

**ANÁLISIS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN, REDUCCIÓN
Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DEL RUIDO, EN UNA
PLANTA DE ELABORACIÓN DE HARINA**

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**ANÁLISIS DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN, REDUCCIÓN
Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DEL RUIDO, EN UNA
PLANTA DE ELABORACIÓN DE HARINA**

LEONEL ESTUARDO CORONADO ORELLANA

**Trabajo de Graduación presentado para optar
al grado académico de**

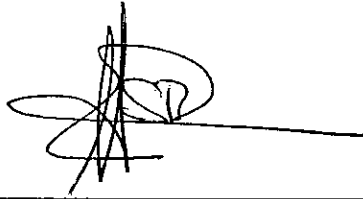
LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**GUATEMALA
2003**

**A Dios,
a mis padres,
a mis hermanas y
a mis abuelos**

Vo.Bo.

(f)



Ing. María José Sánchez

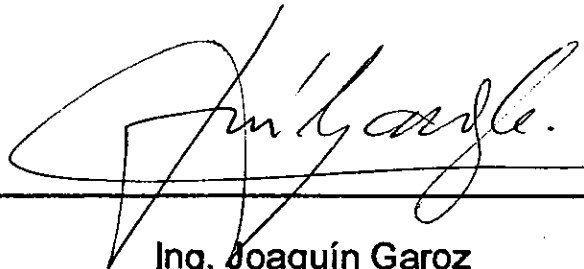
Tribunal

(f)



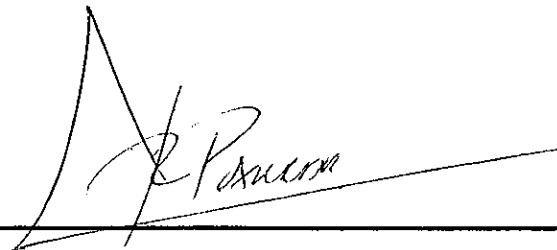
Ing. María José Sánchez

(f)



Ing. Joaquín Garoz

(f)



Ing. Carlos Paredes de la Vega

Fecha de abrobación: 9 de junio del 2003

RESUMEN

Actualmente Guatemala no cuenta con legislación sobre niveles permisibles de ruido. La cual proteja a trabajadores y regule la emisión de éste al exterior por parte de fábricas o plantas. Se presentan como apéndices dos reglamentos, el primero de ellos regula el nivel de ruido en ambientes externos, éste se encuentra en el congreso de la República pendiente de aprobación (apéndice no. 9) y, el segundo reglamento trata de la regulación del nivel de ruido en el ambiente laboral, éste es vigente en España (apéndice no. 10).

El estudio realizado comprende mediciones de niveles sonoros realizadas en la planta de elaboración de harina, Molino Central de Guatemala, en distintas fechas y horarios. Según los datos obtenidos y un estudio teórico realizado sobre el tema, se proponen soluciones principales y secundarias para resolver el problema del elevado nivel de ruido producido.

La solución principal del proyecto es el encapsulamiento de un compresor mediante una caseta acústica para evitar la propagación de ruido en el interior y exterior de la planta. Su costo es USD\$ 4,835.00, y su justificación de rendimiento es 1.67, la cual integra factores como grado de peligrosidad, costo y grado de corrección.

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
	A. Antecedentes históricos	2
	B. Acústica y Acústica Ambiental	3
	C. Sonido	4
	D. Ruido y tipos de ruido	5
	E. Nociones fundamentales de acústica	6
	F. Efectos nocivos del ruido	13
	G. Otros efectos	19
	H. Sordera profesional	20
	I. Reconocimiento médico de la función auditiva	22
III.	JUSTIFICACIÓN	23
IV.	OBJETIVOS	24
V.	PROBLEMA A RESOLVER	25
VI.	METODOLOGÍA	26

	Páginas
VII. RESULTADOS	27
A. Planta de elaboración de harina	27
B. Control y reducción del ruido	46
C. Control y reducción del alto nivel de ruido en una planta de elaboración de harina	54
VIII. DISCUSIÓN	72
IX. CONCLUSIONES	74
X. RECOMENDACIONES	75
XI. BIBLIOGRAFÍA	76
XII. APÉNDICE	77

LISTA DE TABLAS Y GRÁFICAS

Tabla	Página
2.1 Longitudes de onda de un sonido	8
2.2 Incremento del nivel sonoro	9
2.3 Ponderación en dB proporcionada por el filtro A	10
2.4 Campo de potencia acústica (W) y nivel de potencia acústica (LWA)	10
2.5 Suma de niveles sonoros	11
2.6 Corrección del ruido de fondo K1	12
2.7 Variación del nivel de presión acústica	13
2.1 Diagrama de ruido	14
2.8 Resumen de valores críticos	19
7.1 Fecha y horario de medición	27
7.2 Mediciones sonoras Patio	28
7.3 Mediciones sonoras Frente al Molino	29
7.4 Mediciones sonoras Zona Residencial	30
7.5 Mediciones sonoras Cuarto A	32
7.6 Mediciones sonoras Cuarto B	33
7.7 Mediciones sonoras Cuarto C	34
7.8 Mediciones sonoras Cuarto D	35

7.9	Mediciones sonoras Cuarto E	36
7.10	Mediciones sonoras Cuarto F	37
7.11	Mediciones sonoras Cuarto G	38
7.12	Mediciones sonoras Cuarto H	40
7.13	Mediciones sonoras Cuarto I	41
7.14	Mediciones sonoras Cuarto J	42
7.15	Mediciones sonoras Cuarto K	43
7.16	Mediciones sonoras Cuarto L	44
7.17	Mediciones sonoras Cuarto N	45
7.1	Gráfica comparación externa	46
7.18	Coefficientes de absorción acústica	49
7.19	Variación del nivel de presión acústica	51
7.20	Grado de peligro	52
7.21	Factor de coste	52
7.22	Grado de corrección	52
7.23	Medios de protección auditiva individual	53
12.1	Especificaciones técnicas Noise Off	77
12.2	Especificaciones técnicas RH – 90	77
12.3	Propiedades acústicas Acustifom LD	78
12.4	Resistencias Químicas Acustifom LD	78

12.5	Propiedades acústicas Acustifom RX	79
12.6	Resistencias Químicas Acustifom RX	80
12.7	Especificaciones técnicas FibberGlass	80
12.8	Cabinas acústicas	81
12.9	Especificaciones técnicas Estructuras Acústicas	82

I. INTRODUCCIÓN

El estudio acústico realizado en una planta de elaboración de harina busca la solución del elevado nivel de ruido producido por ésta. En este estudio se plantea la puesta en práctica de soluciones principales y secundarias, basadas principalmente en el entorno de propagación de las ondas sonoras, sobre un área de seguridad industrial no legislada en Guatemala.

Los niveles sonoros obtenidos en las mediciones realizadas en el interior de la planta se encuentran en un intervalo de 70 dBA a 105 dBA. Y los niveles exteriores entre 50 dBA y 70 dBA. Ambos intervalos representan peligro para trabajadores y vecinos. La búsqueda de soluciones de alto rendimiento y bajo costo es de gran importancia para la administración de la planta.

Las soluciones propuestas se enfocan en el entorno de propagación de las ondas sonoras y se realizó una selección de los materiales a utilizar pensando en rendimientos esperados contra costo, y facilidad de encontrarlos en el mercado. Cada solución evalúa puntos de gran importancia como lo son grado de peligro del nivel sonoro, costo de puesta en práctica y nivel de corrección. Estos factores sirven como parámetros de comparación para la elección de las soluciones sugeridas y de los resultados esperados.

Las soluciones propuestas ofrecen elevadas relaciones rendimiento –vrs. inversión, llevando los elevados niveles sonoros producidos por la planta a valores que disminuyan la incidencia del ruido en la salud de los trabajadores.

II. ANTECEDENTES

A. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Desde mucho antes de la era tecnológica, con sus motores, bocinazos, taladros y martillos neumáticos, el ruido era algo molesto e irritante. Por siglos se trató, mediante leyes, de confinarlo o reducirlo. En el año 720 A.C., la ciudad de Síbaris, avanzada de la civilización griega en Italia, tenía un sistema de zonificación destinado a separar las zonas industriales y residenciales de la ciudad. En el siglo I A.C. Julio César expidió una ordenanza que prohibía que las cuadrigas, o sea carros tirados por cuatro caballos, circularán de noche por las calles de Roma.

En la Edad Media, por ejemplo, un viejo reglamento municipal de la ciudad de Berna, Suiza (1403), prohibió a los molineros, amos o criados, circular con carros en tan mal estado que las tablas produzcan ruido y molesten o ensordezcan a la gente. Más adelante, en 1730, cuando el ruido de los carruajes perturbaba el descanso de los mismos ciudadanos, los concejales de esa ciudad denunciaron el tráfico nocturno de carruajes, práctica intolerable en una ciudad tan bien organizada. Los carruajes no podía circular en invierno a partir de las nueve de la noche y en verano después de las diez, una multa equivalente a unos 25 dólares, un tercio de la cual correspondía al denunciante, era un buen aliciente para que se velara por el cumplimiento de esta orden. Hacia 1766 fueron prohibidos los bailes después de las nueve de la noche; además, el regreso había de hacerse a pie y no en coche.

Las personas dedicadas al transporte de mercancías estaban obligadas a no perturbar los servicios religiosos. Un decreto de 1771 autoriza el transporte de vino, grano y otros comestibles entre Berna y Friburgo a condición de que no se perturbaran los servicios divinos en los pueblos y ciudades de paso con el ruido de las ruedas. Los decretos, leídos desde el púlpito, contenían con frecuencia violentas diatribas contra el ruido del tráfico. El ruido de las ruedas de hierro contra el empedrado debió ser relativamente tan estrepitoso como el producido por ciertos tubos de escape actualmente. Se obligó a los cocheros, conductores o jinetes a frenar sus caballos en las plazas, vías públicas o callejas, pudiendo sólo avanzar al paso o todo lo más a trote corto, aunque por la noche nunca más de prisa que al paso, a fin de proteger a los ancianos, ciegos, personas débiles o niños. Igual decreto fue emitido con fecha 1748 ordenando que a partir de las diez de la noche se interrumpiera el tráfico de toda clase de carruajes, caballos o carretas hasta la hora de abrir las puertas de la ciudad por la mañana.

También para Guatemala se puede señalar un ejemplo histórico de los problemas causados por el ruido y la búsqueda de una solución. En 1606 el dean

y cabildo de Santiago de Guatemala solicitan ayuda al rey para hacer reparaciones en la catedral y construir una torre para el campanario, esto último no sólo porque la iglesia carecía de lugar adecuado para campanas sino porque el ruido de las que había, colocadas en el lado sur de la fachada, molestaba a la Real Audiencia. La ayuda no se concedió inmediatamente, por lo que hubo de insistirse en 1611, a lo que su majestad respondió que se demostrara la necesidad que había. En la documentación que con tal motivo se acompañó, se indica conveniencia y necesidad de hacer la torre para el campanario en el ángulo nororiente de la manzana de la catedral (el más alejado del Real Palacio), para no ofender con su sonido [el de las campanas] al Real Acuerdo y Audiencia. La ayuda se concedió en 1613, y al año siguiente se inició la construcción que se completó hasta en la década siguiente. La torre perduró por casi un siglo, siendo demolida después por los terremotos de 1717, a causa de los daños que sufrió. Como dato curioso final debe señalarse que cuando se construyó la nueva catedral entre 1664-86, se conservó la torre, pero la nueva edificación tuvo sendas torres a los lados de la portada. Sin duda funcionaron como campanarios después de la demolición de la torre. Sin embargo, parece que entonces ya no molestó el ruido de las campanas a los miembros de la Audiencia.

B. ACÚSTICA Y ACÚSTICA AMBIENTAL

1. Acústica

La acústica es la rama de la física que estudia el sonido. El objetivo de la acústica, la descripción física del sonido, se realiza aplicando las ecuaciones de la mecánica a un fluido, lo que permite descubrir que el sonido consta de ondas de presión en un medio elástico. La comprensión del carácter ondulatorio del sonido y la posibilidad del cálculo de su intensidad constituyen la base teórica para su cuantificación y, como ha de verse, la del ruido.

2. Acústica ambiental

La definición del ruido es una actividad meramente subjetiva, por lo que se presenta únicamente como el conjunto de sonidos que se juzgan como molestos. Físicamente, este consiste de patrones de superposición de presiones acústicas sin relación entre sí, por lo que la teoría del sonido desarrollada le es completamente aplicable. Sin embargo, el efecto del ruido en altas exposiciones sobre las emociones humanas puede causar problemas psicológicos severos. Fisiológicamente, el ruido puede ser tanto inofensivo, como doloroso o peligroso para la salud, mientras también es un factor de importancia en el rubro económico. La medición del mismo y la introducción de criterios apropiados para su control son las tareas fundamentales de la acústica ambiental.

El ruido de más fácil tratamiento es el de poca variación en su intensidad en el tiempo y contenido espectral. Esta clase de ruido, producido normalmente por alguna maquinaria, tráfico vehicular lejano o equipos de ventilación, se evalúa usando criterios simples como niveles de interferencia al habla o curvas de tasación de ruido. El ruido de mayor variabilidad debe tomarse en cuenta con el uso de otros parámetros, ya sea considerando eventos individuales o promedios en el tiempo, como se hace regularmente en esquinas de algunas grandes ciudades del mundo.

Debido a la variabilidad de condiciones experimentales, tanto en el ruido ambiental como en las personas expuestas, el establecimiento de criterios generales de ruido aceptable para una comunidad es una tarea muy difícil. Ninguna medida única ha sido capaz de brindar toda la información necesaria en cada situación, por lo que existe una gran variedad de sistemas de tasación de ruido. Sin embargo, existe un consenso general en torno a la enorme utilidad de espectros instantáneos, así como de una ponderación del ruido por sus frecuencias, conocida como ponderación A, que permiten una medida aceptable del impacto del ruido.

C. SONIDO

Según el *Diccionario de la Lengua Española* de la Real Academia de la Lengua, sonido es la "sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico como el aire". Hablando más técnicamente, es el movimiento organizado de las moléculas causado por un cuerpo que vibra en un medio propicio (agua, aire, rocas o cualquier otro); o una alteración de las propiedades de un medio elástico —como presión, desplazamiento de partículas o densidad— que se propaga a través de un medio, o bien la superposición de tales alteraciones.

El sonido ocurre independientemente de que alguien lo escuche o no; no obstante, el sonido como sensación debe ser percibido por el oído y transmitido al cerebro, el cual lo registrará como fenómeno o hecho que ocurre en el mundo que rodea al oyente. El oído humano tienen una limitada amplitud de audición; así, se habla de tono audible, que es el sonido de una frecuencia que la persona promedio puede oír, que está entre 30 y 16,600 hertz (Hz), también llamado frecuencia audible; y, escala de audio frecuencia, que es la escala de frecuencias a las que es sensible el oído humano, que va de 15 a 20,000 Hz. Las ondas sonoras que tienen frecuencia por encima de la escala audible se llaman ultrasónicas, y las que están por debajo de esa escala se llaman infrasónicas.

Para los humanos el sonido tiene dos caracteres distintos: altura, que se mide mediante la frecuencia (un sonido se dice más alto o agudo cuando tienen más frecuencia, y más bajo o grave, cuando la tiene menor), y la intensidad, que

se refiere a su amplitud. Lo agudo o grave de un sonido depende de la relativa rapidez de las vibraciones que lo producen (es bajo cuando las vibraciones son relativamente intercaladas, y alto cuando son muy juntas). La intensidad puede afectar nuestra capacidad para oír. La intensidad de una onda sonora puede compararse con la altura de una ola del mar: es la fuerza con que golpea un objeto, característica que puede medirse con precisión por medio de instrumentos. Empero, lo que oye el oído humano es un tanto diferente de los puros valores físicos. Oímos mejor el sonido a frecuencia medias que a frecuencias muy bajas o altas.

D. RUIDO Y TIPOS DE RUIDO

1. Ruido

Definiciones:

El *ruido* suele definirse como un "sonido desagradable para el que lo percibe", lo cual señala que depende de cada persona si un sonido será o no ruido. En el Diccionario de la Lengua Española, se dice que ruido es "sonido inarticulado y confuso más o menos fuerte". La definición es ambigua en cuanto que incorpora como requisito que sea más o menos fuerte, no incluyendo, por lo tanto, sonidos inarticulados y confusos no fuertes.

En una definición más técnica se dice que ruido es sonido no deseado, ya sea por su efecto en los humanos, como por su efecto de fatiga o en el mal funcionamiento del equipo físico, o por su interferencia con la percepción o detección de otros sonidos.

Se puede definir el ruido como un sonido sin calidad musical agradable, o como un sonido no deseado. En consecuencia, incluso un tono musical puro puede describirse como un ruido sobre todo cuando es grave y muy alto. En la práctica un sonido o ruido rara vez comprende una sola frecuencia.

El ruido se considera cualquier sonido innecesario e indeseable y es por ello que puede deducirse que se trata de un riesgo laboral nada nuevo que ha sido observado desde hace siglos.

Ruido, sinónimo de contaminación audial en virtud de ser un sonido indeseable, que moleste o que perjudique a las personas, por encontrarse fuera arriba de los límites máximos.

2. Tipos de Ruido

Podemos realizar la clasificación del ruido atendiendo a varias condiciones.

Según su espectro, es decir según la cantidad de frecuencias que el ruido contiene:

- a. Banda ancha: Resulta de la combinación de un número de frecuencias
- b. Banda estrecha: Con este nombre clasificamos al ruido cuando sólo comprende unas pocas frecuencias.

Según su existencia en el tiempo (esta es la clasificación más utilizada):

- a. Constante: Si es continuo e invariable. También se le llama estable.
- b. Impacto: Cuando son impulsos individuales de corta duración (menos de un segundo) a intervalos regulares o irregulares. También se le llama de impulsos.
- c. Intermitente: Aquel que cae bruscamente al nivel del ruido ambiente con unos valores constantes durante tiempos mayores a un segundo.

Existen más tipos atendiendo a otras clasificaciones y necesidades.

- a. Constante: Atendiendo si la fluctuación de la presión es inferior a 2 dB.
- b. Fluctuante: Varía continuamente y de forma notable, siendo estas variaciones superiores a 2 dB.
- c. De Niveles Variados: Es del de sucesión de ruidos constantes a niveles diferentes.
- d. De Impulso casi-estable: Son una serie de impulsos de amplitud comparable con los intervalos inferiores a 0,2 segundos entre impulsos individuales.

E. NOCIONES FUNDAMENTALES DE ACÚSTICA

1. Formación del sonido

Los movimientos de un cuerpo vibrante, los golpes, los remolinos producidos por un escape de gas, etc. perturban la atmósfera circundante y originan contracciones y dilataciones de volúmenes de aire elementales que, en ciertas condiciones, impresionan el sentido del oído produciendo en éste una sensación que entendemos por sonido

El sonido por tanto es producido por una serie de vibraciones que se propagan en los sólidos, los líquidos y los gases. Se necesita pues un medio elástico para que el sonido pueda originarse y transmitirse. Ningún sonido puede ser transmitido en ausencia de materia (en el vacío).

2. Intensidad acústica (I)

La intensidad acústica es la cantidad de energía que, en la unidad de tiempo, atraviesa una unidad de superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de las ondas sonoras. Se mide en Wattios/m^2 .

La intensidad acústica es la propiedad del sonido que hace que éste se oiga fuerte o débil. Cuanto más fuertes sean las compresiones y dilataciones de las capas de aire, más intenso será el sonido.

A medida que una onda sonora se va alejando de su fuente de origen ha de cubrir una mayor superficie, con lo que su intensidad disminuye hasta hacerse imperceptible.

3. Frecuencia (f)

La frecuencia es el número de variaciones de presión de la onda sonora, en un segundo. Se mide en Hercios (Hz en atención al físico H.R. Hertz) o ciclos por segundo.

La frecuencia principal de un sonido es lo que determina su tono característico. Por ejemplo: el estruendo de un trueno lejano tienen una frecuencia baja, mientras que un silbido tienen una frecuencia alta.

El tono de un sonido compuesto está determinado por la frecuencia principal, que normalmente va acompañada de un cierto número de armónicos que determinan su timbre.

4. Longitud de onda (λ)

Conociendo la velocidad y la frecuencia de un sonido, podemos calcular su longitud de onda, mediante la fórmula:

$$\text{LONGITUD DE ONDA } (\lambda) = \frac{\text{VELOCIDAD DEL SONIDO}}{\text{FRECUENCIA}}$$

La longitud de onda es la distancia que se da en dos estados iguales de una onda sonora considerando un ciclo, un monte y un valle.

TABLA 2.1

Longitudes de onda de un sonido en el aire, ($V = 340$ m/seg), correspondientes a las frecuencias del espectro audible por el hombre:

Frecuencia (Hz)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Longitud de onda (m)	10.9	5.44	2.72	1.36	0.68	0.34	0.17	0.08	0.04

5. El decibelio y la escala logarítmica

Para acercar a la sensibilidad humana las grandes diferencias de las magnitudes acústicas y hacerlas más manejables, se utiliza la escala logarítmica, precediendo con la palabra nivel el concepto acústico considerado.

El decibelio (dB) (submúltiplo del Belio, llamado así en honor de A.G. Bell) es una unidad general de medida del nivel de sonido, que expresa la relación logarítmica entre una magnitud acústica medida y otro valor de ese mismo concepto que se toma como referencia.

El nivel (en inglés Level = L) seguido del concepto correspondiente, tiene la siguiente forma:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad \text{en dB}$$

El decibelio (dB) no es por lo tanto una unidad de medida fija, sino variable; es generalmente 10 veces la relación logarítmica entre una cantidad dada, y otra que se toma como referencia.

El nivel de ruido en una zona determinada aumenta a medida que se incrementa el número de fuentes productoras de ruido. Debido a que la escala de decibelios crece de forma logarítmica, no es posible sumar aritméticamente los distintos niveles de ruido. Por ejemplo; dos máquinas que producen 60 dBA cada una producirían, en combinación 63 dBA y no 120 dBA como podría parecer.

En otras palabras, pequeñas diferencias en el número de decibelios representan un aumento importante de la energía de un ruido y por lo tanto de su agresividad.

En un local existe una máquina que emite una determinada cantidad de ruido continuo. Si se coloca una segunda máquina que emite la misma cantidad de ruido que la primera, podemos suponer que se duplicará la intensidad sonora en el ambiente. Si se aplica la fórmula que define el nivel,

$$L_2 = 10 \log \frac{2 \cdot I}{I_0} = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log 2 = L + 3$$

TABLA 2.2

Incremento del nivel sonoro, a medida que aumenta el número de fuentes sonoras de igual nivel de potencia acústica:

Num. de máquinas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100
Nivel resultante dB	L	L+3	L+5	L+6	L+7	L+8	L+8.5	L+9	L+9.5	L+10	L+20

6. Presión acústica (P) y nivel de presión acústica (L_p)

La presión acústica es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto, cuando existe una onda sonora, y la presión estática en ese mismo punto cuando hay sonido, dicho de otro modo, es la variación de la presión atmosférica en un punto, consecuencia de la propagación a través del aire de una onda sonora.

Para que un sonido sea audible, la variación de la presión acústica debe estar comprendida entre $2 \cdot 10^{-4}$ μ bar y 200 μ bar, siendo esta última la presión acústica máxima que el oído humano puede soportar sin que se produzcan daños.

Como quiera que la presión acústica tiene un margen muy amplio de variación, en la práctica se utiliza el nivel de presión acústica. Entre ambas magnitudes existe la siguiente relación logarítmica:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2}$$

siendo

L_p = nivel de presión acústica en decibelios (dB)

P = presión acústica medida

P₀ = presión acústica de referencia = $2 \cdot 10^{-5}$ Pascales = $2 \cdot 10^{-4}$ μ bar

La presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ Pascales), en la Unión Europea, se corresponde con la menor presión acústica audible, que puede detectar el oído joven y sano a una frecuencia de 1,000 Hz. La escala logarítmica le atribuye el valor de 0 dB.

7. Ponderación A

La percepción del sonido por el oído humano es un complejo proceso, porque depende del nivel de presión acústica y de la frecuencia del sonido. Dos ruidos pueden tener un nivel de presión acústica similar y presentar una distribución de frecuencias diferente, siendo tanto más molesto e irritante un ruido cuanto mayor sea su componente en altas frecuencias.

Con este objeto, al sonómetro se le acoplan unos filtros de medición, designados con la letras A,B,C.... tales filtros producen una ponderación (reducción o aumento) de la medida, en función de la frecuencia, que responde a las curvas A,B,C....

