

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



**ANÁLISIS DE RUIDO POR FUENTES FIJAS EN UNA
INDUSTRIA DE FUNDICIÓN DE HIERRO GRIS.**

PRESENTADA POR:

CELEYMAN SANTIZO SÁNCHEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DEL 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

**ANÁLISIS DE RUIDO POR FUENTES FIJAS EN UNA
INDUSTRIA DE FUNDICIÓN DE HIERRO GRIS.**

PRESENTADA POR: CELEYMAN

SANTIZO SÁNCHEZ

**TESIS, QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL
COMITÉ ASESOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE:**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

ASESOR PRINCIPAL:



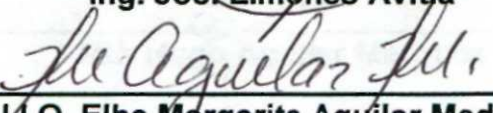
Dr. José Luis Reyes Carrillo

ASESOR:




Ing. Joel Limones Avitia

ASESOR:



M.I.Q. Elba Margarita Aguilar Medrano

ASESOR:

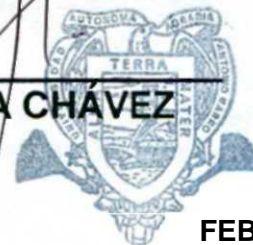


MC. Hugo Aguilar Márquez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS



MC. JAVIER ARAIZA CHÁVEZ



TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DEL 2007

Coordinación de la División
de Carro.-?? Agronómicas

000S

7

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 CONCEPTOS.....	4
2.1.1 RUIDO.....	4
2.1.2 SONIDO	4
2.2 Audición Normal	5
2.3 DEFINICIÓN DE LAS REDES DE PONDERACIÓN.....	5
2.3.1 Ponderación A.....	5
2.3.2 Ponderación B.....	5
2.3.3 Ponderación C	6
2.4 Características de ruido.....	6
2.4.1 Respecto al silencio	6
2.5 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL OÍDO.....	7
2.5.1 Oído externo	7
2.5.2 Oído medio	7

2.5.3 Oído interno.....	8
2.6 Métodos para la clasificación de las audiometrías	9
2.6.1 Ruido en los lugares de trabajo.....	10
2.6.2 Daño auditivo.....	11
2.6.3 Causas de exposición al ruido.....	12
2.6.4 Mecanismos de la hipoacusia inducida por ruido.....	12
2.6.5 Presbiacusia	15
2.6.6 Sensibilidad del oído	15
2.7 FENÓMENOS QUE AFECTAN LA PROPAGACIÓN DEL SONIDO.....	16
2.7.1 Reflexión.....	16
2.7.2 Absorción.....	16
2.7.3 Transmisión	16
2.8 PROPAGACION DEL SONIDO EN EXTERIORES.....	16
2.8.1 Difusión geométrica	16
2.8.2 Directividad	17
2.8.3 Fuentes de sonido difusa.....	17
2.8.4 Atenuación por la distancia.....	17
2.8.5 Atenuación atmosférica	17
2.8.6 Atenuación debida a las condiciones meteorológicas	18
2.8.7 Efectos de la superficie del terreno.....	18
2.8.8 Atenuación sonora por los árboles	18
2.8.9 Efecto de la topografía del terreno	18
2.8.10 Difusión del sonido al aire libre	19
2.9 PRINCIPALES EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD.....	19
2.9.1 Efectos Auditivos.....	19
2.9.2 Efecto Máscara	20
2.9.3 Comunicación oral	20
2.9.4 Acúfenos	20
2.9.5 Pérdida Progresiva de la Audición	20
2.9.6 Efectos No Auditivos	21
2.9.7 Trastornos del sueño	21

2.9.8 Aprendizaje	21
2.9.9 Ruido y embarazo.....	21
2.10 EFECTOS DEL RUIDO EN EL RESTO DEL ORGANISMO	23
2.10.1 Medidas preventivas.....	23
2.10.2 Adición de revestimiento.....	25
2.10.3 Cerramientos totales.....	26
2.10.4 Barreras de difracción o absorción	27
2.11 LOS PLANOS ACÚSTICOS O MAPAS ACÚSTICOS.....	29
2.12 REDUCCIÓN DEL RUIDO DESDE EL ORIGEN	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
VI. LITERATURA CITADA	34
VII. APÉNDICE.....	45

AGRADECIMIENTOS

A DIOS. Por darme la vida y salud para terminar mi carrera, siendo este uno de los logros mas valiosos de mi vida.

