7 SANCIONES

7.1 El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana, será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

#### 8 BIBLIOGRAFIA

#### 9 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

9.1 Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

#### 10 VIGENCIA

10.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Dada en la ciudad de México, Distrito Federal, a los quince días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y cuatro.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-011-STPS-1994. RELATIVA A LAS  
CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO  
DONDE SE GENERE RUIDO.**

ARSENIO FARELL CUBILLAS, SECRETARIO DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, CON FUNDAMENTO EN LOS ARTICULOS 16, 40 FRACCIONES I Y XI DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL; 512, 523 FRACCION I, 524 Y 527 ULTIMO PARRAFO DE LA LEY FEDERAL DEL TRABAJO; 3o. FRACCION XI, 38 FRACCION II, 40 FRACCIONES I Y VII, 41 A 47 Y 52 DE LA LEY FEDERAL SOBRE METROLOGIA Y NORMALIZACION; 2o., 3o. Y 5o. DEL REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO Y 5o. DEL REGLAMENTO INTERIOR DE LA SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, Y

**C O N S I D E R A N D O**

Que con fecha 2 de julio de 1993, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de la presente Norma Oficial Mexicana;

Que en sesión de fecha 7 de julio de 1993, el expresado Comité consideró correcto el Anteproyecto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación;

Que con fecha 19 de julio de 1993, en cumplimiento del acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 Fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de la presente Norma Oficial Mexicana a efecto de que dentro de los siguientes 90 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de la Asociación Morelense de Médicos de Empresa, y de la Asociación Mexicana de Audiología y Foniatria, A. C., el Comité Consultivo Nacional procedió a su estudio y resolvió sobre los mismos en sesión de fecha 26 de octubre de 1993;

Que con fecha 16 de marzo de 1994, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicaron en el Diario Oficial de la Federación las respuestas otorgadas a los comentarios recibidos;

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que con fecha 26 de octubre de 1993, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

**NOM-011-STPS-1994.**

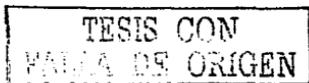
**RELATIVA A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO  
DONDE SE GENERE RUIDO.**

**1. Objetivo y Campo de Aplicación.**

Establecer las medidas para mejorar las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que por sus características, niveles y tiempo de acción sean capaces de alterar la salud de los trabajadores, así como la correlación entre los niveles máximos permisibles de ruido y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo.

**2. Referencias.**

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 123 Apartado "A" fracción XV.



Ley Federal del Trabajo, artículos 512 y 527.

Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Título Octavo, Capítulo II artículo 140.

### 3. Requerimientos.

#### 3.1 Para el Patrón.

3.1.1 Efectuar el reconocimiento y la evaluación a fin de conocer las características del ruido y sus componentes de frecuencia, así mismo, cumplir con las medidas de control necesarias para prevenir alteraciones en la salud de los trabajadores expuestos, tomando en cuenta la naturaleza del trabajo y en su caso lo siguiente:

- A) Las características de las fuentes emisoras.
- B) Las características del ruido en lo que respecta a magnitud y componentes de frecuencia.
- C) Las características, tiempo y repetición de la exposición de los trabajadores al ruido.
- D) Las alteraciones en la salud de los trabajadores que puedan derivarse de dicha exposición.
- E) Los métodos generales y específicos de prevención y control.

3.1.2 Conservar, mantener actualizado y exhibir a las autoridades laborales; cuando le sea requerido el expediente de registro de los niveles: sonoros continuos equivalentes y/o de ruido impulsivo según sea el caso y los tiempos de exposición de los trabajadores; con las fechas y horas en que se practiquen las evaluaciones respectivas, vigilar que no se rebasen los niveles máximos permisibles de exposición a ruido que se indican en la tabla 1 y gráfica 1 de esta NOM-STPS- y adoptar las medidas de seguridad e higiene que sean necesarias para cumplir con lo dispuesto en la presente NOM-STPS-.

3.1.3 Informar a sus trabajadores y la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene de las posibles alteraciones en la salud por la exposición a ruido y orientarlos sobre la forma de evitarlos o atenuarlos.