TABLA 2.3

Ponderación (aumento o reducción) en dB proporcionada por el filtro A:

Frecuencia (Hz)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Ponderación A (\pm dB)	-39	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	-6

Como puede verse, el filtro "A" produce una atenuación relativamente importante de los sonidos de baja frecuencia, no modifica el sonido de alrededor de 1,000 Hz, y aumenta algo la medida de los sonidos entre 2,000 y 4,000 Hz. Esta es precisamente la forma en que funciona el oído humano, que percibe más débilmente los sonidos de baja frecuencia que los de alta, del mismo nivel de presión acústica. Es decir, que utilizando un filtro que responda a la curva A, se logra registrar el sonido de forma casi idéntica a como el oído humano percibe.

8. Potencia acústica (W) y nivel de potencia acústica (L_w)

La potencia acústica es la cantidad de energía acústica que emite una fuente sonora en la unidad de tiempo. Se mide en vatios.

Esta energía se transmite inmediatamente y se reparte, teóricamente, según una superficie esférica envolvente cada vez mayor, lo que explica la disminución del sonido a medida que nos alejamos de la fuente sonora. Por lo cual representa un criterio idóneo para comparar las características acústicas de diferentes fuentes sonoras.

Por lo general, estamos continuamente rodeados de varias fuentes sonoras que emiten ruido simultáneamente, dándose el caso de que la fuente acústicamente más potente es la que predomina sobre las más débiles. Por lo tanto, para reducir el ruido, como primera medida, debemos actuar sobre las fuentes sonoras de mayor potencia acústica.

TABLA 2.4

Campo de la potencia acústica (W) y nivel de potencia acústica ponderado A (L_{WA}), en dBA, tomando como referencia 1 picowatio (10⁻¹²).

Potencia acústica en vatios (W)	Nivel de potencia acústica L _{WA} en dBA	FUENTES SONORAS
10 EXP 10	220	El mundo
10 EXP 4	160	Volcán en erupción
1000	150	Tormenta con truenos
100	140	Avión a reacción

Potencia acústica en watos (W)	Nivel de potencia acústica L _{WA} en dBA	FUENTES SONORAS
10	130	Fuegos de artificio
1	120	Motocicleta sin silenciador
0.1	110	Perforadora neumática
0.01	100	Tráfico de camiones 20 mts.
0.001	90	Automóvil
10 EXP -4	80	Trituradora
10 EXP -5	70	Extractor
10 EXP -6	60	Conversación ordinaria
10 EXP -7	50	Lavadora
10 EXP -8	40	Frigorífico
10 EXP -9	30	1,000 relojes
10 EXP -10	20	100 relojes
10 EXP -11	10	10 relojes
10 EXP -12	0	reloj

Como quiera que la potencia acústica tiene un margen muy amplio de variaciones, que obligaría a manejar cifras con muchos ceros, en la práctica se utiliza el nivel de potencia acústica. Entre ambas magnitudes existe la siguiente relación logarítmica:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

siendo

L_w = nivel de potencia acústica en decibelios (dB).

W = potencia en watos

W_0 = potencia acústica de referencia = 10^{-12} watos (1 picowatio).

La potencia acústica de referencia (1 picowatio) se corresponde con el nivel 0 dB de la escala de decibelios.

9. Suma de niveles sonoros

Si se miden por separado los niveles de presión acústica de dos fuentes de ruido, el nivel resultante cuando ambas actúan simultáneamente se obtiene sumando al mayor de los dos valores, la corrección obtenida de la tabla siguiente:

TABLA 2.5

Suma de niveles sonoros:

Diferencia entre mediciones	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 y 12
Incremento	3	2.6	2.2	1.8	1.5	1.2	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3

Ejemplo:

- Medición de la máquina 1: 86 dBA
- Medición de la máquina 2: 80 dBA
- Diferencia entre mediciones: $86 - 80 = 6$ dBA

Con esta diferencia entramos en la tabla y se ve que le corresponde un incremento de 1 dBA.

Por lo tanto, el nivel de presión acústica producido por ambas máquinas (fuente de ruido) en el punto de medición será de $86 + 1 = 87$ dBA.

10. Resta de niveles sonoros

Cuando se mide, en un punto dado, el ruido que produce una máquina en funcionamiento, estamos midiendo en realidad el ruido que produce esa máquina más el ruido de fondo del lugar donde se encuentre instalada.

Si se desea conocer el nivel de ruido emitido por la máquina en concreto, se deberá realizar dos mediciones, una del ruido de fondo (con la máquina parada) y otra del ruido total (con la máquina en funcionamiento), para realizar luego la resta de los dos valores obtenidos que, como es sabido, tratándose de decibelios, no será una resta aritmética. Esta operación se lleva a cabo utilizando la tabla siguiente:

TABLA 2.6
Corrección del ruido de fondo K_1

Diferencia entre mediciones $L_{pt} - L_{pf}$	< 3	3	4 y 5	6 - 9	> 10
Corrección K_1	> 3	3	2	1	0

Ejemplo:

- Ruido de fondo medido: 80 dBA
- Ruido total medido: 87 dBA
- Diferencia entre mediciones: $87 - 80 = 7$ dBA

Con esta diferencia entramos en la tabla y se ve que le corresponde una corrección de 1 dBA.

Por lo tanto, el ruido imputable a la máquina será de $87 - 1 = 86$ dBA.

Si la diferencia entre las dos mediciones es inferior a 3 dBA, el nivel de ruido de fondo es demasiado alto para una medición precisa. Si está entre 3 dBA y 10 dBA, será necesaria una corrección K_1 . Si la diferencia es superior a 10 dBA, no es necesaria la corrección.

11. Porcentajes de niveles sonoros

Al referirse a porcentajes de niveles sonoros, es preciso aclarar con detalle a qué concepto se aplica, porque los resultados de una u otra interpretación son completamente distintos. Un ejemplo:

En una oficina hay 70 dBA de nivel de presión acústica y, al objeto de aislar cierta zona, se pretende instalar una barrera acústica. El instalador nos dice que de esta forma se reducirá el ruido en un 50%. ¿Qué se entiende? ¿Qué el nivel de presión acústica en la zona aislada bajará? ¿Qué el nivel de presión acústica en la zona aislada bajará hasta 35 dBA? ¿Qué la energía acústica se rebajará a la mitad de su valor? En este último caso. ¿Cuál será el nivel de presión acústica resultante?

En el caso de que el instalador se está refiriendo a la energía acústica. Como puede comprobarse, en la tabla siguiente, la energía acústica se reduce a la mitad de su valor, el nivel de presión acústica sólo habrá disminuido en 3 dBA (de 70 dBA a 67 dBA), con lo que se apreciará simplemente una cierta mejoría del ambiente sonoro, en la práctica de este caso se reduce unos 10 dBA quedando en unos 60 dBA, lejos de los 35 dBA supuestos en la primera impresión.

TABLA 2.7

Variación del nivel de presión acústica (L_{pA}), en función del valor de la energía acústica, y efectos apreciados:

Valoración del nivel de presión acústica, en dBA	Valor de energía acústica	% de incremento o disminución acústica, respecto del valor de referencia	Efecto apreciado por un oído normal
+ 10	1,000	+ 900 %	Mucho más ruido
+ 3	200	+ 100 %	Algo más de ruido
0	100	—	Valor de Referencia
- 1	80	- 20 %	Reduc. Inapreciable
- 3	50	- 50 %	Cierta mejoría
- 6	25	- 75 %	Clara mejoría
- 10	10	- 90 %	Notable mejoría
- 20	1	- 99 %	Gran mejoría

F. EFECTOS NOCIVOS DEL RUIDO

1. El oído y la audición

Las ondas sonoras llegan al tímpano a través del conducto auditivo. El tímpano reacciona a la diferencia de presiones existente entre el conducto auditivo y la cavidad del oído medio (cuya presión es igual a la atmosférica, gracias a la trompa de eustaquio que comunica el oído medio con la faringe) y comienza a vibrar.

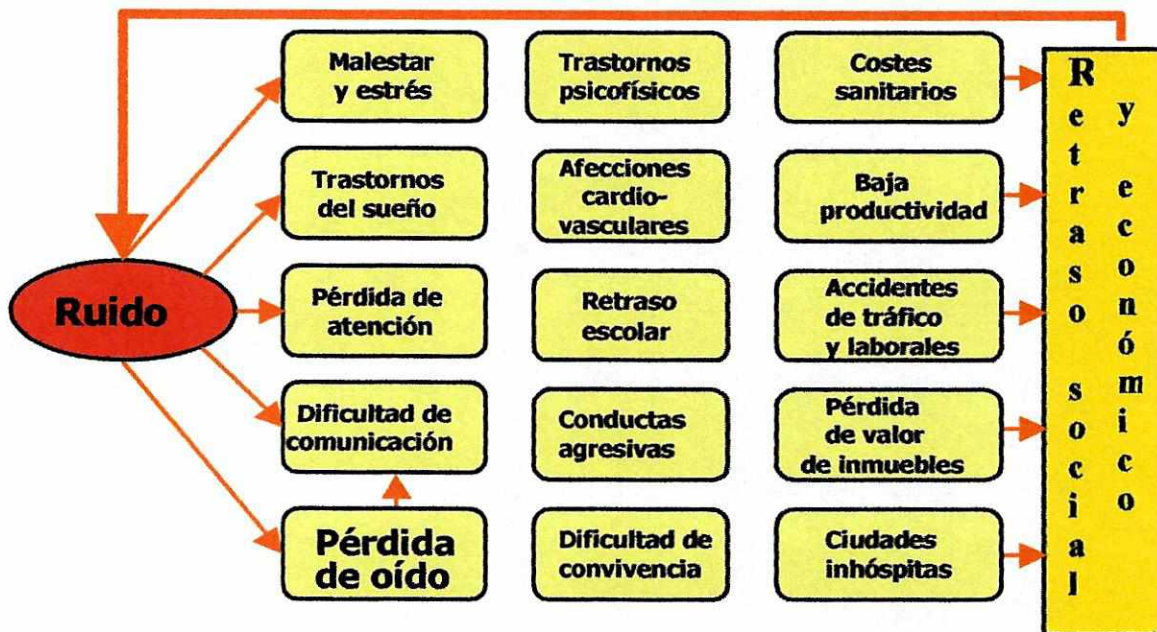
La vibración del tímpano se transmite, por medio de la cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo) y a través de la ventana oval, a la cóclea o caracol situada ya en el oído interno.

El caracol, que es el auténtico órgano de la audición, está dividido longitudinalmente en dos partes por la membrana basilar. Las vibraciones procedentes de la ventana oval se transmiten al fluido que llena el caracol y ponen en movimiento diferentes partes de la membrana basilar en cuya cara superior se encuentran miles de células pilosas muy sensibles (células ciliadas), de naturaleza variada –cada grupo de células es excitado por un tono determinado– que actúan como captosres sensoriales y que, a través del nervio acústico, envían al cerebro los impulsos recibidos, donde son analizados e interpretados como sonidos.

El ruido actúa a través del órgano del oído sobre los sistemas nerviosos central y autónomo. Cuando el estímulo sobrepasa determinados límites, se produce sordera y efectos patológicos en ambos sistemas, tanto instantáneos como diferidos. A niveles mucho menores, el ruido produce malestar y dificultad o impide la atención, la comunicación, la concentración, el descanso y el sueño. La reiteración de estas situaciones puede ocasionar estados crónicos de nerviosismo y estrés lo que, a su vez, lleva a trastornos psicofísicos, enfermedades cardiovasculares y alteraciones del sistema inmunitario.

Todo ello puede, a su vez, causar disminución del rendimiento escolar o profesional, accidentes laborales o de tráfico, conductas antisociales, tendencia al abandono de las ciudades, pérdida de valor de los inmuebles, etc. No es casualidad que los países y regiones menos desarrollados sean también los más ruidosos.

DIAGRAMA 2.1



2. Efectos sobre la persona:

a. Malestar:

Éste es quizá el efecto más común del ruido sobre las personas y la causa inmediata de la mayor parte de las quejas.

La sensación de malestar procede no sólo de la interferencia con la actividad en curso o con el reposo, sino también de otras sensaciones, menos definidas pero a veces muy intensas, de estar siendo perturbado. Las personas afectadas hablan de intranquilidad, inquietud, desasosiego, depresión, desamparo, ansiedad o rabia. Todo ello contrasta con la definición de salud dada por la Organización Mundial de la Salud: "Un estado de completo bienestar físico, mental y social, no la mera ausencia de enfermedad" (Lanas, 1998).

El nivel de malestar varía no solamente en función de la intensidad del ruido y de otras características físicas del mismo que son menos objetivas (ruidos chirriantes, estridentes, etc.) sino también de factores tales como miedos asociados a la fuente del ruido, o el grado de legitimación que el afectado atribuya a la misma. Si el ruido es intermitente influyen también la intensidad máxima de cada episodio y el número de éstos.

Durante el día se suele experimentar malestar moderado a partir de los 50 dBA, y fuerte a partir de los 55 dBA. En el periodo vespertino, en estado de vigilia, estas cifras disminuyen en 5 dBA o 10 dBA.

b. Interferencia con la comunicación:

El nivel del sonido de una conversación en tono normal es, a un metro del hablante, de entre 50 dBA y 55 dBA. Hablando a gritos se puede llegar a 75 u 80. Por otra parte, para que la palabra sea perfectamente inteligible es necesario que su intensidad supere en alrededor de 15 dBA al ruido de fondo.

Por lo tanto, un ruido superior a 35 dBA o 40 dBA provocará dificultades en la comunicación oral que sólo podrán resolverse, parcialmente, elevando el tono de voz. A partir de 65 dBA de ruido, la conversación se torna prácticamente imposible.

Situaciones parecidas se dan cuando el sujeto está intentando escuchar otras fuentes de sonido (televisión, música, etc.). Ante la interferencia de un ruido, se reacciona elevando el volumen de la fuente creándose así una mayor contaminación sonora sin lograr totalmente el efecto deseado.

c. Pérdida de atención, de concentración y de rendimiento:

Es evidente que cuando la realización de una tarea necesita la utilización de señales acústicas, el ruido de fondo puede enmascarar estas señales o interferir con su percepción. Por otra parte, un ruido repentino producirá distracciones que reducirán el rendimiento en muchos tipos de trabajos, especialmente en aquellos que exijan un cierto nivel de concentración.

En ambos casos se afectará la realización de la tarea, apareciendo errores y disminuyendo la calidad y cantidad del producto de la misma. Además, algunos accidentes, laborales como de circulación, pueden deberse a este efecto.

En ciertos casos las consecuencias serán duraderas, por ejemplo, los niños sometidos a altos niveles de ruido durante su edad escolar no sólo aprenden a leer con mayor dificultad, sino que también tienden a alcanzar grados inferiores de dominio de la lectura.

d. Trastornos del sueño:

El ruido influye negativamente sobre el sueño de tres formas diferentes:

- 1) Mediante la dificultad o imposibilidad de dormirse, efecto que se suele dar a partir de los 27 dBA o 30 dBA.

- 2) Causando interrupciones del sueño que, si son repetidas, pueden llevar al insomnio. La probabilidad de despertar depende de la intensidad del suceso ruidoso y también de la diferencia entre ésta y el nivel previo de ruido estable. A partir de 45 dBA la probabilidad de despertar es grande.
- 3) Disminuyendo la calidad del sueño. A partir de los 35 dBA, el sueño es menos tranquilo, se acortan sus fases más profundas y las de sueño paradójico (los sueños), aumenta la presión arterial y el ritmo cardiaco, hay vasoconstricción y cambios en la respiración.

Como consecuencia de todo ello, la persona no habrá descansado bien y será incapaz de realizar adecuadamente al día siguiente sus tareas cotidianas. Si la situación se prolonga, el equilibrio físico y psicológico se ven afectados.

Con frecuencia se intenta evitar estas situaciones mediante la ingestión de tranquilizantes o el uso de taponos auditivos. Ambas prácticas son, poco saludables como también lo es la de cerrar las ventanas para dormir (que por otra parte resulta imposible durante buena parte del año en climas cálidos).

e. Daños al oído:

El efecto descrito en este apartado (pérdida de capacidad auditiva) no depende de la cualidad más o menos agradable que se atribuya al sonido percibido ni de que éste sea deseado o no. Se trata de un efecto físico que depende únicamente de la intensidad del sonido.

- a) En la sordera transitoria o fatiga auditiva no hay aún lesión. La recuperación es normalmente casi completa al cabo de dos horas y completa a las 16 horas de cesar el ruido.
- b) La sordera permanente está producida por exposiciones prolongadas a niveles superiores a 75 dBA u 80 dBA, por sonidos de corta duración de entre 110 dBA y 140 dBA, o por acumulación de fatiga auditiva sin tiempo suficiente de recuperación. Hay lesión del oído interno (células ciliadas externas de la superficie vestibular y de las de sostén de Deiters). Se produce inicialmente en frecuencias no conversacionales, por lo que el sujeto no la advierte hasta que es demasiado tarde. Puede ir acompañada de zumbidos de oído (acúfenos) y de trastornos del equilibrio (vértigos).

f. El estrés y sus manifestaciones y consecuencias:

Las personas sometidas de forma prolongada a situaciones como las anteriormente descritas (ruidos que hayan perturbado y frustrado sus esfuerzos de atención, concentración o comunicación, o que hayan afectado a su tranquilidad, su descanso o su sueño) suelen desarrollar algunos de los síndromes siguientes:

- a) Cansancio crónico
- b) Tendencia al insomnio, con el consiguiente agravamiento de la situación.
- c) Enfermedades cardiovasculares: hipertensión, cambios en la composición química de la sangre, isquemias cardíacas, etc. Se han mencionado aumentos de hasta el 20% o el 30% en el riesgo de ataques al corazón en personas sometidas a más de 65 dBA en período diurno.
- d) Trastornos del sistema inmune responsable de la respuesta a las infecciones y a los tumores.
- e) Trastornos psicofísicos tales como ansiedad, irritabilidad, náuseas, jaquecas, y neurosis o psicosis en personas predispuestas a ello.
- f) Cambios conductuales, especialmente comportamientos antisociales tales como hostilidad, intolerancia, agresividad, aislamiento social y disminución de la tendencia natural hacia la ayuda mutua.

g. Grupos especialmente vulnerables:

Ciertos grupos son especialmente sensibles al ruido. Entre ellos se encuentran los niños, los ancianos, los enfermos, las personas con dificultades auditivas o de visión y los fetos. Estos grupos tienden, por razones de comodidad, a estar subrepresentados en las muestras de las investigaciones en las que se basa la normativa sobre ruidos por lo que muchas veces se minusvaloran sus necesidades de protección.

8. La habituación al ruido:

Es cierto que a medio o largo plazo el organismo se habitúa al ruido, empleando para ello dos mecanismos diferentes por cada uno de los cuales se paga un precio distinto.

El primer mecanismo es la disminución de la sensibilidad del oído y su precio, la sordera temporal o permanente. Muchas de las personas a las que el ruido no molesta dirían, si lo supiesen, que no oyen el ruido o que lo oyen menos que otros o menos que antes. Tampoco oyen otros sonidos que son necesarios.

El segundo mecanismo, son las capas corticales del cerebro las que se habitúan. Dicho de otra forma, oímos el ruido pero no nos damos cuenta. Durante el sueño, las señales llegan a nuestro sistema nervioso, no nos despiertan pero desencadenan consecuencias fisiológicas de las que no somos conscientes: frecuencia cardíaca, flujo sanguíneo o actividad eléctrica cerebral. Es el llamado síndrome de adaptación.

G. OTROS EFECTOS:

1. Sociales y económicos:

La combinación de todos los factores anteriormente descritos ha convertido en inhóspitas muchas ciudades, deteriorando en ellas fuertemente los niveles de comunicación y las pautas de convivencia. En consecuencia, un número creciente de ciudadanos ha fijado su residencia en lugares inicialmente más sosegados.

No es éste el lugar más apropiado para analizar con detalle todas las distorsiones sociales y económicas que así se están creando. Junto con las ciudades, se están abandonando estilos de vida y de convivencia que han durado milenios, sin que existan por el momento alternativas económica y psicológicamente aceptables:

Según la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión de la Unión Europea, "en la actualidad [principios de 2001] las pérdidas económicas anuales en la Unión Europea inducidas por el ruido ambiental se sitúan entre los 13.000 y los 38.000 millones de euros. A esas cifras contribuyen, por ejemplo, la reducción del precio de la vivienda, los costes sanitarios, la reducción de las posibilidades de explotación del suelo y el coste de los días de abstención al trabajo" (Lanas, 1998). Ejemplos de efectos no incluidos en la estimación son la baja productividad laboral, la disminución de los ingresos por turismo de ciertas ciudades históricas, los daños materiales producidos en edificios por sonidos de baja frecuencia y vibraciones, etc.

Tabla 2.8
Resumen de Valores Críticos

A partir de los valores de la primera columna se empiezan a sentir, dependiendo de la sensibilidad individual, los efectos señalados en la segunda.

Decibelios	Efectos nocivos
27 – 30	Dificultad en conciliar el sueño
35	Pérdida de calidad del sueño
40	Dificultad en la comunicación verbal
45	Probable interrupción del sueño

Decibelios	Efectos nocivos
50	Malestar diurno moderado
55	Malestar diurno fuerte
65	Comunicación verbal imposible
70 – 80	Pérdida de oído a largo plazo
110 - 140	Pérdida de oído a corto plazo

H. SORDERA PROFESIONAL

La sordera profesional puede definirse como la pérdida de audición causada por determinadas condiciones de trabajo.

Hipoacusia inducida por el ruido, es la forma más frecuente de sordera profesional.

Desde el punto de vista patológico, las lesiones más importantes se producen en las células ciliadas del órgano de Corti, con fragmentación y pérdida de cilios, rotura de la membrana celular, salida de los núcleos, proliferación de las células de Deiters en sustitución del neuroepitelio.

Estas alteraciones son irreversibles.

La naturaleza y localización de las lesiones está estrechamente relacionada con el tipo de estímulo acústico. Los tonos puros de frecuencia baja, en el rango de 250-500 Hz provocan lesiones en la espiral apical de la cóclea mientras que los tonos puros de frecuencias altas (en el rango de 3.000-4.000 Hz) producen, preferentemente, lesiones en el neuroepitelio de la espiral basal.

La gravedad de las lesiones depende del nivel de energía sonora. Sin embargo, no se conoce el mecanismo mediante el cual el ruido causa lesiones selectivas en las células de órgano de Corti, para la percepción del ruido, en el rango de 4.000-6.000 Hz, para el que, independientemente de las características espectrales del ruido en el medio ambiente de trabajo, las hipoacusias inducidas por ruido siempre presentan idénticas características.

1. Modificaciones pasajeras y permanentes del umbral.

La exposición de una persona con audición normal a un ruido intenso causará una pérdida de audición que se traducirá en una elevación del umbral de audición.

Cuantitativamente, este fenómeno se refleja en una diferencia de decibelios entre el umbral de audición cuando el oído está en reposo y cuando se produce un estímulo auditivo.

Caso de que esta pérdida de audición sea pasajera, se le aplica la denominación de Modificación Temporal del Umbral (*MTU*). Existen dos tipos de *MTU*:

- a. MTU_2 = fatiga auditiva fisiológica, ésta se mide dos minutos después de cesar la exposición al ruido, dura menos de dieciséis horas y su nivel tiene una correlación lineal con la intensidad sonora y el logaritmo del tiempo de exposición, en tanto que la restauración de la audición normal (recuperación) es proporcional al logaritmo de tiempo para el que la mayor parte del MTU_2 se recupera en las primeras dos o tres horas.
- b. *MTU* prolongada = fatiga auditiva patológica = MTU_{16} cuando persiste durante más de dieciséis horas desde el momento en que cesó el estímulo auditivo, y su recuperación presenta una relación lineal con el tiempo.

El MTU_2 y el MTU_{16} son probablemente, la expresión de un estado de agotamiento funcional que se produce en los receptores auditivos periféricos, dando lugar a una excitación inadecuada en relación con el nivel de estímulo.

Si el agotamiento funcional se mantiene dentro de ciertos límites, cuando se produce el cese de la exposición es posible lograr una recuperación completa, con retorno al estado de partida.

Sin embargo, si el agotamiento es excesivo, con un tiempo de recuperación alargado y una exposición al ruido que se repite día tras día, no existe posibilidad de alcanzar una recuperación completa y, lentamente, el *MTU* se va transformando en una lesión irreversible, es decir, en una modificación permanente de el umbral (*MPU*), es decir, en una pérdida de audición inducida por el ruido.

La distinción entre el *MTU* y el *MPU* es artificial y deriva, primordialmente, de consideraciones relativas al tipo de organización del trabajo, más que del comportamiento del aparato auditivo.

Puesto que las exposiciones al ruido de carácter profesional tienen una duración media de ocho horas diarias y se siguen de 16 horas de descanso es cierto que si, al final de este periodo persiste el *MTU*, debe considerarse como de carácter patológico en la medida en que constituye la presunción de una lesión permanente.

En consecuencia, parece ser que existe una estrecha relación entre el *MTU* y el *MPU* en cuanto a que para un determinado tipo de ruido, tomando medidas del *MTU* producido y conociendo la duración de las exposiciones, es posible predecir el *MPU*.