A MI MADRE. M^a. De la luz Sánchez Vázquez por el esfuerzo tan grande que ha hecho, por la gran confianza que haz dado, y por preocuparte en hacer de mi un hombre de provecho, te agradezco por que me enseñaste que todo sacrificio y esfuerzo tiene una recompensa y que no existe lo imposible. Te amo mamá.

A MIS HERMANOS. Juan, Carlos Santizo Sánchez y Fabiola Santizo Sánchez por el apoyo que me han brindado, y por ser los mejores amigos de mi vida.

A MI ALMA TERRA MATER. Por darme la oportunidad de formarme como profesionista y terminar una carrera.

A MIS ACESORES. Dr. José Luís Reyes Carrillo, Ing. Joel Limones Avitia, I.I.Q. Elba Margarita Aguilar Medrano. MC. Hugo Aguilar Márquez, por sus conocimientos, amistad, dedicación y el tiempo dedicado a este trabajo.

A MIS COMPAÑEROS UNIVERSITARIOS: paco memo, Rafael Espinosa J, Israel Toledo H, Braulio Rosales H, Luís Ruiz V, Luís Espinosa J.

DEDICATORIAS

A DIOS. Por que nada es posible sin tu ayuda, por permitir lograr una carrera y por darme una oportunidad de estas con las personas que más quiero.

A MI MADRE. Maria de la luz Sánchez Vázquez, Te dedico este trabajo con todo mi cariño por que eres el ejemplo de toda mi vida, por que me inculcaste buenos principios, por ser la mujer más importante de mi vida, siempre haz sido y serás mis fuerzas y el motivo más grande para triunfar.

A MIS HERMANOS. Juan Carlos Santizo Sánchez y Fabioia Santizo Sánchez por ser los mejores hermanos, con los que he compartido grandes momentos de mi vida, siendo también piezas fundamentales para este logro.

ERIKA FRANCO LARA. Por ser una persona muy especial en mi vida, por el gran apoyo incondicional y compartir muchos momentos felices y preocuparte por mí, te quiero y te amo.

A MIS MEJORES AMIGOS. Paulina Ciprianes Ruiz, Rogelio Hallar, y a mi gran compañero y amigo Pedro González Castro.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Clasificación SAL (Pérdida promedio de la audición del lenguaje)	9
CUADRO 2. Clasificación ELI (índice de pérdida temprana de la audición)	10
CUADRO 3. Relación de niveles de ruido aceptables por la OCDE y la OMS	22
CUADRO 4. Coeficientes de absorción de diferentes materiales	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Órgano de Corti.....	8
FIGURA 2. El mecanismo de reducción de ruido es el cerramiento total que son estructuras que rodean por completo la fuente de ruido.....	27
FIGURA 3. Barrera colocada cerca de la fuente o cerca del receptor, para obtener una reducción de ruido significativa	28
FIGURA 5. PLANO DE ISOBARAS NIVEL DE RUIDO.....	32

RESUMEN

El presente estudio es referente a la evaluación de los niveles de ruido en una empresa de la rama de fundición de piezas de Hierro gris, Fundición Auxiliar Metalúrgica S. A. (FAMETSA). Dicho estudio se desarrolló con el objetivo de determinar el nivel de ruido perimetral, provenientes de fuentes fijas en la industria de fundición de piezas de hierro gris. El diseño experimental fue realizado por medio del método de isóbaras. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye debido a los niveles de ruido perimetral que la empresa emite al exterior ecológico son elevados. Excediendo los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 en la cual para una exposición diaria de 8 horas diurnos son 68 dB (A) y 65 dB (A) nocturnas para preservar el bienestar y la salud de la sociedad.

El presente estudio es referente a la evaluación de los niveles de ruido en una empresa de la rama de fundición de piezas de Hierro gris, Fundición Auxiliar Metalúrgica S. A. (FAMETSA). Dicho estudio se desarrolló con el objetivo de determinar el nivel de ruido perimetral, provenientes de fuentes fijas en la industria de fundición de piezas de hierro gris. El diseño experimental fue realizado por medio del método de isóbaras. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye debido a los niveles de ruido perimetral que la empresa emite al exterior ecológico son elevados. Excediendo los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 en la cual para una exposición diaria de 8 horas diurnos son 68 dB (A) y 65 dB (A) nocturnas para preservar el bienestar y la salud de la sociedad.