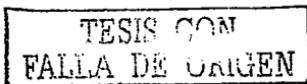
#### 3.2 Para el Trabajador:

3.2.1 Colaborar en las medidas de evaluación y observar las de control que se establezcan en los centros de trabajo donde desempeñen sus actividades. Cuando la exposición al riesgo requiera el equipo de protección personal auditivo deberá seguir las instrucciones dadas por el patrón.

3.3 La Comisión Mixta de Seguridad e Higiene colaborará en el desarrollo del programa de protección a la audición, en el que se refieren las medidas de control en esta NOM-STPS-, así como, supervisará el uso del equipo de protección personal auditivo.

3.4 Las autoridades del trabajo, los patronos y los trabajadores promoverán, mediante exámenes médicos iniciales y periódicos, el mejoramiento de las condiciones de salud de los trabajadores que vayan a estar o estén expuestos a ruido en los centros de trabajo a que se refiere esta NOM-STPS- o dichos exámenes se llevarán a cabo con la periodicidad que se requiera, de acuerdo a la exposición de cada caso.

3.5 La Secretaría del Trabajo y Previsión Social, escuchando la opinión de los sectores involucrados y con base en las experiencias disponibles y adecuadas, realizará las investigaciones y los estudios necesarios para actualizar los niveles máximos permisibles a que se refiere la presente NOM-STPS-.



En el Anexo No. 1 Que forma parte de la presente NOM-STPS- para todos los efectos correspondientes, se sugieren los puntos básicos que deberán comprender los exámenes médicos que practiquen a los trabajadores expuestos al ruido.

#### 4 Requisitos.

##### 4.1 Del Reconocimiento.

- A) Identificar las áreas y fuentes emisoras.
- B) Delimitar las zonas donde exista el riesgo de exposición.
- C) Seleccionar el método para efectuar la evaluación en las áreas de trabajo.
- D) Determinar la instrumentación de acuerdo al método seleccionado para efectuar la evaluación en las áreas de trabajo.

##### 4.2 De la Evaluación.

- A) Emplear los métodos de evaluación e instrumentos de medición señalados en la NOM-080-STPS.
- B) Cuantificar periódicamente en función del riesgo los niveles sonoros continuos y/o de ruido impulsivo, según sea el caso, aplicando cualquiera de los métodos indicados en el Anexo 2 de la presente NOM-STPS-, que forma parte del mismo para todos los efectos correspondientes.
- C) Asentar los resultados en el expediente de registro.

##### 4.3 Del Control.

4.3.1 Cuando la magnitud de los niveles de ruido, puedan alterar la salud de los trabajadores, según los niveles máximos permitidos de exposición referidos en la presente NOM-STPS-, se establecerá un programa de conservación de la audición, para lo cual deberán observar, en su orden, las siguientes medidas:

- A) Modificar o sustituir la maquinaria o equipo que este alterando el medio ambiente de trabajo con ruido capaz de causar daño a la salud de los trabajadores por otro que no lo cause.
- B) Modificar el procedimiento de trabajo.
- C) Modificar los componentes de frecuencia con mayor posibilidad de daño para la salud de los trabajadores.
- D) Atenuar la magnitud del ruido utilizando técnicas y materiales específicos que no produzcan nuevos riesgos a los trabajadores, procurando:
  - D.1 Aislar las fuentes emisoras y/o;
  - D.2 Disminuir su propagación.
- E) Desarrollar un programa de utilización del equipo de protección personal auditivo.
- F) Manejar los tiempos de exposición de los diferentes trabajadores por jornada de trabajo mediante la rotación de los mismos, a efecto de no exceder los máximos permisibles.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

4.3.2 Cuando el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE) en los centros de trabajo, se encuentre comprendido entre 90 y 105 dB(A), el tiempo de exposición de los trabajadores, con jornada diaria de 8 horas, no excederá el consignado en la tabla No. 1, si el resultado de la exposición se encuentra comprendido entre dos de las magnitudes consignadas en dicha tabla, se deberá consultar la gráfica 1 para obtener el tiempo máximo permisible de exposición preciso. Para valores mayores de 105 dB(A) no se permitirá exposición alguna.

4.3.3 Cuando se utilicen equipos de protección personal, en la aplicación de la tabla 1, se deberán considerar los niveles de atenuación que, conforme a la Norma Oficial Mexicana correspondiente, proporcionan dichos equipos, así como el tiempo que éstos sean utilizados. El método para determinar la reducción en dB(A), a partir del análisis de frecuencia, será el señalado en el Anexo 3 de esta NOM-STPS-, que forma parte del mismo para todos los efectos correspondientes.