La recuperación de la MTU causada por impulso o impacto sonoro es diferente de la que se produce como consecuencia de la exposición a un ruido constante u oscilante.

En el caso del ruido de impulso pueden distinguirse tres fases:

- Una recuperación inicial parcial.
- Una degradación máxima de la audición entre 2 - 6 horas después de la terminación de la exposición.
- Una recuperación progresiva lenta a lo largo de las siguientes 100 horas.

Ciertos autores interpretan esta diferencia como una prueba de que el ruido de impacto lesiona el órgano de Corti mediante un mecanismo destructivo más de índole mecánico que metabólico.

La sordera inducida por ruido puede ser de tipo crónico, si se desarrolla a lo largo de un periodo de años; o de tipo agudo, cuando se produce en un escenario de tiempo relativamente reducido, producida como consecuencia de un estímulo acústico intenso pero de corta duración.

I RECONOCIMIENTO MÉDICO DE LA FUNCIÓN AUDITIVA

La Audiometría es un examen de la agudeza auditiva, que se lleva a cabo con la ayuda de un aparato denominado audiómetro. El audiómetro, a través de unos auriculares, envía al sujeto en estudio unos sonidos puros de distinta frecuencia. El sujeto, situado en una habitación silenciosa o preferentemente en una cabina insonorizada, va indicando si oye o no tales señales. Para cada frecuencia, se comienza por emitir un sonido del nivel 0 dB, que es el nivel más bajo susceptible de ser captado por un oído joven y sano (umbral de audición tipo). De esta manera se puede determinar el umbral de audición del sujeto en estudio y detectar incipientes sorderas.

Los reconocimientos médicos de la función auditiva deben realizarse con carácter preventivo, de forma generalizada a los trabajadores expuestos al ruido de una u otra forma, el objeto de clasificar a las personas según su grado de audición y contraindicar, si procede en ciertas tareas, sugerir las recomendaciones oportunas para conservar el oído, y verificar la eficacia de las medidas de lucha contra el ruido y de protección individual adoptadas.

III. JUSTIFICACIÓN

El Molino Central de Guatemala es una planta procesadora de harina con más de 50 años de experiencia el cual, comprometido con el país y su gente, desea ofrecer mejores condiciones laborales a sus empleados, creando un mejor ambiente de trabajo. Conscientes del problema, un elevado nivel de ruido que dificulta en gran manera la comunicación entre empleados y repercute en su estado emocional. Como reto personal, decidí corregir en el mayor grado posible esta situación, poniendo en práctica mis conocimientos en el ámbito de seguridad industrial y manejo de personal, y colaborar con la planta procesadora de harina en la búsqueda de soluciones a este problema.

Según estudios de la Organización Mundial de la Salud, la exposición al ruido por parte de trabajadores puede incurrir en patrones de inadaptación psicofisiológica con repercusiones neurosensoriales, endocrinas, cardiovasculares, digestivas, etc. El ruido pasa a comportarse como un estresante de tipo físico, también puede ocasionar trastornos del equilibrio, sensación de malestar y fatiga, que afecta los niveles de rendimiento de operarios y por ende el de la planta, la cual busca optimizar su capacidad.

IV. OBJETIVOS

A) GENERAL

Búsqueda de la solución más viable a las condiciones existentes, con referencia al problema del constante elevado nivel de ruido producido por esta planta.

B) ESPECÍFICOS

1. Definir lo que es el ruido, medir su nivel de presión acústica, exponer los efectos en los trabajadores y verificar legislación guatemalteca al respecto, si existe.
2. Determinar el nivel de ruido producido por la planta elaboradora de harina y sus alrededores.
3. Proponer soluciones al problema del ruido intenso al que son expuestos los trabajadores de la planta.
4. Determinar el costo y rendimiento esperado de las soluciones propuestas.

V. PROBLEMA A RESOLVER

Elevado nivel de ruido producido por una planta de elaboración de harina.

Análisis de prevención y reducción del elevado nivel de presión acústica producido por la planta, interna y externamente.

Optimización de la posible inversión sobre los rendimientos esperados.

VI. METODOLOGÍA

- Elaboración de marco teórico a través de un estudio bibliográfico.
- Exposición del problema a resolver.
- Mediciones internas y externas de la cantidad de ruido a través de un decibelímetro.
- Planteamiento de soluciones para prevención y reducción del ruido.
- Estimación de costos y rendimiento de soluciones.
- Elección de las mejores soluciones.

VII. RESULTADOS

A. PLANTA DE ELABORACIÓN DE HARINA

La planta procesadora de harina se encuentra dividida en dos edificios, limpia de trigo y mollienda de trigo.

Para la elaboración del proyecto se realizaron mediciones de los niveles sonoros en 76 puntos, distribuidos enfrente de la planta (10 puntos), en el entorno de la zona residencial próxima (8 puntos), en el patio de descarga de trigo y transporte de harina (3 puntos) y en el interior de los edificios de limpia y mollienda (55 puntos).

Las mediciones de niveles sonoros se realizaron basados en el Artículo 13. Procedimiento de Medición, del Reglamento de prevención y control de la contaminación audial examinado por el gobierno de Guatemala y pendiente de aprobación (Apéndice No. 9).

TABLA 7.1

Fecha y horario de medición:

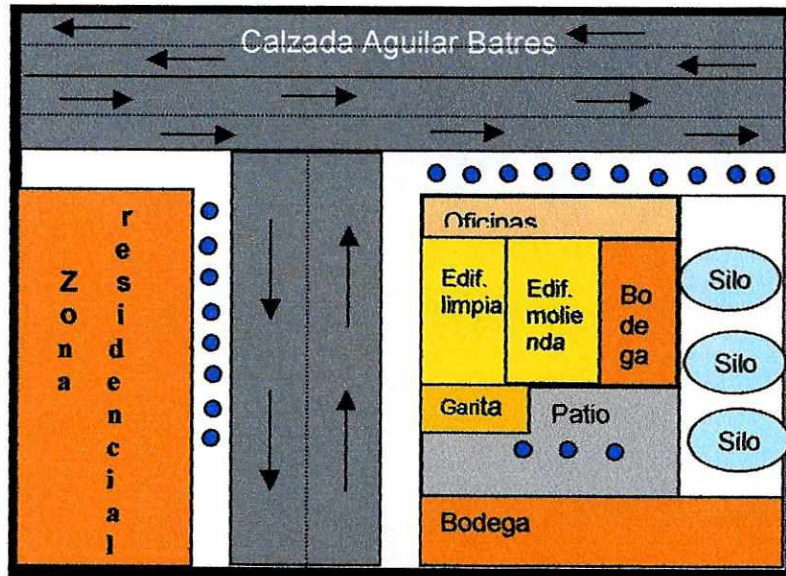
Día	Hora de inicio	Hora final
Jueves 28/11/2002	9:30 hrs.	14:40 hrs.
Miércoles 04/12/2002	7:30 hrs.	12:30 hrs.
Miércoles 18/12/2002	0:00 hrs.	1:30 hrs.
Jueves 19/12/2002	20:00 hrs.	2:20 hrs.
Domingo 8/12/2002	17:00 hrs.	18:30 hrs.
Lunes 21/04/2003	0:00 hrs.	1:40 hrs.

Las mediciones de niveles sonoros fueron realizadas distintos días y en horario diferente para abarcar posibles variaciones de éstos. Los lugares seleccionados se ubicaron en los distintos cuartos de la planta como se diagrama a continuación mediante puntos azules y, los puntos verde representan puestos de trabajo fijos de los cuales se obtuvo en nivel equivalente diario de ruido al que se ven expuestos los trabajadores.

El número de puntos de medición busco ser el ideal para captar posibles variaciones de niveles, y estos abarcan valor máximo, valor mínimo y valor medio en un intervalo de tiempo.

Se describe brevemente las actividades que se llevan a cabo por cuarto.

1. Plano General
21 puntos de medición externa



a. Patio

TABLA 7.2

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	14:00 hrs.	68.0	70.3	69.2
2	14:05 hrs.	72.0	74.3	73.2
3	14:10 hrs.	70.0	74.7	72.3
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	12:15 hrs.	69.0	72.0	70.5
2	12:20 hrs.	71.0	73.0	72.0
3	12:25 hrs.	68.3	71.7	70.0
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	0:15 hrs.	64.0	66.3	65.2
2	0:20 hrs.	65.7	68.7	67.2
3	0:25 hrs.	62.3	65.0	63.7
Fecha 21/04/2003 Lunes molino detenido				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	0:00 hrs.	51	52	51,5
2	0:05 hrs.	<50	50	-
3	0:10 hrs.	<50	50	-

b. Frente al molino

Densidad baja de tráfico

TABLA 7.3

Fecha 18/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	0:00 hrs.	70	73	71.5
2	0:05 hrs.	65	68	66.5
3	0:10 hrs.	60	65	62.5
4	0:15 hrs.	61	64	62.5
5	0:20 hrs.	64	67	65.5
6	0:25 hrs.	62	66	64
7	0:30 hrs.	70	73	71.5
8	0:35 hrs.	70	72	71
9	0:40 hrs.	59	64	61.5
10	0:45 hrs.	60	63	61.5
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	0:50 hrs.	72	74	73
2	0:55 hrs.	62	64	63
3	1:00 hrs.	70	74	72
4	1:05 hrs.	59	62	60.5
5	1:10 hrs.	65	67	66
6	1:15 hrs.	66	68	67
7	1:20 hrs.	61	64	62.5
8	1:25 hrs.	74	76	75
9	1:30 hrs.	61	64	62.5
10	1:35 hrs.	63	66	64.5
Fecha 8/12/2002 Domingo				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	17:00 hrs.	75	78	76.5
2	17:05 hrs.	74	80	77
3	17:10 hrs.	78	80	79
4	17:15 hrs.	65	72	68.5
5	17:20 hrs.	74	79	76.5
6	17:25 hrs.	75	82	78.5
7	17:30 hrs.	72	76	74
8	17:35 hrs.	73	79	76
9	17:40 hrs.	71	76	73.5
10	17:45 hrs.	72	76	74

Fecha 21/04/2003 Lunes Molino detenido				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	0:15 hrs.	62	64	63
2	0:20 hrs.	60	62	61
3	0:25 hrs.	59	61	60
4	0:30 hrs.	55	57	56
5	0:35 hrs.	54	56	55
6	0:40 hrs.	56	58	57
7	0:45 hrs.	61	64	62,5
8	0:50 hrs.	56	59	57,5
9	0:55 hrs.	57	60	58,5
10	1:00 hrs.	55	57	56

c. Zona residencial

A un costado del molino

TABLA 7.4

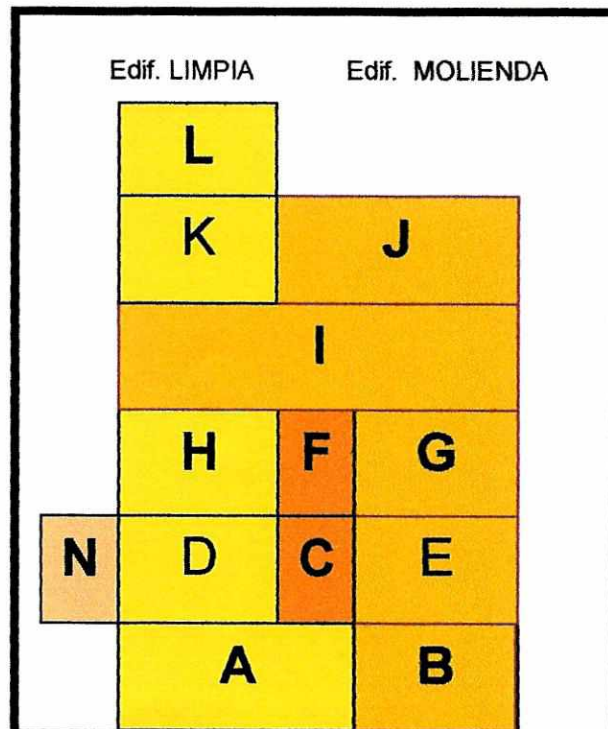
Fecha 18/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	0:50 hrs.	65	68	66.5
2	0:55 hrs.	63	65	64
3	1:00 hrs.	60	63	61.5
4	1:05 hrs.	59	61	60
5	1:10 hrs.	57	59	58
6	1:15 hrs.	56	59	57.5
7	1:20 hrs.	55	57	56
8	1:25 hrs.	53	56	54.5
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	1:40 hrs.	65	67	66
2	1:45 hrs.	65	66	65.5
3	1:50 hrs.	60	64	62
4	1:55 hrs.	58	60	59
5	2:00 hrs.	57	60	58.5
6	2:05 hrs.	57	59	58
7	2:10 hrs.	56	58	57
8	2:15 hrs.	53	57	55
Fecha 8/12/2002 Domingo				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	17:50 hrs.	62	67	64.5
2	17:55 hrs.	61	67	64
3	18:00 hrs.	62	67	64.5
4	18:05 hrs.	61	65	63

Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
5	18:10 hrs.	61	64	62.5
6	18:15 hrs.	60	62	61
7	18:20 hrs.	57	61	59
8	18:25 hrs.	54	61	57.5

Fecha 21/04/2003 Lunes molino detenido				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	1:05 hrs.	59	62	60,5
2	1:10 hrs.	58	61	59,5
3	1:15 hrs.	55	56	55,5
4	1:20 hrs.	54	55	54,5
5	1:25 hrs.	51	54	52,5
6	1:30 hrs.	<50	<50	-
7	1:35 hrs.	<50	<50	-
8	1:40 hrs.	<50	<50	-

2. Edificios

55 puntos de mediciones internas



a. Cuarto A:

Primer piso (2 motores, 2 elevadores, 8 mezcladoras)
 Área (11.2 * 7.80)m² con puerta abierta (2.05 * 1.90)m²

El trigo ingresa es transportado a través de los elevadores hacia arriba o abajo dependiendo de su destino. Los motores mueven las mezcladoras que calculan la cantidad de trigo exacta que ingresara a los bancos de molienda situados en el segundo nivel (cuarto E).

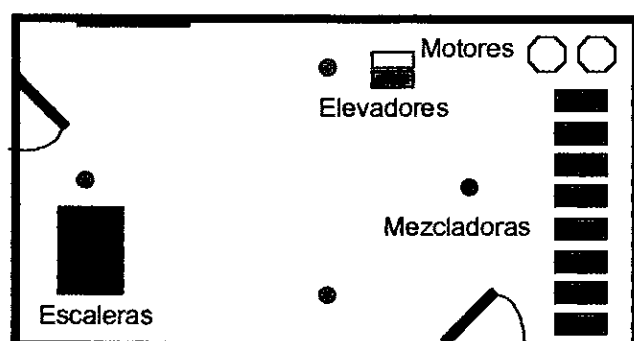


TABLA 7.5

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	9:30 hrs.	82.3	83.7	83
2	9:35 hrs.	82.0	83.0	82.5
3	9:40 hrs.	81.0	82.0	81.5
4	9:45 hrs.	82.0	83.3	82.67
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	7:30 hrs.	83.3	85.3	84.3
2	7:35 hrs.	83.3	84.7	84.0
3	7:40 hrs.	83.7	85.0	84.3
4	7:45 hrs.	86.0	88.7	87.3
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	20:00 hrs.	79.7	82.3	81.0
2	20:05 hrs.	80.0	82.0	81.0
3	20:10 hrs.	80.0	81.7	80.8
4	20:15 hrs.	79.3	82.7	81.0

b. Cuarto B

Primer piso (compresor, transmisiones)
 Área (12.5 * 7.8)m² sin ventanas abiertas

El compresor ubicado en este cuarto eleva los subproductos relacionados con la harina (afrecho y granillo) a los silos donde se empaican. Las transmisiones de este cuarto son las que hacen funcionar los bancos de molienda en el segundo piso (cuarto E).

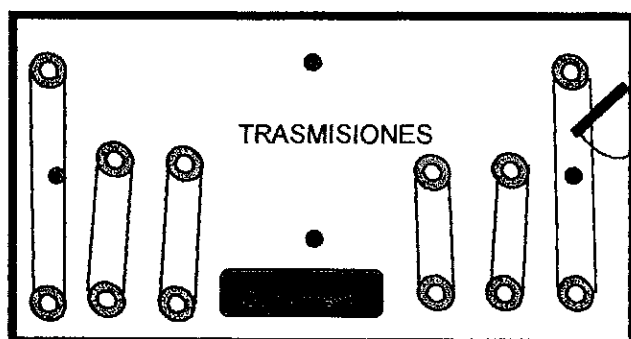


TABLA 7.6

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	9:50 hrs.	92.3	93.0	92.7
2	9:55 hrs.	93.3	93.7	93.5
3	10:00 hrs.	92.3	93.7	93.0
4	10:05 hrs.	92.0	94.0	93.0
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	7:50 hrs.	92.3	93.7	93.0
2	7:55 hrs.	92.7	94.3	93.5
3	8:00 hrs.	91.7	93.7	92.7
4	8:05 hrs.	92.3	94.0	93.2
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	20:20 hrs.	91.0	93.0	92.0
2	20:25 hrs.	91.7	93.3	92.5
3	20:30 hrs.	90.0	92.0	91.0
4	20:35 hrs.	91.0	92.7	91.8

c. Cuarto C

Segundo piso (corredor)

Área (3.75 * 7.8)m²

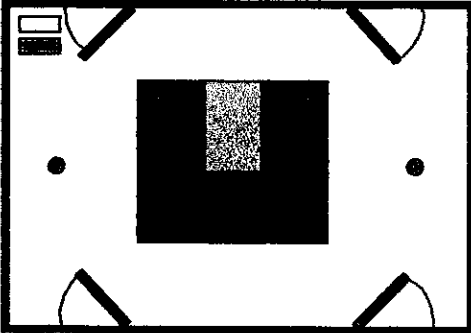


TABLA 7.7

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	10:20 hrs.	86.0	86.3	86.2
2	10:25 hrs.	86.0	86.7	86.3
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	8:15 hrs.	86.7	87.7	87.2
2	8:20 hrs.	86.0	87.7	86.8
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	20:40 hrs.	85.3	86.7	86.0
2	20:45 hrs.	85.0	86.7	85.8

d. Cuarto D

Segundo Piso (triaryejona)

Área (4.40 * 7.80)m²

La triaryejona pertenece al proceso de la 2da. limpia de trigo y se encarga de separar piedras y pedazos de trigo quebrado.

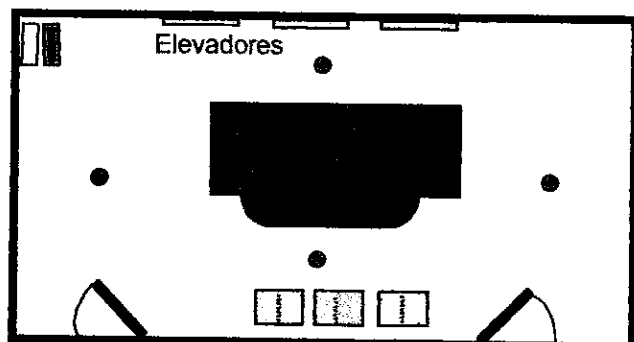


TABLA 7.8

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	10:40 hrs.	86.0	86.0	86.0
2	10:45 hrs.	86.0	86.0	86.0
3	10:50 hrs.	86.0	86.0	86.0
4	10:55 hrs.	91.7	92.3	92.0
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	8:25 hrs.	93.7	95.0	94.3
2	8:30 hrs.	95.7	97.7	96.7
3	8:35 hrs.	96.0	97.7	96.8
4	8:40 hrs.	95.7	97.7	96.7
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	20:50 hrs.	89.0	91.7	90.3
2	20:55 hrs.	88.3	91.3	89.8
3	21:00 hrs.	89.7	93.0	91.3
4	21:05 hrs.	90.3	93.7	92.0

e. Cuarto E

Segundo piso (12 bancos de molienda)
 Área (7.80 * 12.5)m² con 4 ventanas abiertas

Los bancos de molienda, como su nombre lo indica, muelen el trigo para convertirlo en harina y subproductos. Cada banco de molienda de denomina con la letra T y un número; es el cuarto de mayor importancia en la elaboración de harina.

Los subproductos que se obtienen en cada banco son enviados a los cernedores que se encuentran ubicados en el cuarto piso (cuarto I) para limpieza y regresan nuevamente a el banco de molienda siguiente en el proceso.

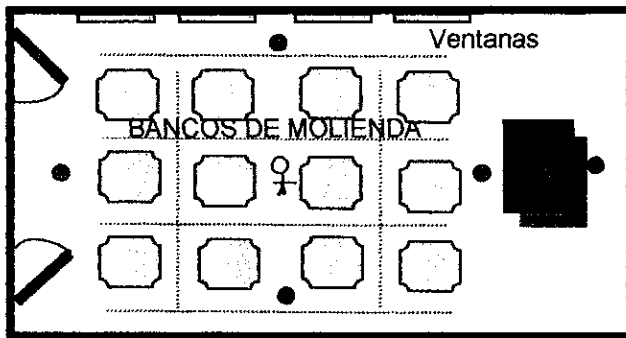


TABLA 7.9

Fecha 28/11/2002 Jueves					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	11:00 hrs.	95.3	98.3	96.8	
2	11:05 hrs.	95.7	96.7	96.2	
3	11:10 hrs.	95.7	97.0	96.3	
4	11:15 hrs.	96.0	98.3	97.2	
5	11:20 hrs.	95.3	97.0	96.2	●
$LA_{eq, d} = LA_{eq, T} + 10 \log T / 8$ $LA_{eq, d} = 96.2 + 10 \log 6 / 8 = 94.95 \text{ db (A)}$					
Fecha 04/12/2002 Miércoles					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	8:50 hrs.	95.3	97.7	96.5	
2	8:55 hrs.	94.0	96.3	95.2	
3	9:00 hrs.	93.7	96.3	95.0	
4	9:05 hrs.	94.0	96.3	95.2	
5	9:10 hrs.	93.7	95.7	94.7	●
$LA_{eq, d} = 94.7 + 10 \log 6 / 8 = 93.45 \text{ db (A)}$					
Fecha 19/12/2002 Jueves					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	21:10 hrs.	95.3	97.3	96.3	
2	21:15 hrs.	95.0	98.0	96.5	
3	21:20 hrs.	94.7	97.0	95.8	
4	21:25 hrs.	95.0	97.7	96.3	
5	21:30 hrs.	94.7	97.0	95.8	●
$LA_{eq, d} = 95.8 + 10 \log 6 / 8 = 94.55 \text{ db (A)}$					

f. Cuarto F

Tercer piso (corredor)

Área (3.75 * 7.8)m² con 1 ventana abierta

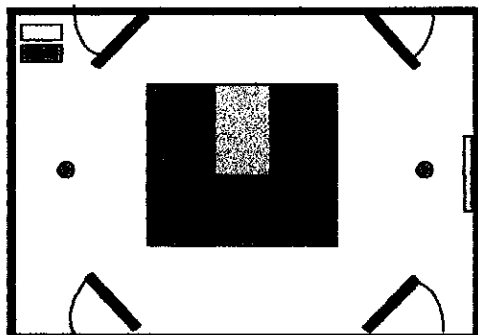


TABLA 7.10

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	11:25 hrs.	87.7	89.3	88.5
2	11:30 hrs.	88.0	88.0	88.0
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	9:15 hrs.	87.0	88.3	87.7
2	9:20 hrs.	87.0	89.7	88.3
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	21:35 hrs.	86.3	88.7	87.5
2	21:40 hrs.	86.3	87.3	86.8

g. Cuarto G

Tercer piso (tolva de trigo, 4 mezcladores de vitaminas, cepilladora, clasificadora).

Área (12.5 * 7.8)m² con 4 ventanas abiertas

La tolva de trigo distribuye la cantidad de trigo que ingresa al banco de molienda T-1 para iniciar el proceso de elaboración de harina. Las mezcladoras se encargan de mezclar los aditamentos como los son bromatos, alfamilasa, vitaminas, etc. La cepilladora se encarga de limpiar los subproductos de su cáscara como lo son el afrecho y afrechillo. Y por último la clasificadora se encarga de separar la sémola (corazón) del trigo del cual se hace la harina.

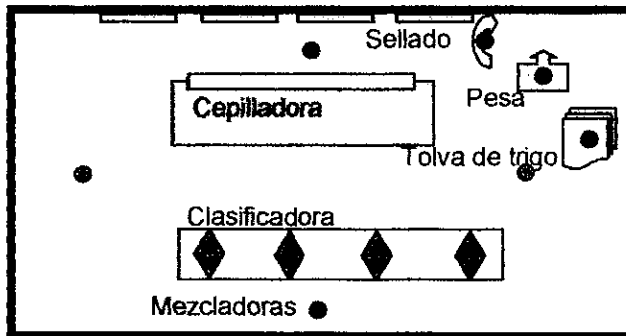


TABLA 7.11

Fecha 28/11/2002 Jueves					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	11:30 hrs.	87.7	88.3	88.0	
2	11:35 hrs.	87.0	88.3	87.7	
3	11:40 hrs.	87.3	88.3	87.8	
4	11:45 hrs.	86.0	87.3	86.7	
5	11:50 hrs.	87.0	88.0	87.5	●
6	11:55 hrs.	86.0	87.7	86.8	●
7	12:00 hrs.	86.0	87.3	86.7	●
LA eq, d5 = 87.5 + 10 log 2 / 8 = 81.48 db (A)					
LA eq, d6 = 86.8 + 10 log 2 / 8 = 80.78 db (A)					
LA eq, d7 = 86.7 + 10 log 2 / 8 = 80.68 db (A)					
Fecha 04/12/2002 Miércoles					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	9:25 hrs.	87.0	89.0	88.0	
2	9:30 hrs.	86.3	88.3	87.3	
3	9:35 hrs.	86.3	87.7	87.0	
4	9:40 hrs.	84.0	87.3	85.7	
5	9:45 hrs.	86.3	87.7	87.0	●
6	9:50 hrs.	85.0	87.7	86.3	●
7	9:55 hrs.	84.3	87.3	85.8	●
LA eq, d5 = 87.0 + 10 log 2 / 8 = 80.98 db (A)					
LA eq, d6 = 86.3 + 10 log 2 / 8 = 80.28 db (A)					
LA eq, d7 = 85.8 + 10 log 2 / 8 = 79.78 db (A)					

Fecha 19/12/2002 Jueves					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	21:45 hrs.	85.0	86.7	85.8	
2	21:50 hrs.	85.7	88.0	86.8	
3	21:55 hrs.	85.7	87.0	86.3	
4	22:00 hrs.	84.0	86.0	85.0	
5	22:05 hrs.	85.7	88.3	87.0	●
6	22:10 hrs.	85.0	87.3	86.2	●
7	22:15 hrs.	85.0	86.0	85.5	●

LA eq, d5	=	87.0	+	10 log 2 / 8	=	80.98 db (A)
LA eq, d6	=	86.2	+	10 log 2 / 8	=	80.18 db (A)
LA eq, d7	=	85.5	+	10 log 2 / 8	=	79.48 db (A)

h. Cuarto H

Tercer piso (pulidora, separador piedras, zaranda, aspiradora)
 Área (4.90 * 7.80)m² con 2 ventanas abiertas

La zaranda inicia la primer limpia de trigo y expulsa cáscaras, soya entre otras cosas. La segunda limpieza se lleva a continuación en la siguiente maquinaria. La pulidora desprende y succiona polvo y pedazos de palo que se encuentran en el trigo. El separador de piedras continúa esta limpieza y la aspiradora termina el proceso.

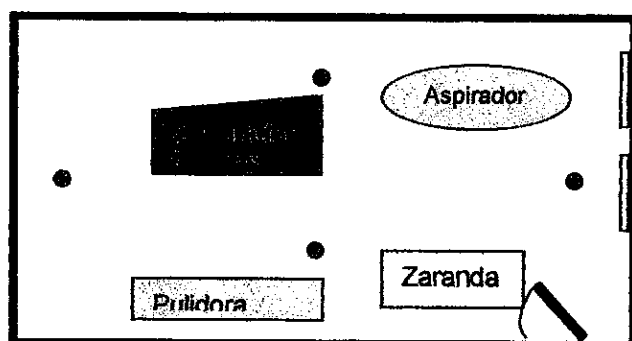


TABLA 7.12

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	12:05 hrs.	100.7	101.0	100.8
2	12:15 hrs.	102.0	102.3	102.2
3	12:20 hrs.	100.0	100.7	100.3
4	12:25 hrs.	101.3	102.0	101.7

Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	10:00 hrs.	101.3	103.0	102.2
2	10:05 hrs.	102.0	103.0	102.5
3	10:10 hrs.	101.0	103.0	102.0
4	10:15 hrs.	101.3	103.0	102.2
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	22:20 hrs.	100.3	102.0	101.2
2	22:25 hrs.	101.7	103.0	102.3
3	22:30 hrs.	100.3	101.7	101.0
4	22:35 hrs.	101.0	102.0	101.5

i. Cuarto I

Cuarto piso (zaranda, báscula, ventilador M5, pulidora, 4 cernedores, filtro martillo)
 Área (20.65 * 7.80)m² con 7 ventanas abiertas

La zaranda de este piso es parte de la tercera limpieza que se le da al trigo y expulsa toda suciedad que en él continúe. El ventilador M5 contribuye en la expulsión de polvo. La báscula mide la cantidad exacta de trigo que entra y sale de los silos de depósito y acondicionamiento. La pulidora termina el proceso de limpieza de trigo. Los cernedores distribuyen los subproductos formados en los bancos de molienda hacia las mezcladoras y cepilladora del tercer piso (cuarto G). Y el filtro martillo absorbe polvo que se encuentre en la harina.

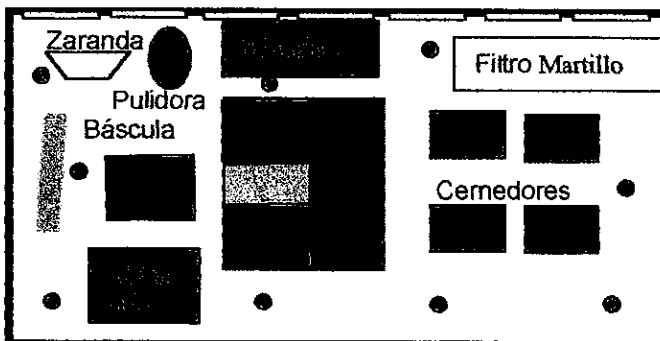


TABLA 7.13

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	12:30 hrs.	87.3	88.0	87.7
2	12:35 hrs.	90.0	90.7	90.3
3	12:40 hrs.	93.3	94.7	94.0
4	12:45 hrs.	95.0	95.7	95.3
5	12:50 hrs.	95.0	96.0	95.5
6	12:55 hrs.	96.0	97.0	96.5
7	13:00 hrs.	93.0	95.3	94.2
8	13:05 hrs.	90.7	91.0	90.8
9	13:10 hrs.	88.0	88.0	88.0
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	10:20 hrs.	87.0	89.3	88.2
2	10:25 hrs.	90.3	92.3	91.3
3	10:30 hrs.	94.0	95.0	94.5
4	10:35 hrs.	97.3	98.3	97.8
5	10:40 hrs.	96.3	97.3	96.8
6	10:45 hrs.	97.0	98.0	97.5
7	10:50 hrs.	94.3	95.7	95.0
8	10:55 hrs.	90.7	92.3	91.5
9	11:00 hrs.	87.0	89.0	88.0
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	22:40 hrs.	86.3	88.3	87.3
2	22:45 hrs.	88.3	91.3	89.8
3	22:50 hrs.	91.7	93.3	92.5
4	22:55 hrs.	93.7	95.0	94.3
5	23:00 hrs.	93.3	95.0	94.2
6	23:05 hrs.	95.0	97.7	96.3
7	23:10 hrs.	92.3	93.7	93.0
8	23:15 hrs.	88.7	91.7	90.2
9	23:20 hrs.	86.0	88.7	87.3

j. Cuarto J

Quinto piso (3 ventiladores, cernedor de seguridad, esclusa, motor filtro, martillo, filtro neumático, compresor, roseadora)

Área (7.80 * 14.45)m² con 6 ventanas abiertas.

Los ventiladores contribuyen en la succión de los subproductos que se forman en los bancos de molienda y ayudan en la expulsión de la basura que se acumula en la limpieza. El cernedor de seguridad es la última etapa a la que es sometida la harina, eliminando toda partícula que no tenga su tamaño y en muchas ocasiones a ella misma. La esclusa va depositando cantidades estipuladas de trigo en la roseadora. El filtro neumático ayuda en la succión de polvo de la harina. El compresor ayuda en la succión y movimiento de trigo y harina en todo el molino, siendo éste su corazón. La roseadora agrega agua al trigo para aumentar su volumen y así el producto.

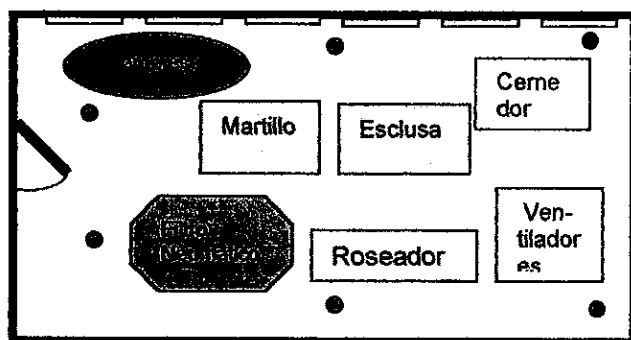


TABLA 7.14

Fecha 28/11/2002 Jueves					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	13:15 hrs.	98.7	101.3	100.0	
2	13:20 hrs.	100.0	102.0	101.0	
3	13:25 hrs.	96.0	97.7	96.8	
4	13:30 hrs.	95.3	98.3	96.8	
5	13:35 hrs.	95.0	97.0	96.0	
6	13:40 hrs.	98.3	99.0	98.7	
Fecha 04/12/2002 Miércoles					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	11:05 hrs.	100.3	104.3	102.3	
2	11:10 hrs.	99.3	102.7	101.0	
3	11:15 hrs.	97.0	98.7	97.8	
4	11:20 hrs.	95.3	99.0	97.2	
5	11:25 hrs.	95.7	99.3	97.5	
6	11:30 hrs.	98.3	100.0	99.2	
Fecha 19/12/2002 Jueves					
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio	
1	23:25 hrs.	99.3	102.0	100.7	
2	23:30 hrs.	98.7	101.7	100.2	
3	23:35 hrs.	97.7	99.3	98.5	
4	23:40 hrs.	95.0	97.7	96.3	
5	23:45 hrs.	96.0	98.0	97.0	
6	23:50 hrs.	98.3	100.0	99.2	

k. Cuarto K

Quinto piso (tolva, elevadores, motores, ventilador, roseadora)
 Área (7.80 * 6.20)m² con 1 ventana abierta

En la roseadora (gusano) se acondiciona el trigo con agua para que la tolva distribuya el trigo a los silos de acondicionamiento. Y el ventilador ayuda en la absorción del polvo de la 2da. limpieza.

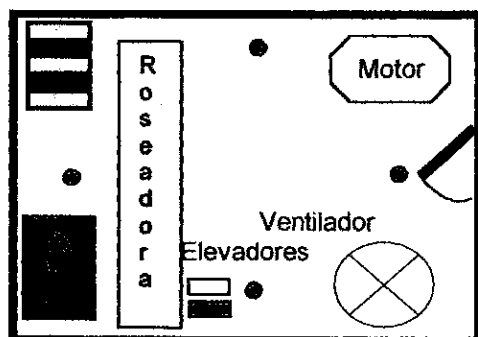


TABLA 7.15

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	13:45 hrs.	101.0	102.3	101.7
2	13:50 hrs.	102.3	103.3	102.8
3	13:55 hrs.	101.0	103.0	102.0
4	14:00 hrs.	101.3	102.7	102.0
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	11:35 hrs.	100.0	101.0	100.5
2	11:40 hrs.	101.0	103.0	102.0
3	11:45 hrs.	101.3	102.7	102.0
4	11:50 hrs.	99.3	100.7	100.0
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	23:55 hrs.	97.7	99.0	98.3
2	24:00 hrs.	97.7	98.7	98.2
3	0:05 hrs.	98.0	99.0	98.5
4	0:10 hrs.	98.3	100.0	99.2

I. Cuarto L

Sexto piso (filtro limpieza)

Área (7.80 * 6.50)m² con una ventana abierta

El filtro de limpieza ayuda a desechar toda la basura acumulada en el proceso de formulación de harina.

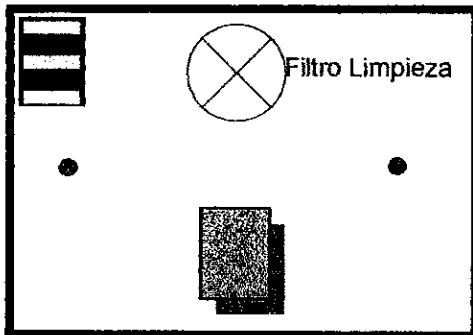


TABLA 7.16

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	14:05 hrs.	93.0	95.3	94.2
2	14:10 hrs.	93.0	96.0	94.5
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	11:55 hrs.	95.0	97.0	96.0
2	12:00 hrs.	94.3	97.7	96.0
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	0:15 hrs.	92.3	95.3	93.8
2	0:20 hrs.	92.3	95.7	94.0

n. Cuarto N

Laboratorio

3 ventanas abiertas y puertas cerradas

Se realizan pruebas de los subproductos en los bancos de molienda.

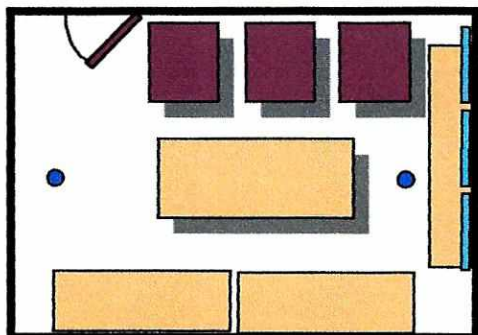


TABLA 7.17

Fecha 28/11/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	14:30 hrs.	60.0	67.0	63.5
2	14:35 hrs.	62.7	68.3	65.5
Fecha 04/12/2002 Miércoles				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	12:05 hrs.	60.7	65.3	63.0
2	12:10 hrs.	61.3	68.0	64.7
Fecha 19/12/2002 Jueves				
Punto	Hora	V. min	V. Max	V. Medio
1	0:25 hrs.	60.3	66.7	63.5
2	0:30 hrs.	59.0	66.0	62.5

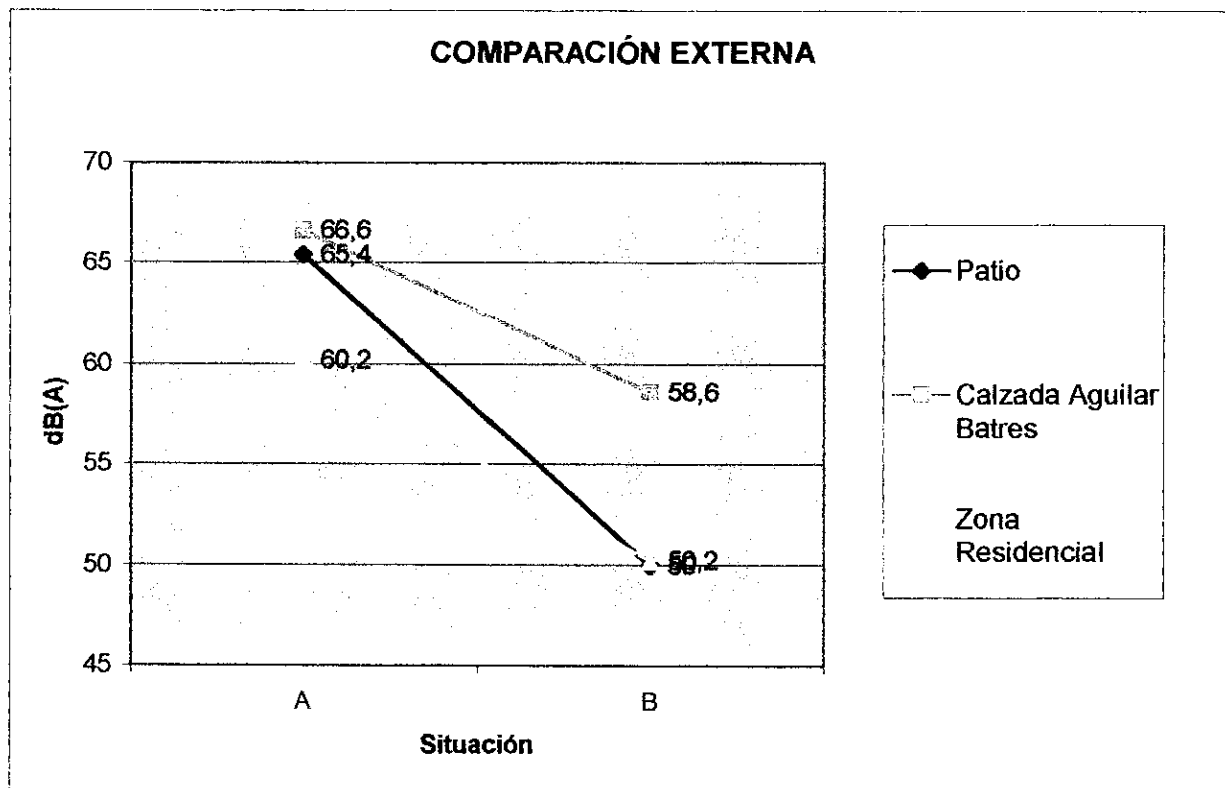
1) Comparación externa de nivel de ruido

Dadas las mediciones del día jueves 19/12/2002 (planta trabajando, situación A), y el lunes 21/04/2003 (molino detenido, situación B), bajo las mismas condiciones, baja densidad de tránsito, misma hora (0:00 hrs.) y mismos puntos de medición se verificó la incidencia del nivel de ruido provocado por la planta en su entorno.

Los puntos comparados se obtienen de un promedio de los valores medios de los puntos evaluados en el exterior de los edificios.

Este aumento del nivel de ruido provocado por la planta contribuye a sobrepasar los límites establecidos en la tabla 2.8 sobre valores críticos en relación a conciliar el sueño, el cual afecta a sus vecinos.

GRÁFICA 7.1



B. CONTROL Y REDUCCIÓN DEL RUIDO

El ruido es un contaminante físico que nos afecta en todas partes (industrias, calle, hogar, etc.) y en múltiples actividades (trabajo, comunicación, descanso, etc.), ocasionándonos desagradables efectos (sordera, nerviosismo, fatiga, etc.). Es, por lo tanto, difícil discernir el lugar donde se ha producido la posible lesión auditiva, o quién nos ha perturbado el sueño. Todos somos productores de ruido y, por eso, debemos y podemos contribuir a su reducción, disminuyendo la potencia acústica de las fuentes sonoras.

Por otro lado, todos somos consumidores de ruido, está en nuestra mano la posibilidad de reducir nuestra propia exposición, acortando el tiempo de permanencia en ambientes ruidosos y utilizando protección auditiva.

La lucha contra el ruido consiste básicamente en:

1. Sustitución o incidencia sobre la fuente sonora.
2. Actuando sobre el entorno de propagación del ruido, entre el equipo ruidoso y personas.
3. Protección auditiva individual.

1. Acondicionamiento acústico de un local

Acondicionar acústicamente un local significa adaptarlo convenientemente, desde el punto de vista sonoro, al objeto de que en él se puedan escuchar los sonidos deseados, al volumen adecuado.

Para ello, hay que considerar si la fuente sonora está dentro del local, en cuyo caso los elementos que lo componen deberán poseer una capacidad de absorción de sonido adecuada a su utilización, o si la fuente sonora está fuera, en cuyo caso, será necesario que el local cuente con un aislamiento acústico suficiente para que no se perturben las actividades que en él se desarrollan. Generalmente, suelen ser necesarias ambas condiciones, que a veces son antagónicas.

Fuente sonora:

- a. Mejor distribución de maquinaria.
- b. Mantenimiento constante de maquinaria y equipo.
- c. Aplicación de nueva tecnología sobre maquinaria.

Entorno de propagación:

Cuando un sonido incide sobre un obstáculo, su energía (E_i), se descompone en tres componentes principales:

- a. Energía reflejada (E_r), que vuelve hacia el mismo lado de donde procede.
- b. Energía disipada (E_d), que se transmite estructuralmente a través del obstáculo y que se convierte, en parte, en calor.
- c. Energía transmitida (E_t), que atraviesa el obstáculo y pasa al otro lado.

Se considera como absorbida la energía que no vuelve al mismo lado en que se encuentra la fuente acústica, incluida la energía transmitida.

Por lo tanto,

$$E_i = E_r + E_d + E_t$$

$$\text{Coeficiente de transmisión } \zeta = \frac{E_t}{E_i}$$

$$\text{Coeficiente de reflexión } r = \frac{E_r}{E_i}$$

$$\text{Coeficiente de absorción } \alpha = \frac{E_t + E_d}{E_i} = \frac{E_a}{E_i}$$

Absorción y aislamiento son dos conceptos opuestos, por ejemplo, dentro de un bunker de gruesas paredes de hormigón, al ser mucho el aislamiento, no escucharemos los ruidos externos o los escucharemos muy atenuados. Sin embargo, los ruidos producidos en el interior se verán aumentados y permanecerán en el tiempo, debido a la reverberación de las paredes. Es decir, a mucho aislamiento, poca absorción.

2. Comportamiento acústico de los materiales

Una vez, un prominente consultor acústico dijo (1982:189): Todos los materiales son materiales acústicos, pero algunos son mejores que otros.

Los materiales acústicos pueden ser divididos en tres categorías básicas:

- a. **Materiales absorbentes:** en general son resistentes por naturaleza, también fibrosos, porosos y, en casos especiales, reactivos a la resonancia. Ejemplos de materiales resistentes podemos mencionar fibra de vidrio, lana mineral, fieltro y tipos de espuma de poliuretano.
- b. **Barreras:** tienen una propiedad común, masa densa. Las más efectivas barreras también tienen un alto grado de humedad la cual se describe como flexibilidad. Hojas de plomo son un perfecto ejemplo de masa densa flexible como barrera.
- c. **Materiales amortiguadores:** son usualmente delgados recubrimientos de polímeros plásticos, epóxicos o pegamentos que pueden ser adheridos a paneles de hojas metálicas, engranajes, partes de máquinas, etc. Con estos revestimientos aplicados, la respuesta vuela del panel de hojas metálicas como un golpe amortiguado a un pequeño timbre.

3. Absorción del sonido

Los materiales absorbentes del sonido tienen por misión captar el ruido para que la cantidad reverberada no sea excesiva. Los más empleados para este cometido son los materiales blandos (fibrosos y de poro abierto), tableros reflexivos, resonadores, etc.

La ubicación de este tipo de materiales deber realizarse lo más cerca posible del foco sonoro y de los lugares donde se sitúan habitualmente las personas y en paredes contiguas si es posible.

4. Coeficiente de absorción acústica (α)

Es el cociente entre la energía absorbida (E_a) y la energía incidente (E_i) por unidad de superficie:

$$\alpha = \frac{E_a}{E_i}$$

sus valores oscilan entre 0 (nada absorbente) y 1 (muy absorbente) y dependen de la clase de materiales, de su espesor, su situación, de la frecuencia del sonido incidente, del ángulo de incidencia, etc.
acústica (α)

TABLA 7.18

α_m = Coeficiente de absorción acústica; media de los valores de α para 250, 500, 1,000 y 2,000 Hz.

Clase de Material	Espesor mm	A_m	Valores de α , para distintas frecuencias en Hz					
			125	250	500	1,000	2,000	4,000
Agua quieta		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Alfombra		0.20	0.05	0.05	0.20	0.25	0.30	0.30
Caucho		0.07	0.04	0.04	0.07	0.11	0.06	0.04
Corcho	20	0.30	0.10	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30
Cortina ligera		0.20	0.04	0.10	0.20	0.20	0.20	0.25
Cortina pesada		0.38	0.10	0.20	0.40	0.45	0.50	0.50
Espuma de poliuretano	50	0.60	0.35	0.40	0.60	0.60	0.70	0.70
Fibra de vidrio	30	0.65	0.30	0.45	0.65	0.70	0.70	0.70
Fibra de vidrio	50	0.75	0.35	0.60	0.75	0.85	0.80	0.75
Goma espuma	6			0.05	0.05	0.10	0.30	
Hormigón		0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Madera en el suelo	15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Puerta de madera		0.15	0.30	0.30	0.10	0.10	0.05	
Ladrillo enlucido		0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
Ladrillo sin enlucir		0.04	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
Moqueta hormigón		0.20	0.09	0.10	0.10	0.20	0.30	0.30
Moqueta sobre fieltro		0.35	0.20	0.20	0.35	0.40	0.40	0.40
Recubrim. Plásticos		0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02
Terrazo		0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Ventana abierta		1	1	1	1	1	1	1
Vidrio		0.04	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02
Yeso		0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
Strypor		0.35	0.05	0.10	0.20	0.40	0.70	0.60

Clase de Material	Espesor mm	A_m	Valores de α , para distintas frecuencias en Hz					
			125	250	500	1,000	2,000	4,000
			0.05	0.85	0.85	0.90	0.95	0.95
Panel P.V.	40	0.70	0.15	0.45	0.65	0.75	0.85	1
Panel P.V.	80	0.90	0.35	0.75	0.95	0.95	1	1
Rejillas		0.05						
Persona sentada		0.30	0.20	0.25	0.40	0.40	0.40	0.40
Butaca vacía		0.30	0.10		0.30		0.40	

5. Características de absorción de un local

Las características de confort acústico de un local, vienen definidas por dos parámetros que le son propios:

- Su área de absorción equivalente
- Su tiempo de reverberación

El área de absorción equivalente (A) de un local, es el área, en m^2 , de una superficie perfectamente absorbente ($\alpha = 1$) cuya absorción equivale a la absorción total del local. Para calcularla, se suman los productos de cada área del local por su correspondiente coeficiente de absorción acústica:

$$A = A_1 \cdot \alpha_1 + A_2 \cdot \alpha_2 + A_3 \cdot \alpha_3 = \text{Sabines}$$

El **Sabine** (en atención al investigador acústico W.C. Sabine) es la unidad de absorción del sonido. Equivale a la producida por una superficie de $1 m^2$ perfectamente absorbente ($\alpha = 1$). Por ejemplo, una ventana abierta de $1 m^2$ de superficie.