4.3.4 Los centros de trabajo de nueva creación deberán ser planeados, instalados, organizados y puestos en funcionamiento de modo que la exposición de los trabajadores a ruido no exceda los niveles máximos permisibles. Al efecto se observarán las medidas a que se refiere la presente NOM-STPS-.

#### Anexos.

#### Anexo 1.

##### 1. Introducción.

Las presentes son recomendaciones de los puntos que debieran contemplar los exámenes médicos a realizarse a aquellos trabajadores expuestos a los Niveles Máximos Permisibles de ruido.

##### 2. Exámenes médicos que comprendan principalmente:

A) Antecedentes laborales, con énfasis en la exposición a agentes capaces de dañar el sistema auditivo.\*

B) Antecedentes heredo-familiares y personales patológicos que permitan identificar alteraciones previas en el sistema auditivo.\*

C) Exploración otoscópica y rinofaríngea.

\* A) y B), únicamente examen inicial.

##### 3. Estudio audiométrico que contenga como mínimo:

A) Exploración de vías aéreas en el intervalo de 125 a 8000 Hz.

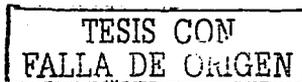
B) Exploración de vías óseas en el intervalo de 250 a 6000 Hz., y

C) Logoaudiometría (sólo que la audiometría tonal se encuentre alterada).

4. Otros estudios complementarios que de acuerdo con los resultados de estudio clínico, se requieran.

5. La periodicidad de los exámenes médicos deberá ser determinada en base a las características del ruido y de la exposición de los trabajadores; en el desarrollo de estos exámenes deberá contemplarse lo mencionado en los puntos 2, inciso "C", 3, incisos "A" y "B" y 4, de este Anexo.

#### Anexo 2.



### 1. Introducción.

En el presente Anexo, se establecen 3 métodos para el cálculo del Nivel Sonoro Continuo Equivalente, NSCE (equivalente continuous sound level leq).

#### I. Método de cálculo matemático.

El nivel de presión acústica en el tiempo "t" se define como:

$$npal = 10 \log \left( \frac{P_{efi}}{P_o} \right)^2 \dots (1)$$

Donde:

$P_{efi}$  = presión acústica eficaz valuada en el tiempo i.

$P_o$  = presión de referencia.

Siendo:

$$P_{efi} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T P_i^2(t) dt \right]^{1/2} \dots (2)$$

Se define al Nivel Sonoro Continuo

equivalente como:

$$NSCE = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{P_i(t)}{P_o} \right)^2 dt \dots (3)$$

Cuando NPA se filtra con la red de ponderación "A" de un sonómetro normalizado se tiene que:

$$NS^* A^* = 10 \log \left( \frac{P}{P_o} \right)^2 \dots (4)$$

Por lo Tanto

$$\text{anti log} \left( \frac{NS^* A^*}{10} \right) = \left( \frac{P}{P_o} \right)^2 \dots (5)$$

Sustituyendo 5 en 3 se tiene:

$$NSCE = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N ti \text{ anti log} \frac{NS^* A^* i}{10} \right]$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$NSCE = 10 \log \left[ \sum_{i=1}^N t_i \text{anti} \log \frac{NS^* A^* i}{10} \right] - 10 \log T \dots (6)$$

Donde:

NS\*A"i = Nivel Sonoro "A" evaluado en el periodo i.

ti = Tiempo de exposición del periodo y.

T = Tiempo total de exposición.

$$T = \sum_{i=1}^N t_i$$

### 1.1 Ejemplo:

Para calcular el NSCE de un trabajador que se ha expuesto a los siguientes Niveles Sonoros "A", en los tiempos especificados, se procederá como sigue:

1	114	10 min (1/6-hora)
2	105	45 min (3/4-hora)
3	92	300 min (5 horas)