El tiempo de reverberación (Tr), expresado en segundos, es el necesario para que el nivel de presión acústica disminuya 60 dBA, una vez que la fuente sonora ha cesado de emitir.

La fórmula más sencilla para calcular el tiempo de reverberación es la de Sabine:

$$Tr = 0.16 \frac{V}{A}$$

V = Volumen del local en m^3

A = Área de absorción equivalente en Sabines

El tiempo de reverberación es un parámetro fundamental, en el campo de la acústica de los locales, que determina su comportamiento más o menos ruidoso ante un sonido.

TABLA 7.19

Variación del nivel de presión acústica L_{pA} , en función del área de absorción equivalente (Sabines), en un campo difuso:

Área de absorción equivalente (Sabines)	Variación del ruido L_{pA} (dBA)
1	6
2	3
4	0
5	-1
6, 3	-2
8	-3
10	-4
13	-5
16	-6
20	-7
26	-8
32	-9
40	-10
50	-11
63	-12
100	-14
400	-20
4,000	-30
40,000	-40

6. Justificación Económica:

Dada la necesidad de justificar la inversión a realizar sobre el rendimiento esperado se obtiene un factor de la fórmula siguiente:

$$\text{Justificación económica} = \frac{\text{Grado de peligrosidad}}{(\text{Factor de coste} * \text{Grado de corrección})}$$

siendo:

TABLA 7.20

GRADO DE PELIGROSIDAD	Nivel (dBA)	Peligro
2	< 80	Bajo
3	80 – 85	Regular
4	85 – 90	Alto
5	> 90	Muy alto

TABLA 7.21

FACTOR DE COSTE (\$)	VALOR
> 50,000	10
25000 A 50000	6
10000 A 25000	4
1000 A 10000	3
100 A 1000	2
25 A 100	1
< 25	0.5

TABLA 7.22

GRADO DE CORRECCIÓN	VALOR
Riesgo absolutamente eliminado	1
Riesgo reducido al menos 75 % pero no completamente	2
Riesgo reducido del 50 % al 75 %	3
Riesgo reducido del 25 % al 50 %	4
Ligero efecto de riesgo, menos del 25 %	6

Cuanto mayor sea el valor obtenido de esta fórmula, mejor es la relación inversión a realizar – rendimiento esperado.

7. Protección auditiva individual

La utilización de protección auditiva individual debe ser considerada una medida de urgencia para preservar la salud de los trabajadores, en tanto se consigue reducir el ruido en origen e impedir su propagación, hasta alcanzar niveles seguros.

La selección de los protectores auditivos debe realizarse en función de las necesidades de atenuación requeridas en cada caso. Su función consiste básicamente en atenuar las ondas sonoras que llegan al tímpano, por lo que es preciso que sean capaces de conseguir un buen cerramiento del canal auditivo.

Existen en el mercado multitud de modelos que presentan diversa capacidad de atenuación del ruido a las distintas frecuencias y que pueden englobarse en tres grandes grupos:

a. Taponos auditivos:

Son elementos protectores que obturan el canal auditivo. Los más corrientes son los taponos de plástico esponjoso.

Estos taponos son desechables, por lo que su uso resulta muy higiénico, sin más que tomar la precaución de tener las manos limpias en el momento de manipularlos e introducirlos en el canal auditivo.

b. Orejeras:

Se denomina así a los protectores compuestos por un arnés flexible que rodea la cabeza del sujeto, en cuyos extremos se sitúan dos copas con el borde almohadillado que envuelven el pabellón auditivo por completo. El interior de las copas está revestido de un material poroso absorbente del ruido.

La carcasa de la copa y sus almohadillas de cierre, aíslan al oído de las ondas sonoras, y el material poroso que reviste interiormente a las copas, absorbe y amortigua parte del ruido que llega al pabellón auditivo. Aquí aparecen ya dos conceptos; **aislamiento y protección**.

c. Cascos:

Son equipos que además de cubrir los pabellones auditivos, envuelven gran parte de la cabeza y reducen la sensación que se transmite al tímpano a través de los huesos de la cabeza. Se utilizan para ciertos trabajos específicos, cuando el nivel sonoro es muy elevado.

TABLA 7.23

Medios de protección auditiva individual:

ATENUACIÓN ORIENTATIVA		
TAPONES 10 dBA	OREJERAS 15 dBA	CASCOS COMPLETO 20 dBA

C. CONTROL Y REDUCCIÓN DEL ALTO NIVEL DE RUIDO EN UNA PLANTA DE ELABORACIÓN DE HARINA

** No existe la posibilidad de una mejor distribución acústica o sustitución de maquinaria por parte del Molino Central de Guatemala.*

** Se realiza cada semana una limpieza general del equipo y maquinaria; un mantenimiento preventivo menor cada fin de mes; y cada seis meses se lleva a cabo un mantenimiento preventivo mayor, lo cual mantiene la maquinaria en condiciones aceptables de no incurrir en un mayor nivel de ruido por desperfectos o mal funcionamiento.*

Basados en los resultados de las mediciones acústicas realizadas en la planta elaboradora de harina, se plantean soluciones con el fin de mitigar el elevado nivel de ruido encontrado.

Con el fin de obtener un mejor rendimiento por la inversión a realizar, se presentan soluciones principales y secundarias.

1. Primer nivel. Cuarto A.

Solución secundaria:

Recubrimiento de elevadores de trigo con una pasta antivibratoria, **NOISE OFF** (Anexo No. 1).

$$\begin{aligned} \text{Área a recubrir} &= 0.86 \text{ m} * 3.60 \text{ m} = 3.10 \text{ m}^2 \\ &= 1.30 \text{ m} * 3.60 \text{ m} = 4.68 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Total área} = 7.78 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 5 galones} = \text{USD\$ } 119.00$$

$$\text{Rendimiento por galón} = 40 \text{ m}^2$$

$$\text{Requerimiento} = 0.20 \text{ galones}$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 23.15$$

$$\text{Justificación económica} = \frac{2}{0.5 * 5} = 0.80$$

La reducción en el nivel de ruido esperada es poco significativa para el entorno, pero una significativa reducción del entorno haría necesaria ésta.

2. Primer nivel. Cuarto B.

Solución principal:

Encapsulamiento de compresor.

Medidas compresor: Largo = 1.20 m
Ancho = 0.90 m
Alto = 1.20 m

Utilizar cabina acústica: **CASETA A** (Anexo No. 6).

Disminución esperada **30 dB(A)** del ruido provocado por el compresor.

En el momento en el que se apaga el compresor en el 1er. piso, el nivel de ruido desciende de 92 dBA a 76 dBA.

Esto indica que el nivel de ruido provocado por el compresor es de 92 dBA, en la cual la medida correctiva empleada disminuiría a 62 dBA.

Costo total solución = USD\$ 2,150.00

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 1} = 1.67$$

Solución secundaria:

Recubrimiento de cuatro protectores de transmisiones, con material termoacústico, **Acustiform RX** (Anexo No. 4).

Área a recubrir = 5.44 m²

Total área = 5.44 m² * 4 = 21.76 m²

Costo de placa de 1.0 m * 0.40 m = USD\$ 14.8

Costo total solución = USD\$ 529.50

Coefficiente de absorción 0.77

Área de absorción equivalente (A) = 0.77 * 21.76 m² = 16.75 sabines

Disminución de nivel de presión acústica producida por cuatro trasmisiones = 6 dBA (Tabla 7.19).

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{2 * 3} = 0.83$$

Solución secundaria:

Colocación de cielo falso, RH - 90 (Anexo No. 2). Producto disponible en Guatemala

$$\text{Total área} = 12.50 \text{ m} * 7.80 \text{ m} = 97.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por } 1 \text{ m}^2 \text{ instalado} = \text{Q } 90.00$$

$$\text{Tipo de cambio supuesto} = \text{Q } 8.00 = \text{USD\$ } 1.00$$

$$\text{Costo por } 1 \text{ m}^2 \text{ instalado} = \text{USD\$ } 11.25$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 1,097.00$$

Coefficiente de absorción 0.30

$$\text{Área de absorción equivalente (A)} = 0.30 * 97.5 \text{ m}^2 = 29.25 \text{ sabines}$$

Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto = 8 dBA (Tabla 7.19).

Promedio de nivel de ruido en el cuarto = 92 - 93 dBA

Posible promedio = 84 - 85 dBA

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 3} = 0.56$$

La primera posibilidad es la de mayor importancia en este cuarto. El reducir el nivel de ruido que en éste se emite, beneficiaría a toda la planta. Las soluciones secundarias reducirían en buena cantidad el nivel de ruido en este cuarto, pero la incidencia de éstas en el entorno sería mínima. Los valores obtenidos en la justificación económica revelan la importancia de la primera sobre las otras soluciones, y por ende se recomienda ampliamente su puesta en práctica.

3. Segundo piso. Cuarto C.

Solución secundaria:

Recubrimiento de elevadores de trigo con una pasta antivibratoria, **NOISE OFF** (Anexo No. 1).

$$\text{Total \u00e1rea a recubrir} = 0.86 \text{ m} * 3.90 \text{ m} = 3.35 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 5 galones} = \text{USD\$ 119.00}$$

$$\text{Rendimiento por gal\u00f3n} = 40 \text{ m}^2$$

$$\text{Requerimiento} = 0.08 \text{ galones}$$

$$\text{Costo total soluci\u00f3n} = \text{USD\$ 9.97}$$

$$\text{Justificaci\u00f3n econ\u00f3mica} = \frac{2}{0.5 * 5} = 0.80$$

La reducci\u00f3n en el nivel de ruido esperada es poco significativa para el entorno, pero una significativa reducci\u00f3n del entorno har\u00eda necesaria \u00e9sta, y dado que este cuarto es un corredor, podr\u00eda tener mayor incidencia positiva para los trabajadores de la planta.

4. Segundo piso. Cuarto D.

Soluci\u00f3n secundaria:

Recubrimiento de una pared con material ac\u00fastico, **FibberGlass** (Anexo No. 5). Disponible en Guatemala.

$$\text{Total \u00e1rea a recubrir} = 27.42 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo de rollo de } 18.75 \text{ m}^2 = \text{Q 432.75}$$

$$\text{Costo de rollo de } 18.75 \text{ m}^2 = \text{USD\$ 54.10}$$

$$\text{Costo total soluci\u00f3n} = \text{USD\$ 80.00}$$

$$\text{Coeficiente de absorci\u00f3n} = 0.35$$

$$\text{\u00c1rea de absorci\u00f3n equivalente (A)} = 0.35 * 27.42 \text{ m}^2 = 9.60 \text{ sabines}$$

$$\text{Disminuci\u00f3n de nivel de presi\u00f3n ac\u00fastica} = 4 \text{ dBA (Tabla 7.19).}$$

$$\text{Promedio de nivel de ruido en el cuarto} = 92 - 94 \text{ dBA}$$

$$\text{Posible promedio} = 88 - 90 \text{ dBA}$$

$$\text{Justificaci\u00f3n econ\u00f3mica} = \frac{5}{1 * 5} = 1.00$$

Solución secundaria:

Colocación de cielo falso, RH – 90 (Anexo No. 2). Producto disponible en Guatemala

$$\text{Total área} = 12.50 \text{ m} * 4.40 \text{ m} = 34.32 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} = \text{Q } 90.00$$

$$\text{Tipo de cambio supuesto} = \text{Q } 8.00 = \text{USD\$ } 1.00$$

$$\text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} = \text{USD\$ } 11.25$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 386.10$$

Coefficiente de absorción 0.30

$$\text{Área de absorción equivalente (A)} = 0.30 * 34.32 \text{ m}^2 = 10.30 \text{ sabines}$$

Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto = 4 dBA (Tabla 7.19).

Promedio de nivel de ruido en el cuarto = 92 – 94 dBA

Posible promedio = 88 - 90 dBA

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{2 * 5} = 0.50$$

Ambas posibilidades ofrecen similares rendimientos, pero el precio favorece por mucho la primera solución. La aplicación de alguna medida en este cuarto no tiene mayor incidencia en el entorno de la planta, ya que éste se encuentra encerrado mediante una estructura de dos vidrios gruesos separados, que aísla el nivel de ruido de los corredores.

5. Segundo piso. Cuarto E.

Solución principal:

Sustitución de bases metálicas de protectores de fajas para evitar vibraciones por fabricadas en hule.

$$\text{Diámetro} = 0.12 \text{ m}$$

$$\text{Costo por unidad} = \text{Q } 40.00$$

$$\text{Costo por unidad} = \text{USD\$ } 5$$

$$\text{Necesidad unidades} = 16$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 80.00$$

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{1 * 3} = 1.67$$

Solución principal:

Colocación de una pequeña base amortiguador de hule en las bases de las compuertas para evitar ruidos puntuales.

$$\begin{aligned} \text{Área por amortiguador de hule} &= 0.88 \text{ m} * 0.02 \text{ m} \\ \text{Necesidad unidades} &= 24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por unidad} &= \text{Q } 12.00 \\ \text{Costo por unidad} &= \text{USD\$ } 1.50 \end{aligned}$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 36$$

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{1 * 2} = 2.50$$

Solución principal:

Colocación de **ventanas acústicas** que impidan la expansión del alto nivel de ruido hacia el exterior. (Anexo No. 8).

$$\begin{aligned} &3 \text{ ventanas acústicas :} \\ \text{Área} &= 2.08 \text{ m} * 1.80 \text{ m} \\ \text{Costo por unidad} &= \text{USD\$ } 472.1 \\ \text{Costo por 3 unidades} &= \text{USD\$ } 1416.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &1 \text{ ventana acústica :} \\ \text{Área} &= 1.08 \text{ m} * 1.80 \text{ m} \\ \text{Costo por unidad} &= \text{USD\$ } 236.05 \end{aligned}$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 1,635.35$$

Atenuación 40% del nivel de ruido que sale por ventanas.

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 1} = 1.67$$

Solución principal:

Colocación de cielo falso, RH - 90 (Anexo No. 2). Producto disponible en Guatemala

$$\text{Total área} = 12.50 \text{ m} * 7.80 \text{ m} = 97.50 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} = \text{Q } 90.00$$

$$\text{Tipo de cambio supuesto} = \text{Q } 8.00 = \text{USD\$ } 1.00$$

$$\text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} = \text{USD\$ } 11.25$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 1097.00$$

Coefficiente de absorción 0.30

$$\text{Área de absorción equivalente (A)} = 0.30 * 97.50 \text{ m}^2 = 29.25 \text{ sabines}$$

Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto = 9 dBA (Tabla 7.19).

Promedio de nivel de ruido en el cuarto = 96 dBA

Posible promedio = 87 dBA

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 2} = 0.83$$

Las soluciones presentadas son de vital importancia para mitigar tanto el ruido dentro como fuera de la planta. La disminución del nivel de ruido producido por el Molino Central hacia el exterior beneficiaría a vecinos y el disipado en el interior a trabajadores.

La finalidad de colocar sistemas de amortiguación de hule es el disminuir el ruido de impacto producido en las zonas de apoyo de los ejes .

6. Tercer piso. Cuarto F.

Solución secundaria:

Recubrimiento de elevadores de trigo con una pasta antivibratoria, **NOISE OFF** (Anexo No. 1).

$$\text{Total área a recubrir} = 0.86 \text{ m} * 3.60 \text{ m} = 3.10 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 5 galones} = \text{USD\$ } 119.00$$

$$\text{Rendimiento por galón} = 40 \text{ m}^2$$

$$\text{Requerimiento} = 0.08 \text{ galones}$$

Costo total solución = USD\$ 9.22

$$\text{Justificación económica} = \frac{4}{0.5 * 5} = 1.60$$

La reducción en el nivel de ruido esperada es poco significativa para el entorno, pero una significativa reducción del entorno haría necesaria ésta, y dado que este cuarto es un corredor podría tener mayor incidencia positiva para los trabajadores de la planta. Aunque el valor obtenido en la justificación económica es alto los efectos esperados en relación a la posible inversión en otro cuarto del dinero son bajos, por ello no se considera una solución principal.

7. Tercer piso. Cuarto G.

Solución secundaria:

Colocación de cielo falso, RH - 90 (Anexo No. 2). Producto disponible en Guatemala

$$\text{Total área} = 12.50 \text{ m} * 7.80 \text{ m} = 97.50 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} &= \text{Q } 90.00 \\ \text{Tipo de cambio supuesto} &= \text{Q } 8.00 = \text{USD\$ } 1.00 \\ \text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} &= \text{USD\$ } 11.25 \end{aligned}$$

Costo total solución = USD\$ 1097.00

Coefficiente de absorción 0.30

$$\text{Área de absorción equivalente (A)} = 0.30 * 97.50 \text{ m}^2 = 29.25 \text{ sabines}$$

Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto = 9 dBA (Tabla 7.19).

Promedio de nivel de ruido en el cuarto = 87 dBA

Posible promedio = 78 dBA

$$\text{Justificación económica} = \frac{4}{3 * 2} = 0.67$$

La disminución de nivel de ruido en este cuarto por medio de la colocación de un cielo falso conlleva un alto costo, por lo tanto, se considera que esta reducción se puede obtener por medio de otras soluciones en otros cuartos que tendría incidencia en éste y no se hace necesaria la inversión.

En caso contrario de no ponerse en prácticas otras soluciones, si sería necesaria en beneficio de los tres empleados que se encuentran en este cuarto alrededor de dos horas por turno.

8. Tercer piso. Cuarto H.

Solución principal:

Colocación de sistemas antivibratorios en las bases de la Zaranda, **kinetics Noise Control, FDS 4 5500/11600** (Anexo No. 7).

Necesidad de 3 unidades

Costo por unidad = **USD\$ 470.00**

Costo total solución = USD\$ 1,410.00

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 1} = 1.67$$

Solución principal:

Colocación de **ventanas acústicas** que impidan la expansión del alto nivel de ruido hacia el exterior. (Anexo No. 8).

2 ventanas acústicas:

Área = 2.18 m * 1.50 m

Costo por unidad = **USD\$ 411.5**

Costo por 2 unidades = **USD\$ 1,416.35**

Costo total solución = USD\$ 1,416.35

Atenuación 40% del nivel de ruido que sale por ventanas.

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 1} = 1.67$$

Solución secundaria:

Colocación de cielo falso, **RH - 90** (Anexo No. 2). Producto disponible en Guatemala

Total área = 4.90 m * 7.80 m = 38.22 m²

Costo por 1 m² instalado = **Q 90.00**

Tipo de cambio supuesto = **Q 8.00 = USD\$ 1.00**

Costo por 1 m² instalado = **USD\$ 11.25**

Costo total solución = USD\$ 430.00

Coefficiente de absorción 0.30

Área de absorción equivalente (A) = $0.30 * 38.22 \text{ m}^2 = 11.46$ sabines

Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto = 4 dBA (Tabla 7.19).

Promedio de nivel de ruido en el cuarto = 101 - 102 dBA

Posible promedio = 97 - 98 dBA

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{2 * 4} = 0.62$$

Solución secundaria:

Recubrimiento de dos paredes con material acústico, **Acustifom LD (Anexo No. 3)**

Área pared lateral = $7.80 \text{ m} * 3.60 \text{ m} = 28.08 \text{ m}^2$

Área pared donde se encuentran las ventanas :

Área pared = $4.90 \text{ m} * 3.60 \text{ m} = 17.64 \text{ m}^2$

Área 2 ventanas = $2 * 2.10 \text{ m} * 1.55 \text{ m} = 6.51 \text{ m}^2$

Total área a recubrir = 39.21 m^2

Costo de placa de $0.60 \text{ m} * 0.40 \text{ m} = \text{USD\$ } 6.2$

Costo total solución = USD\$ 1012.92

Coefficiente de absorción 0.85

Área de absorción equivalente (A) = $0.85 * 39.21 \text{ m}^2 = 33.48$ sabines

Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto = 9 dBA (Tabla 7.19).

Promedio de nivel de ruido en el cuarto = 101 - 102 dBA

Posible promedio = 92 - 93 dBA

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 4} = 0.42$$

El cuarto se encuentra cerrado con una estructura de dos vidrios gruesos separados que aíslan el nivel de ruido de los corredores. Las vibraciones producidas en este cuarto han ocasionado problemas en la puerta, afectando la

chapa, dificultando su cierre y en varias ocasiones ésta se abre dejando escapar el alto nivel de ruido que se produce en este cuarto, de ahí la importancia de las bases antivibratorias para la zaranda.

La colocación de ventanas acústicas complementaría adecuadamente el encapsulamiento de este cuarto, evitando su reverberancia hacia el exterior.

Las dos soluciones secundarias ayudan a disminuir el nivel de ruido, pero el cuarto no tiene trabajadores directos por lo que se considera un gasto elevado e innecesario.

9. Cuarto piso. Cuarto I.

Solución principal:

Colocación de cielo falso, RH – 90 (Anexo No. 2). Producto disponible en Guatemala

$$\text{Total área} = 20.65 \text{ m} * 7.80 \text{ m} = 161.07 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por } 1 \text{ m}^2 \text{ instalado} = \text{Q } 90.00$$

$$\text{Tipo de cambio supuesto} = \text{Q } 8.00 = \text{USD\$ } 1.00$$

$$\text{Costo por } 1 \text{ m}^2 \text{ instalado} = \text{USD\$ } 11.25$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 1812.03$$

Coefficiente de absorción 0.30

$$\text{Área de absorción equivalente (A)} = 0.30 * 161.07 \text{ m}^2 = 48.32 \text{ sabines}$$

Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto = 11 dBA (Tabla 7.19).

Promedio de nivel de ruido en el cuarto = 90 - 93 dBA

Posible promedio = 79 - 82 dBA

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 1} = 1.67$$

Solución secundaria

Colocación de **ventanas acústicas** que impidan la expansión del alto nivel de ruido hacia el exterior. (Anexo No. 8).

7 ventanas acústicas:

$$\text{Área} = 2.20 \text{ m} * 1.80 \text{ m}$$

$$\text{Costo por unidad} = \text{USD\$ } 499.90$$

$$\text{Costo por 7 unidades} = \text{USD\$ } 3,499.3$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 3,499.3$$

Atenuación 40% del nivel de ruido que sale por ventanas.

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 2} = 0.83$$

Solución secundaria:

Recubrimiento de elevadores de trigo con una pasta antivibratoria, **NOISE OFF** (Anexo No. 1).

$$\begin{aligned} \text{Área a recubrir} &= 0.86 \text{ m} * 3.40 \text{ m} = 2.92 \text{ m}^2 \\ &= 1.30 \text{ m} * 3.40 \text{ m} = 4.42 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Total área} = 7.34 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 5 galones} = \text{USD\$ } 119.00$$

$$\text{Rendimiento por galón} = 40 \text{ m}^2$$

$$\text{Requerimiento} = 0.18 \text{ galones}$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 21.85$$

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{0.5 * 5} = 2.00$$

La colocación de un cielo falso reduciría de manera considerable el nivel de ruido del cuarto. Éste tiene un paso continuo de trabajadores durante el día.

La colocación de ventanas acústicas ayudaría a impedir la reverberación del nivel elevado de ruido presente en este piso hacia el exterior, pero el costo de éstas es mayor que la inversión a realizar por el cielo falso y con mejor influencia esta última, dado el paso de trabajadores.

La reducción en el nivel de ruido esperada por la última solución secundaria expuesta es poco significativa para el entorno, pero una significativa reducción del entorno haría necesaria ésta. El valor obtenido en la justificación económica alto es debido a un costo bajo, pero no es sensible su puesta en práctica.

10. Quinto piso. Cuarto J.

Solución principal de todo el proyecto:

Encapsulamiento de compresor.

Medidas compresor: Largo = 1.20 m
Ancho = 1.20 m
Alto = 3.00 m

Utilizar cabina acústica: **CASETA B** (Anexo No. 6).

Disminución esperada **30 dB(A)** del ruido provocado por el compresor.

En el momento en el que se apaga el compresor en el 5to. piso el nivel de ruido desciende de 100 dBA a 88 dBA.

Esto indica que el nivel de ruido provocado por el compresor es de 100 dBA, en la cual la medida correctiva empleado disminuiría a **70 dBA**.

Costo total solución = USD\$ 4,835.00

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 1} = 1.67$$

Solución principal:

Colocación de **ventanas acústicas** que impidan la expansión del alto nivel de ruido hacia el exterior. (Anexo No. 8).