Aplicando la ecuación 6, se tiene:

$$\begin{aligned}
 NSCE &= \\
 10 \log & \left[ \left[ \left( \frac{1}{6} \right) \text{anti} \log \left( \frac{114}{10} \right) \right] + \left[ \left( \frac{3}{4} \right) \text{anti} \log \left( \frac{105}{10} \right) \right] + \left[ (5) \text{anti} \log \left( \frac{92}{10} \right) \right] \right] \\
 - 10 \log & 5.196 = 10 \left[ \log \left( 4.186 \times 10^{10} + 2.37 \times 10^{10} + 1.92 \times 10^9 \right) \right] \\
 - 7.72 &= 10 \left[ \log \left( 7.348 \times 10^{10} \right) \right] - 7.72 = 109.4 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

## II. Método gráfico (1).

Este método emplea el nomograma de este anexo. La forma de utilizarlo es la siguiente:

II.1 Para cada periodo de exposición dibuje una línea recta que una el Nivel Sonoro (NS) en dB(A), localizando sobre la escala NS con el tiempo de exposición localizados sobre la escala t y anote el valor de f leído en la intersección de la recta con la escala central.

II.2 Sume todos los valores de f, recibidos durante la jornada de trabajo.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

II.3 Obtenga el valor del Nivel Sonoro Continuo Equivalente sobre la escala NSCE, opuesta al valor total de  $f$ , leído en la escala

correspondiente.

II.4 Ejemplo:

Exposición	NS,dB(A)	Tiempo de exposición (t)	(f)
1	114	10 min	5.2
2	105	45 min	3.0
3	92	5 horas	1.0
			9.2

Para el valor obtenido para  $f=9.2$  el NSCE es aproximadamente de 100 dB(A).

Para obtener el valor exacto del NSCE, deben emplearse las ecuaciones 7 y 8, mostradas en el nomograma de este Anexo.

Sin embargo, este método introduce un error gráfico, por lo cual solo debe emplearse para obtener la estimación rápida del NSCE.

III Método de la Organización Internacional de Normalización I S O - 1999 - 1975 (E).

Este método deberá emplearse preferentemente en aquellos centros de trabajo que tengan establecida la semana laboral de 40 horas.

El procedimiento del cálculo del NSCE consiste en las siguientes etapas:

III.1 La duración total durante la semana laboral para cada NS"A", se localiza en la primera columna de la tabla "A" de este Anexo, y el índice de exposición parcial al ruido, se lee en la intersección de la columna del NS"A", correspondiente.

Si la duración semanal total es menor a 10 minutos, se debe utilizar el valor mínimo de 10 minutos.

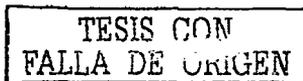
III.2 Se obtiene la suma de todos los índices de exposición parcial al ruido, la cual se denomina índice de exposición compuesta a ruido.

III.3 Se localiza el valor del índice de exposición compuesta al ruido en la tabla "B" de este Anexo y se lee en la columna derecha el NSCE resultante.

III.4 Para los valores no localizados en las tablas "A" y "B", deben emplearse las ecuaciones 9 y 10, respectivamente.

$$E_i = \frac{t_i}{40} \text{ anti log}(0.01(NS^A - 70)) \dots (9)$$

Donde:



$t_i$  = Es el tiempo total de exposición por semana en horas al NS "A".

Para el Nivel Sonoro Continuo Equivalente.

$$NSCE = 70 + 10 \log \sum_{i=1}^N E_i \dots (10)$$

III.5 Ejemplo:

Exposición	NS "A" dB(A)	$t_i$ (horas)	Ei
1	114	1.0	627.97
2	105	4.5	355.75
3	92	30.0	118.87
Ei =			1102.59

Empleando la ecuación 10 se obtiene:

$$NSCE = 100.41 \text{ dB(A)}$$

Debe tenerse presente que el NSCE obtenido por este método, indica el NSCE total de la exposición por semana laboral de 40 horas y no el NSCE para una jornada de trabajo.

III.6 Método de cálculo de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, para ruido impulsivo, de la Organización Internacional de Normalización, ISO-1999-1975 (G).

Este método no es aplicable a ruido impulsivo consistente de eventos únicos de ruido de una duración menor de un segundo de los transitorios únicos de alto nivel de una muy corta duración, por ejemplo de disparo.

Sin embargo, para ruido impulsivo consistente de una serie de eventos de aproximadamente igual amplitud (por ejemplo ruidos de martillo o remachado rápidamente repetidos), una aproximación del índice de exposición parcial al ruido puede basarse en un valor mayor de 10 dB(A) que el Nivel Sonoro Medido.

Tabla No. 1

Tiempo Máximo Permisible de Exposición por jornada de trabajo en función del Nivel Sonoro Continuo Equivalente.

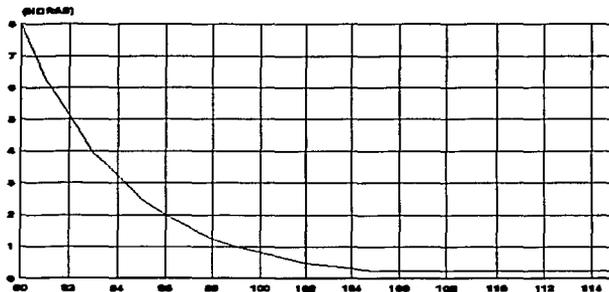
Tiempo (horas)	NSCE dB(A)
8	90
4	93
2	96
1	99
0.5	102

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

0.25

105

ANEXO 3  
GRAFICA No. 1



T.M.P.E. = TIEMPO MAXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICION  
N.S.C.E. = NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE

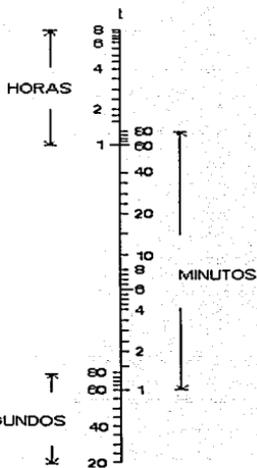
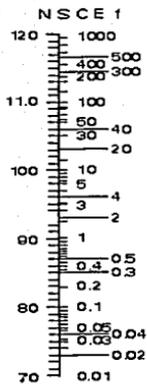
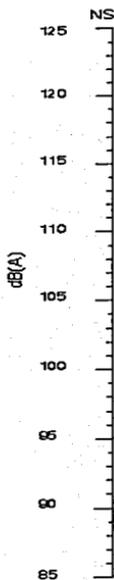
T.M.P.E. = TIEMPO MAXIMO PERMISIBLE DE EXPOSICION

N.S.C.E. = NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE

NOMOGRAMA DEL ANEXO 2  
EMPLEADO PARA CALCULAR

EL N.S.C.E.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



SEGUNDOS

$$f = \frac{t}{8} \text{ antilog } [0.1(n.s.-90)] \dots (7)$$

donde t esta dado en horas.

Tambien:

$$N.S.C.E. = \frac{\log f}{0.1} + 90 \dots (8)$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TABLA "A" DEL ANEXO 2

INDICE DE EXPOSICION PARCIAL AL RUIDO

DURACION POR SEMANA		INDICES DE EXPOSICION PARCIAL A RUIDO PARA VALORES DE NS ENTRE 80 Y 120 dB(A) Y CON DURACION DE 10 MIN. A 40 H. POR HORA								
HORAS	MIN	80	85	90	95	100	105	110	115	120
	10					5	15	40	130	415
	12					5	15	50	160	500
	14					5	20	60	185	585
	16					5	20	65	210	685
	18					10	25	75	235	750
	20					10	25	85	265	835
	25				5	10	35	105	330	1040
0.5	30				5	15	40	125	395	1250
	40				5	15	55	165	525	1670
	50				5	20	70	210	660	2080
1	60			5	10	25	80	250	790	2500
	70			5	10	30	90	290	920	2920
	80			5	10	35	105	330	1050	3330
1.5	90			5	10	40	120	375	1190	3750
	100			5	15	40	130	415	1320	4170
2	120			5	15	50	160	500	1580	4000
2.5				5	20	65	200	625	1980	5000
3				10	25	75	235	750	2370	6250
3.5			5	10	30	90	275	875	2770	7500
4			5	10	30	100	315	1000	3160	8750
5			5	15	40	125	395	1250	3950	10000
6			5	15	45	150	475	1500	4740	12500
7			5	20	55	175	555	1750	5530	15000
8			5	20	60	200	630	2000	6320	17000
9			5	25	70	225	710	2250	7110	20000
10		5	10	25	80	250	720	2500	7910	22500
12		5	10	30	95	300	950	3000	9490	25000
14		5	10	35	110	350	1100	3500	11100	30000
16		5	15	40	125	400	1260	4000	12600	
18		5	15	45	140	450	1420	4500	14200	
20		5	15	50	160	500	1580	6000	15800	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