6 ventanas acústicas :
Área = 2.15 m * 1.80 m
Costo por unidad = USD\$ 488.50
Costo por 6 unidades = USD\$ 2,931.00
Costo total solución = USD\$ 2,931.00

Atenuación 40% del nivel de ruido que sale por ventanas

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 1} = 1.67$$

Solución principal:

Colocación de **puerta acústica** que impidan la expansión del alto nivel de ruido hacia el interior. (Anexo No. 8).

Área = 2.04 m * 0.90 m

Costo total solución = USD\$ 360.00

Atenuación 40% del nivel de ruido que sale por la puerta.

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{2 * 2} = 1.25$$

Solución secundaria:

Colocación de cielo falso, RH - 90 (Anexo No. 2). Producto disponible en Guatemala

$$\text{Total área} = 14.45 \text{ m} * 7.80 \text{ m} = 112.71 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} = \text{Q } 90.00$$

$$\text{Tipo de cambio supuesto} = \text{Q } 8.00 = \text{USD\$ } 1.00$$

$$\text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} = \text{USD\$ } 11.25$$

Costo total solución = USD\$ 1268.00

Coefficiente de absorción 0.30

$$\text{Área de absorción equivalente (A)} = 0.30 * 112.71 \text{ m}^2 = 13.89 \text{ sabines}$$

Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto = 5 dBA (Tabla 7.19).

Promedio de nivel de ruido en el cuarto = 100 - 101 dBA

Posible promedio = 95 - 96 dBA

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{3 * 4} = 0.42$$

El encapsulamiento del compresor se plantea como la solución de mayor relevancia en este proyecto dado al alto nivel de ruido producido y sus efectos, dentro y fuera de la planta. El valor obtenido en la justificación económica (1.67) pone de manifiesto la rentabilidad de esta inversión para los resultados esperados.

La colocación de una puerta y ventanas acústicas es otra opción de aislamiento del ruido que es producido en este cuarto, dado que el paso de trabajadores es escaso.

La colocación de cielo falso significa una leve atenuación del alto nivel de ruido producido, y los resultados obtenidos no son significativos para la inversión a realizar, esto se corrobora en el valor de la justificación económica obtenido.

11. Quinto piso. Cuarto K.

Solución principal:

Colocación de **ventana acústica** que impidan la expansión del alto nivel de ruido hacia el exterior. (Anexo No. 8).

$$\begin{aligned} \text{Área} &= 2.24 \text{ m} * 1.350 \text{ m} \\ \text{Costo total solución} &= \text{USD\$ } 381.20 \end{aligned}$$

Atenuación 40% del nivel de ruido que sale por ventanas

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{2 * 2} = 1.25$$

Solución secundaria:

Recubrimiento de una pared con material acústico, **FibberGlass** (Anexo No. 5). Disponible en Guatemala.

$$\text{Total área a recubrir} = 26.52 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de rollo de } 18.75 \text{ m}^2 &= \text{Q } 432.75 \\ \text{Costo de rollo de } 18.75 \text{ m}^2 &= \text{USD\$ } 54.10 \end{aligned}$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 76.50$$

Coeficiente de absorción 0.35

$$\text{Área de absorción equivalente (A)} = 0.35 * 26.52 \text{ m}^2 = 9.28 \text{ sabines}$$

$$\text{Disminución de nivel de presión acústica} = 4 \text{ dBA (Tabla 7.19).}$$

$$\text{Promedio de nivel de ruido en el cuarto} = 100 \text{ dBA}$$

$$\text{Posible promedio} = 96 \text{ dBA}$$

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{1 * 5} = 1.00$$

Solución secundaria:

Recubrimiento de elevadores de trigo con una pasta antivibratoria, **NOISE OFF** (Anexo No. 1).

$$\begin{aligned} \text{Área a recubrir} &= 0.86 \text{ m} * 3.40 \text{ m} = 2.92 \text{ m}^2 \\ &= 1.30 \text{ m} * 3.40 \text{ m} = 4.42 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Total área} = 7.34 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 5 galones} = \text{USD\$ } 119.00$$

$$\text{Rendimiento por galón} = 40 \text{ m}^2$$

$$\text{Requerimiento} = 0.18 \text{ galones}$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 21.85$$

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{0.5 * 5} = 2.50$$

Solución secundaria:

Colocación de cielo falso, RH - 90 (Anexo No. 2). Producto disponible en Guatemala

$$\text{Total área} = 6.70 \text{ m} * 7.80 \text{ m} = 52.26 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} = \text{Q } 90.00$$

$$\text{Tipo de cambio supuesto} = \text{Q } 8.00 = \text{USD\$ } 1.00$$

$$\text{Costo por 1 m}^2 \text{ instalado} = \text{USD\$ } 11.25$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 588.00$$

$$\text{Coeficiente de absorción} = 0.30$$

$$\text{Área de absorción equivalente (A)} = 0.30 * 52.26 \text{ m}^2 = 15.67 \text{ sabines}$$

$$\text{Disminución de nivel de presión acústica en el cuarto} = 6 \text{ dBA (Tabla 7.19).}$$

$$\text{Promedio de nivel de ruido en el cuarto} = 100 \text{ dBA}$$

$$\text{Posible promedio} = 94 \text{ dBA}$$

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{2 * 4} = 0.625$$

La importancia de la ventana acústica radica en el elevado nivel de ruido que es medido en este cuarto. De realizarse alguna de las soluciones principales expuestas en el cuarto anterior, se podría catalogar ésta como solución secundaria.

Las soluciones secundarias presentan un bajo valor de justificación económica a la inversión a realizar, exceptuando la pasta antivibratoria pero ello se debe a su bajo costo, pero sus resultados son despreciables en este cuarto. De ponerse en práctica una de las soluciones del cuarto anterior, éstas podrían considerarse como principales por una posible medición de niveles bajos de ruido presentes en este cuarto.

12. Sexto piso. Cuarto L.

Solución secundaria:

Colocación de **compuerta acústica** que impidan la expansión del alto nivel de ruido hacia el interior (Anexo No. 8).

$$\text{Área } 0.66 \text{ m} * 0.66 \text{ m} = 0.43 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo total solución} = \text{USD\$ } 75.00$$

Atenuación 40% del nivel de ruido que entra por la compuerta.

$$\text{Justificación económica} = \frac{5}{1 * 2} = 2.50$$

Esta solución se considera como secundaria ya que es nulo el paso de trabajadores por este cuarto y no se genera un nivel de ruido elevado en él. Los niveles de ruido captados en este cuarto son producto del generado en el resto de la planta especialmente en el quinto piso.

Si este cuarto tuviera un paso continuo de trabajadores si se consideraría solución principal ésta.

13. Segundo piso. Cuarto N.

Solución secundaria:

Colocación de **ventanas acústicas** que impidan el ingreso del nivel de ruido generado en el exterior hacia el interior (Anexo No. 8).

Colocación de **ventanas acústicas** que impidan la expansión del alto nivel de ruido hacia el exterior. (ver anexo).

3 ventanas acústicas :

$$\text{Área} = 2.04 \text{ m} * 0.75 \text{ m}$$

$$\text{Costo por unidad} = \text{USD\$ } 195.50$$

Costo por 3 unidades = USD\$ 586.50
Costo total solución = USD\$ 586.50

Atenuación 40% del nivel de ruido que sale por ventanas

$$\text{Justificación económica} = \frac{2}{2 * 2} = 0.50$$

La colocación de ventanas acústicas tiene una inversión alta para el rendimiento esperado, dado que el ruido presente en el laboratorio es el generado por el tráfico vehicular y no afecta de manera importante el trabajo y la salud de los trabajadores.

El laboratorio se encuentra aislado del ruido generado por la planta mediante dos puertas acústicas metálicas.

14. Protección auditiva individual

La protección auditiva individual aconsejada son las orejeras, por distintas razones como, atenuación de ondas sonoras que llegan al tímpano, disminución del nivel de ruido que afecta a la persona, facilidad y comodidad de uso y precio.

La utilización de orejeras es necesaria en todos los cuartos examinados exceptuando el laboratorio, ya que todos sobrepasan los 70 u 80 dBA que causan una pérdida de oído a largo plazo.

Es obligatorio para los trabajadores que alcanzan un nivel equivalente de ruido diario ($L_{eq, d}$) superior a 80 dBA la utilización de orejeras.

VIII. DISCUSIÓN

En este trabajo se realizó un estudio de sonido de la planta de elaboración de harina, Molino Central de Guatemala. Ésta presenta un elevado nivel de ruido dentro y fuera de sus instalaciones producido en el proceso de elaboración de harina.

En la mayoría de las mediciones internas realizadas se alcanzan niveles superiores a los 80 dBA e incluso sobrepasando los 100 dBA. Los trabajadores son expuestos a estos elevados niveles de ruido diariamente, elevando la posibilidad de repercusiones en su salud como pueden ser malestar, estrés, trastornos de sueño, daños al oído entre otros. También afecta sus condiciones de trabajo como la interferencia en la comunicación, pérdida de atención, de concentración y de rendimiento. En el presente trabajo se presenta un reglamento vigente en España, el Real Decreto 1316/1989 (anexo No. 10) que trata de la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a ruido, que podría adecuarse a las condiciones existentes en Guatemala.

En la mayoría de las mediciones externas realizadas se alcanzan niveles superiores a los 60 dBA. Las mediciones realizadas por las madrugadas de ciertos días bajo las mismas condiciones demuestran que el nivel de ruido producido por el molino afecta de manera considerable el entorno. Esto indica que la planta no debería ubicarse en una zona residencial, o no tiene las suficientes medidas preventivas para evitar la expansión del ruido. Guatemala no cuenta con Legislación sobre el tema, lo cual hace que no haya ninguna responsabilidad por parte de la administración de la planta de corregir este problema exceptuando su voluntad de mejora y preocupación por los vecinos.

Las mediciones realizadas distintos días y a horarios diferentes ayudaron a determinar leves diferencias en los valores obtenidos. Dando como resultado un nivel de ruido constante y regular.

El número de puntos de medición interna (55) podría incrementarse (75), haciendo un estudio más completo en los cuartos E y J, dado que éstos son focos de un elevado nivel de ruido. Este aumento de puntos de medición podría realizarse mediante una cuadrícula del área de medición, y realizar mediciones a distancias más cortas.

Las soluciones propuestas para el control y reducción del nivel de ruido en la planta se enfocaron principalmente en el entorno de propagación, dado que se busco mejores condiciones laborales y disminución en el nivel de ruido propagado al ambiente externo. La protección individual de los trabajadores por medio de orejeras complementa de manera importante las soluciones propuestas.

Las soluciones sugeridas buscan mitigar el nivel de ruido producido por la planta. Se realizó una selección de los materiales a utilizar basados en rendimientos esperados contra costo, y facilidad de encontrarlos en el mercado. Se hace mención de los materiales que pueden obtenerse en Guatemala, y se buscó en México por facilidades de envío y costo.

Guatemala presenta el problema de poca tecnología en el mercado en la mitigación de ruido y, verificable en los pocos materiales acústicos disponibles.

La justificación económica propuesta evalúa puntos de gran importancia como lo son grado de peligro, costo y nivel de corrección. Los valores obtenidos en esta relación dan un parámetro importante de la elección de las soluciones sugeridas y de los resultados esperados.

La puesta en práctica de las soluciones nombradas como principales tienen un mayor grado de importancia en solucionar el problema de elevado nivel de ruido, aunque las soluciones secundarias son opciones a considerar por parte de la administración.

La solución propuesta sobre el encapsulamiento del compresor del quinto piso cuarto J, es identificada como la de mayor importancia a poner en funcionamiento dado el alto nivel de ruido generado por este compresor. El encapsulamiento del compresor del primer piso cuarto B, también influiría de manera considerable en el nivel de ruido presente en la planta y en el ambiente exterior. La inversión a realizar en ambos casos es elevada pero justificada por el rendimiento esperado.

IX. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en estudio realizado se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Los niveles sonoros obtenidos en las mediciones realizadas en el interior de la planta se encuentran en un rango de 70 dBA a 105 dBA. Y los niveles exteriores entre 50 dBA y 70 dBA. Ambos rangos representan peligro para trabajadores y vecinos.
- Guatemala tiene la necesidad de reglamentar la emisión de niveles sonoros para beneficio de trabajadores y comunidad en general.
- Los efectos nocivos en trabajadores y vecinos pueden variar mucho, puede ir de un simple malestar a la pérdida total del sentido del oído.
- El aumento en el número de puntos de medición en algunos cuartos podría mejorar la calidad del estudio realizando, presentando datos con mayor grado de exactitud.
- Las soluciones propuestas se enfocaron en el entorno de propagación, dadas las condiciones presentes en la planta y, la protección individual para los trabajadores es de suma importancia y debería ser obligatoria por parte de la administración.
- La selección de materiales se llevó a cabo bajo conceptos de rendimiento, precio y accesibilidad.
- La variable justificación económica es un excelente parámetro de verificación de la relación inversión vrs. rendimiento y, sirve de ayuda como comparación entre soluciones.
- El encapsulamiento del compresor del quinto nivel cuarto J, es la solución mayor impacto en la mitigación del nivel de ruido.

X. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar audiometrías anuales y controles auditivo periódicos a los trabajadores con mayor riesgo de pérdida auditiva.
- La puesta en práctica de la solución principal propuesta de este proyecto por parte de la administración para beneficio de los trabajadores y vecinos.
- A la administración se recomienda normal el uso de protección auditiva individual para protección de los trabajadores.
- Reducir al máximo el tiempo de exposición a elevados niveles de ruido a los trabajadores

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Lewis, Bell. 1982. *Industrial Noise Control*. 1era. ed. Estados Unidos, Marcel Dekker, inc. 572 págs.
- Berland, Theodore. 1973. *Ecología y Ruido*. 1era. ed. Buenos Aires, Ediciones Marumar. 138 págs.
- Alfaro Arellano, Edgar. 1979. *La legislación sobre la contaminación ambiental producida por el ruido en Guatemala y propuesta de su mejoramiento*. Tesis Universidad San Carlos de Guatemala. 78 págs.
- Lanas Ugarteburu, Pedro. *Conocimiento, Evaluación y Control del Ruido*. 1 era. ed. San Sebastián, Asociación para la Prevención de Accidentes (A.P.A).1998. 176 págs.

XII. APÉNDICE

A. MATERIALES UTILIZADOS

NOISE OFF.

TABLA 12.1

Especificaciones técnicas	PRECIO USD\$
Pasta antivibratoria para aplicarse en lamina. Disipa la energía vibracional que incide en la misma evitando su reverberancia. Cubeta 19 lts. (5 Galones) Tambor 200 lts. (55 Galones)	119.00 1070.00

No. 2

RH - 90

Especificaciones técnicas:

TABLA 12.2

Placas Armstrong.

Material	Placa de fibra de mineral
Acabado de superficie	Pintura vinílica a base de látex aplicada en la fábrica.
Color	Blanco
Reflectancia de la luz	0.81
Tamaño	2 m * 1m * 0.16
Peso	0.06 Kg/ m ²
Sistema de suspensión	Perfil tipo T invertido, pintado de blanco, en perfil galvanizado
NRC	0.55
Coef. De absorción	0.30 mínimo
Características de combustibilidad en la superficie	Claes A.
Desempeño RH -90	Sus curvas visibles son condiciones de humedad debajo de 90%

No. 3

Acustifom LD**Especificaciones técnicas**

Dimensiones: placas con longitud 60 cms, ancho 40 cms, espesor 2.5 cms.

Material: espuma sintética polimérica de estructura celular 90% abierta.

Densidad: 90 kg/m³.

Dureza superficial: 15 Shore A.

Resistencia a la tensión: 1.4 MN/m² (ASTM D 412)

Elongación a la ruptura: 80% (ASTM D 412)

Deformación permanente por compresión: 6% (DIN 53572)

Conductividad térmica: 0.033 W/mK

Temperatura de operación: -50°C a 80°C

Surface spread of flame: Class 2 (ISO BS 476 part 7)

TABLA 12.3

Propiedades acústicas							
Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	4000	6000
Coefficiente absorción	0.30	0.40	0.80	0.92	0.90	0.85	0.80

Resistencia química

La espuma sintética de Acustifom permanece inalterable a la gran mayoría de los aceites y soluciones acuosas. En el caso de algunos solventes presenta un grado de hinchamiento al ser sumergido en estos medios, sin embargo, al evaporarse el solvente la espuma recupera sus propiedades.

Para la valoración de la prueba, fueron sumergidas probetas durante 14 días.

TABLA 12.4

Solución	Resultado
Acido clorhídrico concentrado.	Z
Acido sulfúrico	Z
Acetona	XX
Aceite mineral	O
Aceite de linaza	O
Acetato de etilo	XX
Benzol	XXX
Solución jabonosa	O
Solución carbonato sodio 10%	O
Solución salina saturada	O
Tricloroetileno	XX
Tetracloruro de carbono	XX
Mezcla de bencina, benzol	XXX

Claves

O - Inalterable

XX - Presenta un hinchamiento del 20% y disminuye más del 50% de la resistencia mecánica, en estado húmedo respecto, a los valores normales.

XXX - Presenta un hinchamiento del 100% y disminuye más del 50% de la resistencia mecánica, en estado húmedo, respecto a los valores normales.

Z - Destrucción total de la espuma

No. 4**Acustifom RX****Especificaciones técnicas**

Dimensiones: placas con longitud 100 cms, ancho 40 cms, espesor 2 cms.

Material: espuma sintética polimérica de estructura celular 90% abierta.

Densidad: 120 kg/m³.

Dureza superficial: 40 Shore A.

Resistencia a la tensión: 1.8 MN/m² (ASTM D 412)

Elongación a la ruptura: 80% (ASTM D 412)

Deformación permanente por compresión: 8% (DIN 53572)

Conductividad térmica: 0.033 W/mK

Temperatura de operación: -50°C a 80°C

Surface spread of flame: Class 2 (ISO BS 476 part 7)

TABLA 12.5

Propiedades acústicas							
Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	4000	6000
Coefficiente absorción	0.14	0.30	0.60	0.89	0.95	0.93	0.95

Resistencia química

La espuma sintética de Acustifom permanece inalterable a la gran mayoría de los aceites y soluciones acuosas. En el caso de algunos solventes presenta un grado de hinchamiento al ser sumergido en estos medios, sin embargo, al evaporarse el solvente la espuma recupera sus propiedades.

Para la valoración de la prueba, fueron sumergidas probetas durante 14 días

TABLA 12.6

Solución	Resultado
Acido clorhídrico concentrado.	Z
Acido sulfúrico	Z
Acetona	XX
Aceite mineral	O
Aceite de linaza	O
Acetato de etilo	XX
Benzol	XXX
Solución jabonosa	O
Solución carbonato sodio 10%	O
Solución salina saturada	O
Tricloroetileno	XX
Tetracloruro de carbono	XX
Mezcla de bencina, benzol	XXX

Claves

O - Inalterable

XX - Presenta un hinchamiento del 20% y disminuye más del 50% de la resistencia mecánica, en estado húmedo, respecto a los valores normales.

XXX - Presenta un hinchamiento del 100% y disminuye más del 50% de la resistencia mecánica, en estado húmedo respecto, a los valores normales.

Z - Destrucción total de la espuma

No. 5

FibberGlass

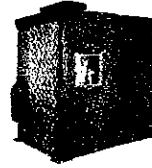
Especificaciones técnicas

TABLA 12.7

Conductividad térmica	Baja
Absorción Térmica	Alta
Dimensiones	Estables
Origen	Inorgánico
Peso	Liviano
Resistencia	Recupera forma y espesor
Instalación	Fácil
Coefficiente de absorción	0.35

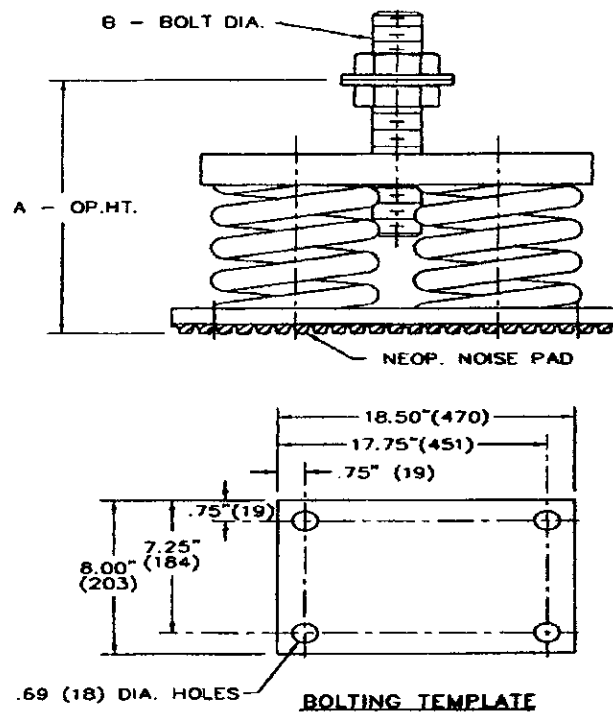
No. 6
TABLA 12.8

Cabinas Acústicas



MODELO	MEDIDAS			ESPECIFICACIONES	PRECIO USD\$
	ANCHO	LARGO	ALTO		
CASETA A	1.20	1.20	1.80	Caseta sonoamortiguada para maquinaria ruidosa, como compresores, prensas, molinos. Fabricado con paneles acústicos marca Sound Seal modelo BBC-13 formado por una capa absorbente y una de vinil acústico reforzado. Estructura metálica desarmable. 2 Baffles de ventilación, techo rígido con material marca Sound Seal modelo QFA-1. Ventana de vinil transparente de 0.60 X 0.60	2.150.00
CASETA B	2.40	2.40	3.0	Caseta sonoamortiguada para maquinaria ruidosa, como compresores, prensas, etc.. Fabricado con paneles acústicos marca Sound Seal modelo BBC-13 formado por una capa absorbente y una de vinil como barrera. Puertas corredizas en un costado, faldón de vinil acústico reforzado, estructura metálica desarmable. 2 Baffles de ventilación con techo rígido, con material marca Sound Seal modelo QFA-1. Ventana de vinil transparente de 0.60 X 0.60	4.835.00
CASETA C	3.60	3.60	3.00	Caseta sonoamortiguada para maquinaria ruidosa, como compresores, prensas, etc.. Fabricado con paneles acústicos marca Sound Seal modelo BBC-13 formado por una capa absorbente y una de vinil como barrera. Puertas corredizas en un costado, faldón de vinil acústico reforzado, estructura metálica desarmable. 2 Baffles de ventilación con techo rígido, con material marca Sound Seal modelo QFA-1. Ventana de vinil transparente de 0.60 X 0.60	6.677.00

No. 7

Bases antivibratoria:

No. 8

**ESTRUCTURAS ACÚSTICAS:
Especificaciones técnicas**

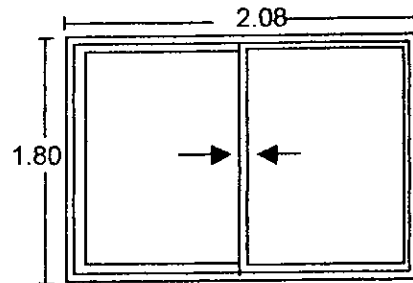
TABLA 12.9

Material	PVC color Blanco, con refuerzo interior de hierro zincado, y todos los accesorios correspondientes, Respaldado por las normas ISO 9002
Vidrio	Flotado color claro insulado de 12mm de grosor
Cantidad	2 hojas de vidrio por estructura
Atenuación	40 %

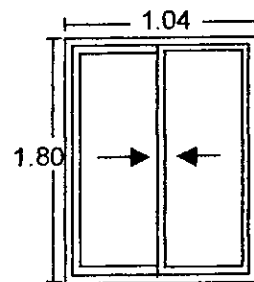
ESTRUCTURAS ACÚSTICAS

VENTANAS:

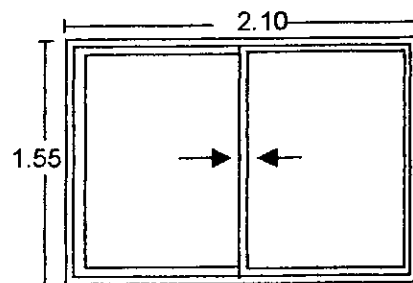
Cuarto E: (3 u)



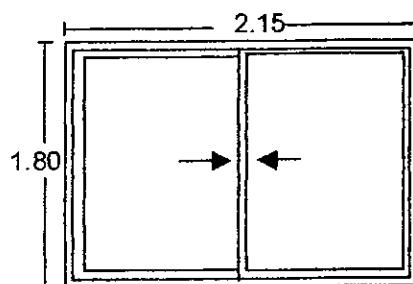
Cuarto E: (1 u)



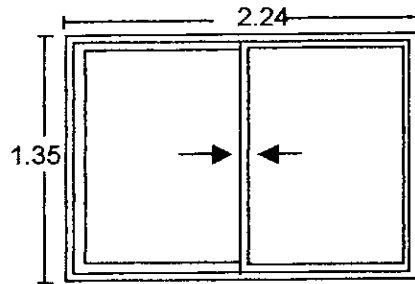
Cuarto H: (2 u)



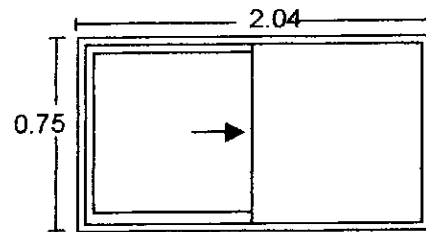
Cuarto J: (6 u)



Cuarto K: (1 u)

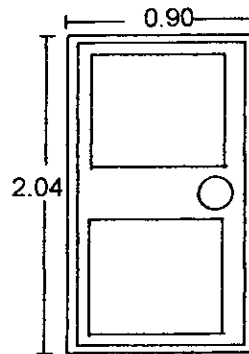


Cuarto N: (3 u)



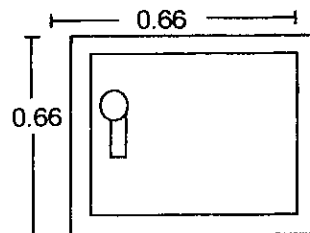
PUERTA:

Cuarto J: (1 u)



COMPUERTA:

Cuarto L: (1 u)



No. 9

**REGLAMENTO DE PREVENCIÓN Y CONTROL
DE LA CONTAMINACIÓN AUDIAL EN AMBIENTES EXTERNOS**

PALACIO NACIONAL

ACUERDO GUBERNATIVO No. .99

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

CONSIDERANDO

Que la constitución Política de la República de Guatemala, en su Artículo 97, le asigna especial importancia a la salud y el medio ambiente, obligando al Estado, las Municipalidades del país y los habitantes del territorio Nacional a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y el equilibrio ecológico.

CONSIDERANDO

Que el decreto No. 68-86, del Congreso de la República de Guatemala, relativo a la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, en su artículo 17 establece la necesidad de que el organismo Ejecutivo emita los reglamentos correspondientes y que sean necesarios, para prevenir y controlar la contaminación ambiental por ruido o audial. Indicando que se consideran actividades susceptibles de degradar el ambiente y la salud, los sonidos o ruidos que sobrepasen los límites permisibles cualesquiera que sean las actividades o causas que los originen.

CONSIDERANDO

Que la contaminación por ruido o audial, altera las características del medio ambiente, pudiendo perjudicar la salud, el bienestar y el estado psicológico de las personas en detrimento de su calidad de vida.

POR TANTO

En el ejercicio de las facultades que le confiere el Artículo 183 inciso c) de la constitución Política de la República de Guatemala y con base a lo que para el efecto establece el Artículo 17, Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente del Congreso de la República:

ACUERDA

REGLAMENTO DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AUDIAL EN AMBIENTES EXTERNOS

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1. Alcance:

El presente reglamento es de observancia general en todo el territorio nacional de la República de Guatemala.

Artículo 2. Objeto:

El presente reglamento tiene por objeto dar cumplimiento a lo que para el efecto establece la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-89 particularmente en todo lo que compete a la prevención y el control de la contaminación audial o ruido.

Artículo 3. Aplicación:

La aplicación del presente reglamento compete al Organismo Ejecutivo por medio de la Comisión nacional del Medio Ambiente, CONAMA, cuya creación, organización funciones y atribuciones, establece el Decreto 68-86. En coordinación con CONAMA, también son competentes el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el Ministerio de Gobernación y las Municipalidades del país, sin perjuicio de las atribuciones específicas que correspondan a éstas instancias o a los demás organismos públicos con competencia en la materia.

Artículo 4. Fomento:

El Estado y sus entidades autónomas y descentralizadas, las municipalidades del país y las personas individuales y jurídicas del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que tienda hacia la prevención y hacia el control de la contaminación por ruido o audial.

CAPITULO II

DEFINICIONES

Artículo 5. Términos:

Para los efectos del presente reglamento, se establece el glosario de términos siguiente:

Ambiente externo: Entorno natural o entorno modificado por el ser humano, que es ajeno a una fuente emisora de sonido, pero que puede llegar a ser impactado negativamente por dicha fuente.

Ambiente impactado: Entorno natural o entorno modificado por el ser humano, que se encuentra impactado negativamente por una fuente generadora de contaminación audial. Para fines prácticos incluye el ambiente laboral, el ambiente familia, el ambiente privado y los ecosistemas naturales y modificados, ubicados en áreas urbanas, semiurbanas, rurales y ecológicas.

B: Símbolo de Bel.

BEL: Índice empleado en la cuantificación del sonido, que corresponde a la diferencia de los logaritmos decimales de dos cantidades cualesquiera.

CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente de la Presidencia de la República de Guatemala, según acuerdo de creación contenido en el Artículo 20 del Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

Decibel: Décima parte de un Bel, o decibel, cuyo símbolo es dB. Corresponde a una unidad adimensional que expresa la intensidad del sonido o nivel de presión sonora de éste. Técnicamente corresponde a una medida del nivel de presión acústica, que es igual a 20 veces el logaritmo de base 10 de la razón de la presión de un sonido dado, medido a la presión de referencia igual a 20 micropascales.

DB(A): Intensidad del sonido medido y sopesado con la malla de ponderación o escala de medición; "A" de un Decibelímetro. Para fines del presente reglamento las mediciones se harán y se reportarán en la escala de medición lenta expresada en dB(A).

Decibelímetro: Instrumento utilizado para medir la intensidad del sonido, que traduce las señales acústicas en señales eléctricas, expresadas en dB(A) en la escala de medición lenta.

Denunciado: Persona individual o jurídica, que se presume ocasiona un impacto ambiental por ruido.

Denunciante: Toda persona individual o jurídica, del sector público, privado, autónomo o semiautónomo u otro, que promueva una acción ante CONAMA u otra institución responsable o de competencia en la materia, una denuncia en contra de una fuente emisora de supuesta contaminación audial.

Fuente emisora de sonido: Corresponde a toda actividad, proceso, operación, o dispositivo que genere o pueda generar emisiones sonoras al ambiente externo, pudiendo producir o no, contaminación por ruido o audial.

Fuente emisora de ruido: Fuente emisora de sonido que por sobrepasar los límites máximos permisibles establecidos en este reglamento, genera ruido del cual se deriva un impacto ambiental negativo por contaminación audial.

Fuente emisora de sonido fija: Corresponde a toda actividad, proceso, operación, o dispositivo establecido en un solo lugar, que genere o pueda generar emisiones sonoras al ambiente, que puedan producir o no, contaminación por ruido o audial.

Fuente emisora de sonido móvil: Corresponde a toda actividad, proceso, operación o dispositivo móvil que genere o pueda generar emisiones sonoras al ambiente, que puede producir o no, contaminación por ruido o audial.

Límite máximo permisible: Valor de la intensidad de un sonido, establecido en el presente reglamento, medido a través de un Decibelímetro, expresado en dB(A) a partir del cual el sonido produce contaminación audial o ruido y por ende, puede ser nocivo para la salud, puede interferir con el trabajo, el descanso, el disfrute de los bienes y la tranquilidad social.

Medición continua: Medición de un sonido se realiza sin interrupción durante un período de observación previamente establecido.

Medida de mitigación de impacto ambiental: Acción o conjunto de acciones tendientes a prevenir, controlar o remediar, los efectos negativos derivados de la contaminación audial.

Nivel sonoro: Es el nivel de presión acústica medido para una fuente de emisión sonora dada, expresado en dB(A) en la escala de medición lenta.

Nivel de ruido: Es el nivel sonora causado por el ruido emitido por una fuente.

Nivel sonoro de fondo: Es el nivel sonoro que está presente en el ambiente, ajeno a la fuente emisora que pretenda medirse; producido por cualquier causa, excepto la fuente misma objeto de análisis.

Nivel de presión acústica: Es la relación entre la presión acústica de un sonido y la presión acústica de referencia. Equivale a diez veces el logaritmo décima o de base 10 del cociente de los cuadrados de una presión acústica cualquiera y la de referencia que es de 20 micropascales.

Pascal: Unidad de Presión equivalente a 1 N/m².

Presión acústica: Equivale al incremento de presión atmosférica debido a la presencia de una perturbación acústica del medio.

Responsable: Toda persona individual o jurídica, del sector público, privado, autónomo o semiautónomo u otro, que sea responsable legalmente de la administración, operación o mantenimiento, de una fuente emisora de sonido, que produzca o no contaminación audial.

Respuesta: Resultado de la medición del instrumento que evalúa la intensidad del sonido. Para fines de este reglamento la normativa se aplica a una respuesta lenta, siempre en el rango dB(A).

Receptor: Persona, individual o jurídica, que percibe una fuente de sonido. También se aplica al equipo de medición que percibe un sonido.

Ruido: Sinónimo de contaminación audial en virtud de ser un sonido indeseable, que moleste o que perjudique a las personas, por encontrarse fuera y arriba de los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento.

Ruido estable: Ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango igual o inferior a 5 dB(A) durante un minuto de lectura.

Sonido estable: Sonido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango igual o inferior a dB(A) durante un minuto de lectura.

Sonido inestable: Sonido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) durante un minuto de lectura.

CAPÍTULO III

AMBIENTE Y FUENTES DE SONIDO

Artículo 6. Ambiente y fuentes emisoras de sonido:

Las regulaciones contenidas en el presente reglamento tendrán por objeto la prevención y el control de todo tipo de actividades a partir de las cuales se deriven emisoras de sonido fijas o móviles que impacten negativamente el ambiente externo laboral, por contaminación audial o ruido.

Para efecto del presente reglamento y de acuerdo con el glosario de términos estipulado, se establece como Ambiente sujeto de ser impactados por ruido o contaminación audial, el ambiente externo. Y como fuentes emisoras de sonido, sujeto a producir impactos por ruido o contaminación audial, las Fuentes Fijas y Fuentes Móviles.

Artículo 7. Ambiente externo:

Se establece como ambiente externo, el entorno natural o entorno modificado por el ser humano, que es ajeno a una fuente emisora de sonido pero que puede llegar a ser impactado negativamente por dicha fuente.

Para fines del presente reglamento, se establecen las categoría siguientes de ambiente externo clasificadas como zonas:

7.1 Zona R:

Zona, territorio o área cuyo uso del suelo por acuerdo de autoridad competente se clasifica como residencial o para usos habitacionales; o bien, desarrollo urbano o rural cuyo proyecto inicial se clasificó como residencial o habitacional y se ejecutó como tal, avalado previamente por autoridad competente de acuerdo a la ley. Esencialmente la Zona R o Zona Residencial, se caracteriza por actividades de tipo habitacional provistas de equipamiento urbano básico, de acuerdo al conjunto del desarrollo existente ó proyectado.

7.2 Zona C:

Zona, territorio o área cuyo uso del suelo por acuerdo de autoridad competente se clasifica como comercial; o bien, corresponde a un desarrollo cuyo proyecto inicial, urbano o rural, se clasificó de esta manera y se ejecutó como tal avalado previamente por autoridad competente de acuerdo con la ley. Esencialmente esta zona se caracteriza por actividades de tipo comercial, recreacional, así como para la realización de trabajos administrativos, de oficina y similares.

7.3 Zona I:

Zona, territorio o área cuyo uso del suelo por acuerdo de autoridad competente se clasifica como Industrial, o bien desarrollo cuyo proyecto inicial, urbano o rural, se clasificó de esta manera y se ejecutó como tal y fue avalado previamente por autoridad competente de acuerdo a la ley. Esencialmente la zona industrial corresponde a actividades de transformación de materias primas en productos, indistintamente del proceso productivo para llevar a cabo dicha actividad.

7.4 Zona M:

Zona, territorio o área cuyo uso del suelo no tiene clasificación específica ni ésta ha sido promovida; por ende, presenta desarrollo mixto, que puede ser residencial, comercial, industrial u otros; o bien, corresponde a desarrollos urbanos cuyos proyectos iniciales dentro del mismo territorio, fueron variables, se clasificaron de esta manera y se ejecutaron como tales, avalados previamente por autoridad competente de acuerdo a la ley. Esencialmente corresponden a actividades residenciales, industriales u otras, las cuales se ubican en una misma zona o área.

7.5 Zona E:

Zona, territorio o área, cuyo uso del suelo por acuerdo de autoridad competente se clasifica como especial, o bien desarrollo urbano o rural, cuyo proyecto inicial se clasificó de esta manera y se ejecutó como tal y fue avalado previamente por autoridad competente. Esta zona corresponde a actividades de tipo hospitalario, clínicas médicas, tribunales, Centro Educativos, etc.

7.2 Aplicación:

El Estado reconoce la necesidad de establecer el ordenamiento territorial, como herramienta en la planificación urbana y rural y en el uso racional del recurso suelo y por ende, del bosque, el agua, el aire, la flora y la fauna; por lo que en tanto se promueven los planes, mecanismos e instrumentos para ello, se adopta la zonificación anteriormente indica en el Artículo 7, numerales del 7.1 al 7.5 inclusive, como parte del ambiente externo de aplicación para el presente reglamento.

Cuando exista duda sobre la categoría de la zona del ambiente externo o bien no pueda ser demostrada convenientemente la categoría de una zona determinada, deberá prevalecer el criterio de clasificación de zona mixta y fundamental en el interés social.

Artículo 8. Fuentes emisoras de sonido fijas:

Corresponde a toda actividad, proceso, operación, o dispositivo establecido en un solo lugar, que genere o pueda generar emisiones sonoras al ambiente externo, que puedan producir o no, contaminación por ruido o audial.

Para fines prácticos se considerará como fuente fija toda instalación establecida en un solo lugar; que tenga como finalidad desarrollar actividades industriales, agroindustriales, agrícolas, comerciales, de servicios y toda actividad que genere o pueda generar emisiones sonoras contaminantes o no, al ambiente laboral o ambiente externo.

Estas fuentes incluyen industrias, comercios, residencias, discotecas, parques de entretenimiento, restaurantes, iglesias y otras cuyas características se adapten a la presente definición, como puede ser el caso de fuentes fijas temporales (circos, ferias, exposiciones, asambleas, Iglesias, etc.).

Artículo 9. Fuentes emisoras de sonido móviles:

Corresponde a toda actividad, proceso, operación, o dispositivo móvil que genere o pueda general emisiones sonoras al ambiente externo, que puede producir o no, contaminación por ruido o audial.

Para fines prácticos se considerarán como fuentes emisoras de sonido móviles, todas aquellas que son medios de transporte terrestre acuático y aéreo o bien, actividades, procesos, operaciones o dispositivos que operen dentro de los

medios de transporte, que generen o puedan generar emisiones sonoras contaminantes o no, al ambiente externo.

Estas fuentes incluyen, sin exhausto, el transporte terrestre por medio de vehículos livianos, de transporte de pasajeros y de carga, motocicletas, locomotoras, carretas, etc.; transporte acuático por medio de barcos, barcazas, lanchas, lanchones, motos acuáticas, etc.; transporte aéreo por medio de aviones, avionetas, helicópteros, planeadores, etc., con fines comerciales, de servicios, industriales, agroindustriales, agrícolas, de locomoción en general y otros medios para tales fines.

CAPITULO IV

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES SONORAS

Artículo 10. De los límites máximos permisibles de emisiones sonoras en ambientes externos:

Queda terminantemente prohibido que cualquier fuente emisora de Sonido, fija o móvil exceda los límites máximos permisibles de emisiones sonoras establecidos en el presente reglamento, en el ambiente externo de acuerdo con los días, los horarios y la distribución de Zonas siguientes:

CUADRO 1

Límites Máximos permisibles de emisiones sonoras en ambiente externo, dB(A) lento

TIPOS DE ZONAS	De Lunes a Sábado		Domingo	
	7 – 21 hrs.	21 – 7 hrs.	8 – 19 hrs.	19 – 7 hrs.
Residencial	60	50	60	50
Comercial	70	65	70	65
Industrial	75	70	75	70
Mixta	65	55	60	50
Especial	55	50	55	50

CONAMA de oficio realizará inspecciones y requerirá informes sobre fuentes que a juicio de la misma, puedan considerarse contaminantes del ambiente por ruido.

CAPÍTULO V

MEDICIONES DE NIVELES SONOROS

Artículo 11. De los equipos de medición:

Las mediciones de los niveles sonoros establecidos en el presente reglamento, se efectuarán con un instrumento utilizado para medir la intensidad del sonido, que traduce las señales acústicas en señales eléctricas, denominado Decibelímetro.

Artículo 12. Certificación:

El Decibelímetro, deberá cumplir con las normas internacionales electrotécnicas establecidas para dichos equipos, mediante certificado de fábrica del instrumento, en el cual se indique, entre otros aspectos, la serie, modelo, rango de lectura y precisión del aparato. El aparato deberá contar con el Manual de Usuario.

Artículo 13. Procedimiento de medición:

Para efectos del presente reglamento, el procedimiento para efectuar la medición de los niveles sonoros será el siguiente:

- 13.1 Las mediciones se realizarán con el Decibelímetro utilizado el filtro o malla de ponderación A y la respuesta lenta del instrumento. Los resultados de las mediciones se expresarán como dB(A).
- 13.2 El tiempo de medición deberá ser continuo y mínimo de 5 minutos. Para una fuente de sonido estable será de 5 minutos. Para una fuente de sonido inestable será de 5 minutos o más dependiendo el comportamiento de la fuente. Por cuestiones prácticas ninguna medición deberá ser mayor de 10 minutos.
- 13.3 Las mediciones en ambientes externos se realizarán a una altura promedio de 1.5 m sobre el nivel del suelo a unos 3 o 5 mts. retirados de paredes u otro tipo de estructuras reflectantes que puedan alterar las mediciones y de preferencia en los linderos de las propiedades o áreas sujeto de evaluación. En ambientes laborales es deseable realizarla a la altura del oído de los trabajadores, pero puede aplicarse la altura promedio anteriormente indicada.
- 13.4 Cuando los sonidos sean percibidos en un inmueble, las mediciones se realizarán en las condiciones habituales de uso del mismo.
- 13.5 Cuando las mediciones se realicen directamente en una fuente emisora del sonido, las mediciones se harán en los cuatro puntos cardinales de la misma, de ser posible a una distancia de 3 mts. de la fuente y se reportará el valor mínimo, máximo y promedio medido. Todos los valores que se reporten, estarán sujetos a los límites máximos permisibles, establecidos en el presente reglamento.
- 13.6 Deberán descartarse dentro de las mediciones efectuadas, aquellos valores que incluyan sonidos ocasionales y que no duren más del 10% del tiempo de medición continua adoptado.

- 13.7 Cuando exista sonido o ruido de fondo, deberá velarse porque este sea controlado, para obtener una lectura representativa de la fuente emisora.
- 13.8 Se considera que un sonido sobrepasa los límites máximos permisibles, cuando el nivel de sonido sujeto de medición continua, se excede de lo normado en el presente reglamento, durante un lapso igual o mayor al 10% del tiempo de medición adoptado.
- 13.9 La elaboración de mapas de sonoridad o mapas sonométricos en ambientes laborales, a efecto de evaluar la dispersión acústica o comportamiento del sonido y de ello derivar acciones de seguridad industrial o medidas de mitigación ambiental quedará a juicio de profesionales en la materia, autorizados para el efecto por SEGEPLAN / CONAMA.

CAPÍTULO VI

PROHIBICIONES

Artículo 14. Prohibiciones:

Con el propósito de mejorar la calidad de vida de los habitantes de la república de Guatemala contra los efectos de la contaminación audial, queda terminantemente prohibido que cualquier fuente emisora de sonido fija o móvil, exceda los límites máximos permisibles de emisiones sonoras en ambiente externo, establecidos en el presente reglamento.

Además está prohibido lo que a continuación se indica:

- 14.1 La interferencia intencional o alteración de las propiedades de cualquier instrumento de medición de sonido, que induzca al error por exceso o defecto, de los valores que puedan ser reportados.
- 14.2 El uso de bocinas o claxon, alarmas, altoparlantes y otros dispositivos que puedan generar sonidos al interior de las instalaciones y vías de acceso directas a hospitales, centros de salud, escuelas, colegios, edificios públicos y otros lugares donde la señalización vial así lo indique. Excluyéndose de ello el uso de los dispositivos ubicados en los servicios fijos y móviles de emergencia pública como lo son las radiopatrullas, ambulancias y otros vehículos para tal fin, requiriéndole un uso racional de los mismos.
- 14.3 El negarse a proporcionar información a CONAMA u otra autoridad competente, respecto a una posible fuente emisora de sonido. La negación se entenderá, cuando una vez se haya solicitado de forma escrita por funcionario autorizado para el efecto dicha información al responsable de la fuente emisora y este haya recibido la notificación correspondiente, no se pronuncie de forma escrita al respecto, en un plazo que no debe de exceder de 15 días.
- 14.4 El uso de altoparlantes, amplificadores y otros dispositivos o fuentes de emisión de sonido fijas o móviles; con fines personales, sociales,

- comerciales, promocionales u otros, para ser utilizados en la vía pública y otros lugares, sin previa autorización. La autorización no exime al responsable de la fuente de emisión de sonido, de cumplir con lo dispuesto en este reglamento y de responder a cualquier denuncia que por motivos de presunta contaminación por ruido, se encauce es su contra.
- 14.5 La generación de sonidos, cualquiera que sea la fuente que los produzca, que al traspasar los límites de una propiedad, puedan generar ruidos en el ambiente externo, según los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento.
 - 14.6 El servicio público de transporte de pasajeros, no podrá mantener encendidos equipos de transmisión radial o televisiva, que trasciendan al área de pasajeros, a volúmenes que superen el nivel de inteligibilidad de la tabla.
 - 14.7 Iniciar operaciones de cualquier proyecto, obra o industria, que pueda generar impacto ambiental por ruido, sin previa presentación y aprobación por parte de CONAMA, del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, como lo establece el artículo 8 del Decreto 68-86 relativo a la Ley de protección y Mejoramiento del Medio Ambiente y el presente reglamento.
 - 14.8 Operar equipamientos, dispositivos y otras fuentes de posible generación de ruido en ambientes laborales, sin los equipos de protección auditiva adecuados. Es obligatorio que los responsables provean de los equipos de protección auditiva adecuados a sus trabajadores sujetos a impacto ambiental por ruido y a su vez que los trabajadores, utilicen dichos equipos.
 - 14.9 Queda especialmente prohibido, el uso de altoparlantes, amplificadores, equipos de sonido, instrumentos musicales y realizar conversaciones en alta voz, en la vías públicas, plazas o paseas peatonales, o bien predios y edificaciones públicas o privadas, contiguas o cercanas o viviendas, después de las 23 horas y antes de las 6 horas.
 - 14.10 Realizar trabajos domésticos, reparaciones caseras, celebraciones, u otro tipo de actividades residenciales que puedan generar emisiones sonoras al ambiente, catalogadas según el presente reglamento, como ruidos; después de las 23 horas y antes de las 6 horas.
 - 14.11 La circulación de vehículos automotores que cuenten con claxon o bocinas estridentes o que no cuenten con sistema de silenciador en correcto estado de funcionamiento.

Artículo 15. Excepciones:

Se exceptúan de las prohibiciones establecidas en el presente reglamento, los sonidos que sobrepasen los límites máximos permisibles bojo las circunstancias siguientes:

- 15.1 Sonidos provenientes de dispositivos de alarma como sirenas, altoparlantes y amplificadores del sonido y otros dispositivos empleados para casos de emergencia, seguridad nacional y atención a desastres.
- 15.2 Se tipifican entre estos los carros de bomberos, ambulancias de hospitales y de cuerpos de socorro, las autopatrullas para la seguridad pública y otros transportes debidamente autorizados para el efecto.
- 15.3 La autoridad competente deberá velar porque no se haga un uso indebido y exagerado de dichos dispositivos en ausencia de emergencias o desastres.

CAPÍTULO VII**ACCIÓN POPULAR DE DENUNCIA****INFRACCIONES, SANCIONES Y RECURSOS****Artículo 16. Acción popular de denuncia (acción pública).**

Se concede acción pública para denunciar ante autoridad competente, todo hecho, acto u omisión que se considere, genere contaminación audial.

Artículo 17. Presentación de la denuncia:

La denuncia debe ser presentada ante CONAMA u autoridad competente, por las personas individuales o jurídicas que se sientan afectadas por una fuente emisora de ruido. Cuando la denuncia se presente ante otra autoridad que no sea CONAMA, la autoridad que recibió inicialmente la denuncia, deberá notificar por escrito a CONAMA de los hechos, en un plazo que no exceda de 5 días hábiles, pudiendo poner en antecedentes a CONAMA, vía telefónica, según la gravedad del caso y a juicio de la autoridad.