25	5	20	65	200	625	1980	6250	19800
30	10	25	75	235	750	2370	7500	23700
35	10	30	80	275	875	2770	8750	27700
40	10	30	100	315	1000	3160	10000	31600

**TABLA "B" DEL ANEXO 2**

**NIVELES SONOROS CONTINUOS EQUIVALENTES A PARTIR DE LOS INDICES DE EXPOSICION  
COMPUESTA A RUIDO**

<b>INDICE DE EXPOSICION COMPUESTA A RUIDO</b>	<b>NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE NSCE. dB(A)</b>
10	80
15	82
20	83
25	84
30	85
40	86
50	87
60	88
80	89
100	90
125	91
160	92
200	93
250	94
315	95
400	96
500	97
630	98
800	99
1000	100
1250	101
1600	102
2000	103

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

2500	104
3150	105
4000	106
5000	107
6300	108
8000	109
10000	110
12500	111
16000	112
20000	113
25000	114
31500	115

## Anexo 5.

### 1. Introducción.

En este Anexo se presenta el método para determinar el factor de reducción R, en dB(A), a partir de la atenuación de la Presión Acústica por bandas de octava, proporcionada por los equipos de protección personal auditiva; empleando para determinar el Nivel Sonoro "A" real al que se expone los trabajadores que usan estos equipos.

### 2. Factor de Reducción R.

El Factor de Reducción R, en dB(A), se define como un número en dB(A), que resulta de la comparación entre las atenuaciones de la Presión Acústica por bandas de octava, proporcionadas por los fabricantes de equipo de protección personal auditiva y del análisis de frecuencia del ruido presente en el ambiente de trabajo, con el Nivel Sonoro "A" del mismo; siendo expresado en la ecuación 1 de este Anexo.

$$R = L_a - 10 \log S - 10.0 \dots (1)$$

Donde:

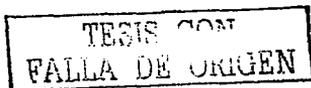
$L_a$  = Nivel Sonoro "A" en dB(A), respuesta lenta.

$$S = \sum_{i=1}^7 \text{anti log}(0.1(L_i - O_i)) \dots (2)$$

Donde:

$L_i$  = Nivel de Presión Acústica por bandas de octava.

$L_1$  = Nivel de Presión Acústica en la banda de 125 Hz.



L2= Nivel de Presión Acústica en la banda de 250 Hz.

L3= Nivel de Presión Acústica en la banda de 500 Hz.

L4= Nivel de Presión Acústica en la banda de 1000 Hz.

L5= Nivel de Presión Acústica en la banda de 2000 Hz.

L6= Nivel de Presión Acústica en la banda de 4000 Hz.

L7= Nivel de Presión Acústica en la banda de 8000 Hz.

Qi= Atenuación del Nivel de Presión Acústica por bandas de octava proporcionada por el fabricante del equipo para emplear.

Q1= Atenuación a 125 Hz + 16.2 dB.

Q2= Atenuación a 250 Hz + 8.7 dB.

Q3= Atenuación a 500 Hz + 3.3 dB.

Q4= Atenuación a 1000 Hz.

Q5= Atenuación a 2000 Hz - 1.2 dB.

Q6= (Promedio de las atenuaciones a 3000 y 4000 Hz.) - 1.0 dB.

Q7= (Promedio de las atenuaciones a 6000 y 8000 Hz.) + 1.1 dB.

El término de corrección, "10.0", es tomado en cuenta por posibles irregularidades del espectro de ruido, así como fugas de ruido, las cuales pueden ocurrir causadas por cabello largo, anteojos de seguridad, movimientos de cabeza, u otros factores.

#### 2.1 Ejemplo:

Si se tiene un Nivel Sonoro "A" de 95 dB(A), respuesta lenta en un centro de trabajo, el resultado del análisis de frecuencia es el siguiente:

Banda de octava	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Hz							
NPA/ Banda de octava	99	94	94	90	84	82	75
dB							

Y el espectro de atenuación del equipo XY, que se desea utilizar es el siguiente:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Banda de octava	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
Hz									
NPA/ Banda de octava	24	21	23	29	30	35	31	29	27
dB									

Se necesita conocer cual es el factor de reducción R, en dB(A), que proporciona dicho equipo:

Efectuando los cálculos se tiene;

$$Q1 = 24 + 16.2 = 40.2 \text{ dB.}$$

$$Q2 = 21 + 8.7 = 29.7 \text{ dB.}$$

$$Q3 = 23 + 3.3 = 26.3 \text{ dB.}$$

$$Q4 = 29 + 0 = 29.0 \text{ dB.}$$

$$Q5 = 30 - 1.2 = 28.8 \text{ dB.}$$

$$Q6 = \frac{35 + 31}{2} - 10 = 32 \text{ dB}$$

$$Q7 = \frac{29 + 27}{2} + 11 = 29.1 \text{ dB}$$

$$S = \text{Antilog}(9.9 - 4.02) + \text{antilog}(9.4 - 2.97) + \text{antilog}(9.4 - 2.63) + \text{antilog}(9 - 2.9) + \text{antilog}(8.4 - 2.88) + \text{antilog}(8.2 - 3.2) + \text{antilog}(7.5 - 2.91).$$

$$S = 11067510$$

Sustituyendo en 1.

$$R = 95 - 10 \log S - 10 = 95 - 70.44 - 10 = 14.56 \text{ dB(A).}$$

El equipo XY, atenuará 14.56 dB(A) para el ruido del centro de trabajo.

### 3. Factor de Reducción R, caso especial.

Cuando no sea efectuado un análisis en frecuencia de ruido en el centro de trabajo y se desea una estimación aproximada del Factor de Reducción R de un equipo, se puede emplear la ecuación 2 de este Anexo para su obtención.

Este cálculo es aproximado, y se basa en la asunción que el nivel de presión por bandas de es igual. Para muchos tipos de ruido dará resultados muy cercanos a los obtenidos por el método descrito en el apartado 2 de este Anexo.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Esta estimación sólo debe emplearse en tanto se tenga el análisis de frecuencia de ruido del centro de trabajo, el cual permita determinar, R, de forma precisa.

$$R = -10 \log s - 3 \dots (3)$$

Donde:

$$S = \sum_{i=1}^7 \text{anti log}(-0.1 \times Q_i)$$

Donde:

Q1 = Definido en el Apartado 2 de este Anexo.

### 3.1 Ejemplo:

Se desea calcular el factor R, proporcionado por el equipo XY, cuya atenuación por frecuencia es igual a la de 2.1.

Se tiene entonces:

Q1= 40.2, Q2= 29.7, Q3= 26.3, Q4= 29.0, Q5= 28.8, Q6= 32, Q7= 29.1.

S= Antilog (- 0.1 X 40.2) + antilog (-0.1 X 29.7) + antilog (- 0.1 x 26.3) + antilog (- 0.1 X 29.0) + antilog (- 0.1 X 28.8) + antilog (- 0.1 X 32) + antilog (- 0.1 X 29.1).

S= 0.007949655

R= 20.997 - 3 = 17.996 dB(A).

Anexo 6.

Definiciones de los términos y conceptos técnicos empleados en este NOM-STPS-.

Decibel:

Es una unidad de relación, expresada como 10 veces el logaritmo común (de base 10) del cociente de dos cantidades proporcionales en alguna forma a la potencia acústica. Se abreviará dB. Si el denominador del cociente es una cantidad cuyo valor ha sido previamente establecido, el decibel expresará una forma particular del significado del cociente, denominado nivel.

Exposición a ruido:

Es la interrelación del agente físico ruido y el trabajador, en un ambiente laboral.

Frecuencia:

La frecuencia de una función periódica es el recíproco del periodo de la misma. Su unidad es el Hertz (Hz). (ANSI S1.1-1960).

Índice compuesto de exposición al ruido:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Es la suma de los índices parciales de exposición al ruido para todos los niveles sonoros durante una semana de trabajo de 40 horas.

Índice parcial de exposición al ruido:

Es el índice denominado por un Nivel Sonoro y su duración durante una semana de trabajo de 40 horas.

Nivel de presión acústica (NPA):

Es igual a 20 veces el logaritmo decimal de la relación entre una presión acústica y una de referencia determinada. Se expresa en decibeles.

$$NP^{\circ} A^{\circ} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

Donde:

P = presión evaluada.