Artículo 18. Infracciones sanciones:

Todo hecho, acto u omisión que contravenga las disposiciones del presente reglamento, se considerará como infracción y se sancionará administrativamente de conformidad con los procedimientos establecidos en el Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Título V, Capítulo Único, Artículos del 29 al 39 inclusive y demás artículos que le son aplicables.

Artículo 19. Investigación Hechos:

Toda denuncia será investigada por CONAMA. Ésta última podrá hacerse acompañar de autoridad competente, dependiendo la naturaleza de la denuncia y cuando lo estime pertinente. El hecho deberá ser investigado en un plazo que no deberá exceder de 5 días después de haber recibido oficialmente la denuncia.

Artículo 20. Notificación:

Si derivado de la investigación realizada, procede la denuncia, se citará al denunciado para hacer de su conocimiento los motivos de la denuncia, pudiendo estar presentes los denunciados y se levantará el acta respectiva. El período entre la recepción oficial de la denuncia por CONAMA y la notificación al denunciado, no deberá exceder de 30 días calendario.

Artículo 21. Estudio de evaluación de impacto ambiental:

El denunciado por su cuenta y a su costa, deberá realizar un Estudio de Evaluación de impacto Ambiental por emisiones sonoras, en un plazo según lo estipula el Artículo 24 del presente reglamento, para esclarecer su situación ante CONAMA u otra autoridad competente y tomar las medidas de mitigación ambiental, de proceder.

Artículo 22. Plazo:

El plazo para la presentación del Estudio indicado en el Artículo 23 del presente reglamento, será de 30 días hábiles. Si por la naturaleza de los trabajos profesionales a efectuarse se requiere de más tiempo, deberá enviarse solicitud por escrito a CONAMA, avalada por el profesional o firma consultora contratada para el efecto. En ningún caso, el plazo deberá exceder de 30 días hábiles adicionales a los ya otorgados.

Artículo 23. Medidas de mitigación ambiental:

Cuando exista impacto por ruido, el denunciado por su cuenta y a su costa, deberá implementar las medidas de mitigación ambiental que sean necesarias, a efecto de mitigar el impacto ambiental negativo generado; para lo cual, deberá incluir dentro del Estudio realizado, a ser presentado a CONAMA, el plan de medidas de mitigación ambiental resultado del Estudio, para dar cumplimiento en cuanto a límites máximos permisibles de emisiones sonoras al ambiente.

Cuando el problema de contaminación audial, sea generado por la realización de cualquier actividad, que pueda ser llevada a cabo en cualquier tipo de local o en área externa, el denunciado deberá proceder por su cuenta y a su costa a plantear y ejecutar un diseño acústico del local o área en donde se genere el impacto, por medio del cual el problema sea corregido, cumpliendo con los límites permisibles establecidos en el presente reglamento.

CAPÍTULO VIII

FOMENTO A LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMIANACIÓN AUDIAL

Artículo 24. Prevención de la contaminación audial:

En consonancia con los Artículo 11 y 17 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, La Comisión Nacional del Medio Ambiente establecerá toda clase de incentivos y estímulos, que coadyuven el desarrollo educativo, científico, tecnológico y social, que permita la prevención de la contaminación por ruido.

Artículo 25. Incentivos y estímulos:

La CONAMA establecerá premios anuales incentivo y estímulo a las personas individuales y jurídicas que coadyuven a la prevención de la contaminación audial, en los casos siguientes:

Por la elaboración de programas educativos de proyección a nivel nacional, a través de medios radiales, televisivos o escritos.

Por investigaciones realizadas en el campo de la prevención y protección auditiva, sean estas de tipo científico, tecnológico o social.

Por el desarrollo de tecnologías apropiadas y de bajo costo, que puedan ser implementadas en ambientes de trabajo, que permitan mejorar la seguridad e higiene en los mismos.

Por investigaciones realizadas de forma puntual, que permitan diagnosticar la situación audial en lugares de trabajo, entornos naturales o modificados.

Por la Organización de fundaciones, eventos y otras actividades que promuevan el desarrollo educativo, científico, tecnológico y social a nivel regional o nacional, sobre la prevención y control de la contaminación audial.

A las Industrial, Comercios e Instituciones del Estado que tengan establecidos programas permanentes de seguridad e higiene industrial en sus ambientes laborales, en materia de prevención y protección auditiva.

A las Empresas de transporte que cuenten con equipamientos para el control y prevención de la contaminación audial por automotores.

En cualesquiera de los casos que la CONAMA, estime pertinente de implementar, por iniciativa propia, o a sugerencia de otras instituciones y asociaciones civiles.

CAPÍTULO IX

DISPOSICIONES DEROGATIVAS Y VIGENCIA

Artículo 26. Derogaciones:

Se derogan todos los acuerdos, reglamentos, normativas y disposiciones que se opongan al presente reglamento.

Artículo 27. Vigencia:

El presente reglamento entrará en vigencia, a los ocho días de su publicación en el Diario Oficial. Dado.....

No. 10

Los criterios legales expuestos, al orientar la actividad del gobierno, determinan la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a ruido

DISPONGO:

Artículo 1.

La presente norma tiene por objeto la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido durante el trabajo, y particularmente para la audición.

En el anexo incluyen la descripción y definición de los conceptos técnicos empleados en esta norma a efectos de su utilización en la aplicación del mismo.

Artículo 2.

Para dar efectividad al objeto de protección de los trabajadores establecido en el artículo anterior el empresario esta obligado a:

1. Con carácter general, a reducir al nivel más bajo técnica y razonablemente posible los riesgos derivados de la exposición al ruido, habida cuenta del progreso técnico y de la disponibilidad de medidas de control del ruido, en particular, en su origen, aplicadas a las instalaciones u operaciones existentes.

Lo dispuesto en el párrafo anterior deberá ser tenido especialmente en consideración en la concepción y construcción de nuevos centros de trabajo y en la modificación de los existentes, incluida la adquisición de nuevos equipos de trabajo. De las medidas preventivas que en estos supuestos se adopten se informara, con carácter previo a su puesta en practica, a los órganos internos competentes en seguridad e higiene y a los representantes de los trabajadores.

2. A dar cumplimiento a las obligaciones específicas consignadas en esta norma.

Artículo 3.

1. El empresario deberá evaluar la exposición de los trabajadores al ruido con el objeto de determinar si se superan los límites o niveles fijados en la presente norma y de aplicar, en tal caso, las medidas preventivas procedentes. El proceso de evaluación comprenderá:

1. Una evaluación en los puestos de trabajo existentes en la fecha de entrada en vigor de esta norma.
2. Evaluaciones adicionales cada vez que se cree un nuevo puesto de trabajo, o alguno de los ya existentes se vea afectado por modificaciones que supongan una variación significativa de la exposición de los trabajadores al ruido.
3. Evaluaciones periódicas que se llevaran a cabo, como mínimo, anualmente, en los puestos de trabajo en que el nivel diario equivalente o el nivel de pico superen 85 dBA o 140 dB, respectivamente, o cada tres años, si no se sobrepasan dichos límites, pero el nivel diario equivalente supera 80 dBA.

2. Los órganos internos competentes en seguridad e higiene y los representantes de los trabajadores tendrán derecho a:

1. Estar presentes en el desarrollo de las evaluaciones previstas en esta norma.
2. Ser informados sobre los resultados de las mismas, pudiendo solicitar las aclaraciones necesarias para la mejor comprensión de su significado.
3. Ser informados sobre las medidas preventivas que deberán adoptarse, a la vista de los resultados de la evaluación, en aplicación de lo dispuesto en la presente norma.

Artículo 4.

1. La evaluación de la exposición de los trabajadores al ruido se realizara en base a la medición del mismo.

Las mediciones del ruido deberán ser representativas de las condiciones de exposición al mismo y deberán permitir la determinación del nivel diario equivalente y del nivel de pico. Con tal finalidad la medición del ruido se efectuara de acuerdo con los criterios establecidos en los anexos 2 y3 de esta norma.

Cuando las características de un puesto de trabajo impliquen una variación significativa de la exposición al ruido entre una jornada de trabajo y otra, el empresario podrá utilizar para la evaluación de dicha exposición el nivel semanal equivalente, en lugar del nivel diario equivalente, siempre que comunique tal hecho a la autoridad laboral, a efectos de que esta pueda comprobar que se dan las circunstancias motivadoras de la utilización de este sistema.

2. Quedan exceptuados de la evaluación de medición aquellos supuestos en los que se aprecie directamente que en un puesto de trabajo el nivel diario equivalente o el nivel de pico son manifiestamente inferiores a 80 dBA y 140 dB.

Artículo 5.

En los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente supere 80 dBA deberán adoptarse las siguientes medidas:

1. Proporcionar a cada trabajador una información, y, cuando proceda, una formación adecuadas en relación a:

La evaluación de su exposición al ruido y los riesgos potenciales para su audición.

Las medidas preventivas adoptadas, con especificación de las que tengan que ser llevadas a cabo por los propios trabajadores.

La utilización de los protectores auditivos.

Los resultados del control Médico de su audición.

2. Realizar un control Médico inicial de la función auditiva de los trabajadores, así como posteriores controles periódicos, como mínimo quinquenales. Estos controles se llevaran a cabo de conformidad con las reglas contenidas en el apéndice 4 esta norma.
3. Proporcionar protectores auditivos a los trabajadores que lo soliciten.

Artículo 6.

En los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente supere 85 dBA se adoptaran las medidas preventivas indicadas en el artículo anterior, con las siguientes modificaciones:

1. El control Médico periódico de la función auditiva de los trabajadores deberá realizarse, como mínimo, cada tres años.
2. Deberán suministrarse protectores auditivos a todos los trabajadores expuestos.

Artículo 7.

En los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente o el nivel de pico superen 90 dBA o 140 dB, respectivamente, se analizaran los motivos por los que se superan tales límites y se desarrollara un programa de medidas técnicas destinado a disminuir la generación o la propagación del ruido, u organizativas encaminadas a reducir la exposición de los trabajadores al ruido. De todo ello se informara a los trabajadores afectados y a sus representantes, así como a los órganos internos competentes en seguridad e higiene.

En los puestos de trabajo en los que no resulte técnica y razonablemente posible reducir el nivel diario equivalente o el nivel de pico por debajo de los límites mencionados en el apartado anterior, y, en todo caso, mientras este en fase de desarrollo el programa de medidas concebido a tal fin, deberán adoptarse las medidas preventivas indicadas en el artículo 5., con las siguientes modificaciones:

1. Los controles Médicos periódicos de la función auditiva de los trabajadores deberán realizarse, como mínimo, anualmente.
2. Todos los trabajadores deberán utilizar protectores auditivos, sobre señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo.
3. Siempre que el riesgo lo justifique y sea razonable y técnicamente posible, los puestos de trabajo serán delimitados y objeto de una restricción de acceso.

Artículo 8.

1. Los protectores auditivos serán proporcionados por el empresario en número suficiente y serán elegidos por este en consulta con los órganos internos competentes en seguridad e higiene y los representantes de los trabajadores.

Los protectores auditivos deberán:

1. Ajustarse a lo dispuesto en la normativa general sobre medios de protección personal.
2. Adaptarse a los trabajadores que los utilicen, teniendo en cuenta sus circunstancias personales y las características de sus condiciones de trabajo.
3. Proporcionar la necesaria atenuación de la exposición al ruido.

Mediante el uso de los protectores deberá obtenerse una atenuación al ruido tal que el trabajador dotado de aquellos tenga una exposición efectiva de su oído al ruido equivalente al de otro trabajador que, desprovisto de protectores, estuviese expuesto a niveles inferiores a los indicados en el artículo 7 o, cuando resulte razonable y técnicamente posible, a los indicados en los artículos 6 y 5. En casos de excepcional dificultad técnica la autoridad laboral podrá conceder exenciones al cumplimiento de lo dispuesto en el párrafo anterior; en tales casos, no obstante, deberán utilizarse protectores auditivos que proporcionen la mayor atenuación posible.

2. Para trabajadores que efectúen operaciones especiales, la autoridad laboral podrá conceder exenciones a la obligatoriedad de uso de los protectores auditivos, cuando tal uso pudiera conducir a una agravación del riesgo global para la salud y/o seguridad de los trabajadores afectados y no fuera razonablemente posible disminuir ese riesgo por otros medios.

Las exenciones contempladas en este apartado y en el anterior se concederán en todo caso por periodos limitados, se revisaran periódicamente y se revocaran en cuanto dejen de concurrir las circunstancias que motivaron aquellas. El empresario deberá tomar en cada caso, habida cuenta de las circunstancias particulares, medidas, como la reducción del tiempo de exposición al ruido, que sean adecuadas para reducir al mínimo los riesgos derivados de tales exenciones.

3. Si la utilización de los protectores auditivos llevase consigo un riesgo de accidente, este deberá disminuirse mediante medidas apropiadas.

Artículo 9.

1. Los empresarios deberán registrar y archivar los datos obtenidos en las evaluaciones de la exposición al ruido y en los controles Médicos de la función auditiva realizados en cumplimiento de lo dispuesto, respectivamente, en los artículos 3, 4, 5, 6, y 7 de esta norma.

2. En relación a la evaluación de las exposiciones el registro comprenderá, como mínimo, la identificación de cada uno de los puestos de trabajo objeto de evaluación y los resultados obtenidos en cada uno de ellos, con indicación del instrumental empleado.

3. En relación al control Médico de la función auditiva el registro comprenderá, como mínimo:

Nombre del trabajador.

Número de afiliación a la Seguridad Social.

Puesto de trabajo ocupado, resultado de los controles periódicos o adicionales efectuados en relación a los riesgos relacionados con la exposición al ruido, con indicación de si el trabajador emplea protección personal, y en caso afirmativo, tipo de aquella y el tiempo medio diario de su utilización, cambios de puesto de trabajo realizados por indicación medica, e incidencia patológica relacionada con la audición.

Los datos resultantes de las valoraciones del Estado de salud de los trabajadores solo se podrán utilizar como base orientativa para mejorar el ambiente de trabajo y con fines medico-laborales, y siempre respetando su carácter confidencial.

4. El empresario esta obligado a mantener los archivos a los que hace referencia este artículo durante al menos treinta años. Si un empresario cesara en su actividad, el que le suceda recibirá y conservara la documentación anterior. Al finalizar los periodos de conservación obligada de los registros, o en el caso de cese de la actividad sin sucesión, la empresa lo notificara a la autoridad laboral

competente con una antelación de tres meses, dándole traslado durante este periodo de toda esta documentación.

El empresario deberá facilitar el acceso a estos archivos a la inspección de trabajo y Seguridad Social, al instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, a los organismos competentes de las Comunidades Autónomas, a los órganos internos competentes en seguridad e higiene y a los representantes de los trabajadores. No obstante lo anterior, cuando los datos relativos a la vigilancia de la salud de los trabajadores contengan información personal de carácter Médico confidencial, el acceso a aquellos se limitara al personal Médico que lleve a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores, salvo que se presenten de forma innominada.

Artículo 10.

A partir de la fecha de entrada en vigor de la presente norma los equipos de trabajo que se comercialicen deberán ir acompañados de una información suficiente sobre el ruido que producen cuando se utilizan en la forma y condiciones previstas por el fabricante. Dicha información deberá permitir que el empresario que desee adquirir un determinado equipo pueda realizar una estimación de los niveles de ruido a que van a estar expuestos los trabajadores que lo utilicen, o que se sitúen en sus proximidades.

De no existir un anexo de especificación técnica de las previstas en la Disposición Adicional de esta norma referida al contenido de la información prevista en el párrafo anterior, la misma se referirá al puesto de trabajo del operador y deberá incluir, como mínimo:

1. El nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado a, siempre que dicho nivel sea superior a 80 dBA.
2. El nivel de pico, siempre que supere 140 dB. Los empresarios que adquieran un equipo de trabajo deberán requerir del fabricante, importador o suministrador del mismo la información prevista en este artículo.

Anexo 1 Definiciones y conceptos generales

1. Nivel de presión acústica, L_p : El nivel, en decibelios, dado por la siguiente ecuación:

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

donde P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascales) y P es la presión acústica, en pascales, a la que está expuesto un trabajador (sin tener en cuenta la protección personal que eventualmente utilice) que pueda o no desplazarse de un lugar a otro del centro de trabajo.

2. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, LAeq,T: Valor del nivel de presión acústica, en decibelios, determinado con el filtro de ponderación frecuencial A según norma CEI 651, dado por la siguiente ecuación:

$$L_{pA} = 10 \lg \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2$$

donde PA es la presión acústica ponderada A, en pascuales.

3. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, LAeq,T: El nivel, en decibelios A, dado por la ecuación:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 \cdot dt \right]$$

donde T = t2-t1 es el tiempo de exposición del trabajador al ruido.

4. Nivel diario equivalente, LAeq,d: El nivel, en decibelios A, dado por la ecuación

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \lg \frac{T}{8}$$

donde T es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día.

Si un trabajador está expuesto a «m» distintos tipos de ruido y, a efectos de la evaluación higiénica, se ha analizado cada uno de ellos separadamente: el nivel diario equivalente se calculará según las siguientes ecuaciones:

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,T})_i} = 10 \lg \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T_i}}$$

donde LAeq,Ti es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A correspondiente al tipo de ruido «i» al que el trabajador está expuesto Ti horas por día, y (LAeq,d)i es el nivel diario equivalente que resultaría si solo existiese dicho tipo de ruido.

5. Nivel semanal equivalente, LAeq,s: El nivel, en decibelios A, dado por la ecuación:

$$L_{Aeq, s} = 10 \lg \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1 L_{Aeq, di}}$$

donde «m» es el número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y $L_{Aeq, di}$ es el nivel diario equivalente correspondiente al día «i».

6. Nivel de pico, L_{MAX} : Es el nivel, en decibelios, dado por la ecuación:

$$L_{MAX} = 10 \lg \left(\frac{P_{MAX}}{P_0} \right)^2$$

donde P_{MAX} es el valor máximo de la presión acústica instantánea a que está expuesto el trabajador (en pascals) y P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascals)

7. Ruido estable: Aquel cuyo nivel de presión acústica ponderado A permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimo de L_pA , medido utilizando las características «SLOW» de acuerdo a la norma CEI 651, es inferior a 5 dB.

Anexo 2 Medición del ruido

1. Para la medición del nivel diario equivalente, a efectos de su comparación con los límites o niveles considerados en el presente Reglamento, así como para determinar si el nivel de pico supera los 140 dB, se utilizarán los instrumentos indicados en el anexo 3 con sus respectivas condiciones de aplicación) u otros que den resultados equivalentes.
2. Los instrumentos de medida deberán ser verificados, mediante un calibrador acústico o sistema equivalente, antes y después de cada medición o serie de mediciones.
3. Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado.
4. Número y duración de las mediciones: El número, la duración y el momento de realización de las mediciones tendrán que elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de estas es el de posibilitar la toma de decisión sobre

el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el presente norma. Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos en la norma se sitúe dentro del margen de error de las mediciones, podrá optarse: a) por suponer que se supera dicho límite o nivel, o b) por incrementar (según el instrumental utilizado) el número de las mediciones (tratando estadísticamente los correspondientes resultados) y/o su duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del margen de error correspondiente.

Anexo 3: Instrumentos de medición y condiciones de aplicación

I. Medición del nivel diario equivalente

Sonómetros:

Los sonómetros podrán emplearse únicamente para la medición de Nivel de Presión Acústica Ponderado A (LpA) del ruido estable. La lectura promedio se considerará igual al Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado A (LAeq, T) de dicho ruido. El Nivel Equivalente (LAeq, d) se calculará mediante las ecuaciones dadas en el punto 4 del anexo 1.

Los sonómetros deberán ajustarse, como mínimo, a las prescripciones establecidas por la norma CEI 651 para los instrumentos del «tipo 2» (disponiendo, por lo menos, de la característica «SLOW» y de la ponderación frecuencial A), siendo preferible los del «tipo 1» para aquellas mediciones que exijan una especial precisión.

Sonómetros integradores-promediadores:

Los sonómetros integradores-promediadores podrán emplearse para la medición del Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado A (LAeq, T) de cualquier tipo de ruido siempre que se ajusten, como mínimo, a las prescripciones establecidas por la norma CEI 804 para los instrumentos del «tipo 2», siendo preferibles los del «tipo 1» para aquellas mediciones que exijan una especial precisión. El Nivel Diario Equivalente (LAeq, d) se calculará mediante las ecuaciones dadas en el punto 4 del anexo 1.

Dosímetros

Los dosímetros podrán ser utilizados para la medición del El Nivel Diario Equivalente (LAeq, d) de cualquier tipo de ruido siempre que cumplan las siguientes condiciones:

- a.) La relación existente entre el tanto por uno de la Exposición Máxima Permissible (0/1 EMP) * y el Nivel Diario Equivalente (LAeq, d) debe seguir la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,d} = 90 + 10 \lg (0/1 EMP)$$

Si se da el caso a que se hace referencia en el segundo párrafo del punto 4 del apéndice 1, podrá aplicarse la ecuación indicada en dicho punto o calcularse directamente el Nivel Diario Equivalente mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,d} = 90 + 10 \lg \sum_{i=1}^{i=m} (0/1 EMP)_i$$

- b.) Las características del dosímetro relativas a directividad, ponderación frecuencial A y amplificación deben cumplir, como mínimo, las prescripciones establecidas por la norma CEI 651 (artículos 5, 6.1 y 6.2) para los instrumentos del «tipo 2».
- c. El margen de linealidad del dosímetro y su capacidad para la efectiva integración de todo tipo de ruidos, incluidos los de impulso, deben ser, como mínimo, equivalentes a los fijados en la norma CEI 804 para los sonómetros integradores-promediadores del «tipo 2».

II. Medición del Nivel de Pico

Los instrumentos empleados para medir el Nivel de Pico, o para determinar directamente si éste ha superado los 140 dB, deben tener un constante de tiempo (en el ascenso) no superior a 100 microsegundos. Si se dispone de un sonómetro con ponderación frecuencial A y características «IMPULSE» (de acuerdo a la norma CEI 651) podrá considerarse que el Nivel de Presión Acústica Ponderado A sea inferior a 130 dBA.

Anexo 4 Control de la función auditiva de los trabajadores

El control de la función auditiva de los trabajadores, al que se hace referencia en los artículos 5, 6, 7 y 9 de este Reglamento, se realizara ateniéndose a lo dispuesto en el presente anexo:

1. El control de la función auditiva tendrá como objetivo la prevención de las pérdidas de capacidad auditiva que pudieran sufrir los trabajadores expuestos, debido al ruido existente en el ambiente de trabajo. Para ello dicho control deberá dirigirse, fundamentalmente, a la detección de la posible disminución de la capacidad auditiva de tales trabajadores, a fin de poder tomar oportunamente, en su caso, las medidas preventivas necesarias para la consecución del mencionado objetivo.
2. El control de la función auditiva de los trabajadores expuestos se efectuara siempre bajo la responsabilidad de un Medico, quien podrá ser asistido por

personas competentes en la materia, en la realización de pruebas y exámenes.

3. El control de la función auditiva de los trabajadores expuestos comprenderá los siguientes tipos de reconocimientos:
 - a. reconocimiento inicial, antes de la exposición al ruido o al comienzo de esta.
 - b. reconocimientos periódicos a intervalos cuya amplitud dependerá del nivel de exposición al ruido de cada trabajador y que, como mínimo, será la establecida en los artículos 5, 6, 7 y 9. Estos reconocimientos podrán realizarse con mayor frecuencia, a criterio del Médico responsable, especialmente en aquellos casos en que exista una hipersusceptibilidad frente al ruido, o en los que se advierta un deterioro de la función auditiva que lo haga aconsejable de acuerdo con lo expuesto en el punto 1.
 - c. reconocimientos adicionales a aquellos trabajadores que accidentalmente y sin la protección debida hayan estado expuestos a un nivel de pico superior a 140 dB, o a los que presenten determinados síntomas que, a juicio del Médico responsable, haga necesarios dichos reconocimientos con objeto de determinar un posible deterioro de la capacidad auditiva.
4. El reconocimiento inicial deberá incluir, como mínimo, una anamnesis y una otoscopia combinada con un control audiométrico; la otoscopia y el control audiométrico deberán repetirse al cabo de dos meses.
5. Los reconocimientos periódicos y los reconocimientos adicionales para los trabajadores que hayan estado accidentalmente expuestos, sin protección, a un nivel de pico superior a 140 dB, deberán incluir, como mínimo, una otoscopia combinada con un control audiométrico.
6. El control audiométrico mencionado en los puntos anteriores incluirá, como mínimo, una audiometría de tonos puros para la determinación de umbrales de audición por conducción aérea de acuerdo con la norma ISO 61891983. En todo caso, la audiometría cubrirá la frecuencia de 8.000 Hz y el nivel sonoro ambiental permitirá la medición de un nivel umbral de audición igual a 0 dB, según la norma ISO 3891975.
7. Las audiometrías indicadas en el punto anterior se efectuarán mediante audiómetros manuales o automáticos cuya calibración y mantenimiento se realizara de acuerdo con las normas ISO 61891983, ISO 3891975 y CEI 645.