P<sub>0</sub> = Presión de referencia.

Para efectos de esta NOM-STPS- se considera:

a) p<sub>0</sub> = 20 Micro Pa

Pa = pascal.

(1Pa=1N/m<sup>2</sup>)

b) Que la presión acústica es la presión acústica eficaz (rms), a menos que otra cosa se especifique.

Nivel Sonoro "A":

Es el nivel de presión acústica ajustado a la función de ponderación denominada "A", con una presión eficaz de referencia de 20 Micro Pa. Se abreviará NS "A".

El Nivel Sonoro se expresará como un número dado en dB(A).

Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE):

Nivel Sonoro dB(A) que si estuviera presente durante 40 horas por semana, daría el mismo índice compuesto de exposición al ruido, que los distintos niveles sonoros medidos en una semana.

Presión Acústica eficaz:

La raíz cuadrada de la media aritmética del cuadrado de la presión acústica instantánea registrada en un punto y en el intervalo de tiempo de observación dado, el cual es determinado por las condiciones del método particular de medición.

Se expresa como:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$P_{ef} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt \right]^{1/2}$$

Donde:

$P_{ef}$  = presión acústica eficaz.

T = intervalo de tiempo.

P(t) = presión acústica instantánea.

Ruido:

Es un sonido desagradable o molesto, generalmente aleatorio que no tiene componentes bien definidos.

Es todo sonido que causa molestias interfiere con el sueño, trabajo o que lesiona o daña física o psicológicamente al individuo, la flora, la fauna y a los bienes de la nación o de particulares.

Para efectos de esta NOM-STPS- se entenderá como ruido a los sonidos cuyos niveles de presión acústica en combinación con el tiempo de exposición de los trabajadores a ellos, pueden ser nocivos a su salud o bienestar.

Ruido estable:

Es aquel que se registra con una variación de su nivel de presión acústica no superior a  $\pm 2$  dB.

Ruido fluctuante:

Es aquel ruido inestable que se registra durante un período mayor o igual a 1 s.

Ruido impulsivo:

Es aquel ruido inestable que se registra durante un período menor a 1 s.

Ruido inestable:

Es aquel que se registra con una variación de su nivel de presión acústica superior a  $\pm 2$  dB.

Sonido:

Es la vibración acústica capaz de producir una sensación audible.

#### 4. Bibliografía.

Organización Internacional de Normalización. Método de cálculo de Nivel Sonoro Continuo Equivalente para ruido impulsivo. ISO-1999-1975(e).

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

TRANSITORIOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**PRIMERO.-** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**SEGUNDO.-** Se deroga el Instructivo No. 11 relativo a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 11 de abril de 1985, con reformas y adiciones del 2 de junio de 1985.

México, D.F., a los treinta días del mes de marzo de mil novecientos noventa y cuatro.

SUFRAGIO EFECTIVO.

NO REELECCION

EL SECRETARIO DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL

ARSENIO FARELL CUBILLAS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFIA

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 4 DE MAYO DE 2001      PROYECTO  
DE MODIFICACIÓN DE LA NORMA      OFICIAL MEXICANA  
NOM-011-STPS-1993,

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 22 DE JUNIO DE 1994      PROYECTO  
DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-081-ECOL-1994

EL RUIDO Y SU CONTROL  
AUTOR: ALBERTO BEHAR  
EDITORIAL TRILLAS

FÍSICA Y TÉCNICA DE LA LUCHA CONTRA EL RUIDO  
AUTOR: GUNTER KURTZE  
EDICIONES HURMO

MEDIDA Y CONTROL DEL RUIDO  
AUTOR: JUAN M. OCHOA PÉREZ  
EDITORIAL MARCOMBO S.A.

RUIDO: LA NUEVA AMENAZA  
AUTOR. LUCY KAVALER  
EDITORIAL EDICIONES NUEVO MAR

LA TIRANÍA DEL RUIDO  
AUTOR: ROBERT ALEX BARRON  
EDITORIAL FONDO DE CULTURA ECONOMICA

ACTIVE CONTROL OF SOUND  
AUTOR: P. A. NELSON  
EDITORIAL ACADEMIC PRESS LIMITED

FUNDAMENTALS OF NOISE AND VIBRATION  
AUTOR: FRANK FAHY  
EDITORIAL E. Y. F.N. SPON.