I. INTRODUCCIÓN

El ruido representa un importante problema ambiental para el hombre, desde tiempos pasados cuando surge la revolución industrial la contaminación sonora comenzó a existir como un problema serio. Sin embargo, en la actualidad sus efectos se han multiplicado debido a la inmensa cantidad del ruido industrial y otras fuentes de emisión. Además, el control de ruido es insuficiente en muchos casos, debido en parte a la falta de conocimiento de sus efectos nocivos (Janariz *et al.*, 2003).

Durante las últimas décadas, la humanidad ha descubierto que el aumento considerable en la producción ha contribuido en la propagación de ruido, siendo una grave amenaza al equilibrio ecológico del ambiente. El ruido es alguno de esos residuos que, por suerte desaparece en el mismo momento en que se suprime su emisión. Éste carácter lo distingue de otros desechos, como son los productos químicos o los residuos radioactivos, que pueden subsistir durante años (Sbarato y Romero, 2001). El ruido ambiental es una de las principales causas de preocupación entre la población de la Ciudad de México, ya que influye desfavorablemente en el medio ambiente en el caso del ruido el equilibrio por encima de lo natural durante largos períodos, provoca serios efectos sobre la salud, tanto auditiva como no auditiva, el deterioro de la calidad de vida y efectos ambientales sobre la biodiversidad (Miyara, 1997).

Es muy importante mencionar que el pensamiento y el ruido son enemigos naturales, por lo que ningún trabajo que requiera concentración, sería posible habiendo demasiado ruido; las consecuencias irían desde daños fisiológicos, trastornos psicológicos, estrés, pérdida de concentración, irritabilidad entre otras.

La contaminación por ruido es un flagelo de difícil control. Ante esto se han conformado movimientos que propugnan por la toma de conciencia con respecto al abuso indiscriminado de la Naturaleza, pero en el caso de la contaminación acústica no se ha tenido esa conciencia, porque al ruido no se le da importancia como un contaminante (Tamez, 1993).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tratamiento que se da al ruido como problema ambiental con respecto a otros factores de riesgo guarda la misma relación que la consideración de éstos frente a otros problemas la comunidad científica ha mostrado un Interés de crecimiento en el estudio del ruido ambiental y de sus posibles efectos perjudiciales sobre las personas expuestas. Todos los especialistas coinciden en la afirmación de que el ruido es actualmente uno de los agentes contaminantes más generalizados que existen en todos los países industrializados. Aunque la disminución de la capacidad auditiva sigue siendo una de las alteraciones mas claramente relacionadas con la exposición al ruido, muchos estudios han demostrado que el ruido, al que las personas están sometidas en su vida cotidiana (trabajo, ocio, etc.), tiene efectos negativos sobre la salud, el bienestar y la calidad de vida de esas personas (Gómez, 1992).

1.2 JUSTIFICACIÓN

El ruido ambiental es una de las principales causas de preocupación entre la población de la Ciudad de México, ya que influye desfavorablemente en el medio ambiente y en algunos casos, provoca efectos nocivos sobre la salud humana. La contaminación por ruido, entendido como el sonido no deseado, se ha transformado en un problema de difícil control en las sociedades modernas. La contaminación acústica hace referencia al ruido cuando este se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para la salud de una persona o grupo de personas. Las consecuencias de estos cambios se manifiestan en trastornos

mentales, asociados con la ansiedad y la fatiga, y con frecuencia en la aparición de una gran variedad de enfermedades físicas. Además, se ha hecho evidente el incremento del estrés psicológico (García, 2000).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Para resolver los problemas que en una situación determinada puede plantear el ruido de origen industrial, desde el punto de vista eco-ambiental, lo primero que hay que hacer es efectuar un análisis integral de esta situación sonora, de forma que de ese ruido se conozcan sus niveles, sus efectos, su origen y como se desplaza, para después poder saber que metodología de prevención y protección a aplicar será la mas adecuada.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO

Determinar el nivel de ruido perimetral, provenientes de fuentes fijas en la industria de fundición de piezas de hierro gris.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CONCEPTOS DE RUIDO Y SONIDO

2.1.1 **RUIDO.** Es un "sonido no deseado" que afecta la salud y el bienestar de hombres y mujeres. También podemos decir que todo ruido que provoca efectos adversos en las personas se puede catalogar de contaminante (SESMA, 2000).

2.1.1.2 **RUIDO.** Es definido en oposición a lo que es un sonido periódico, es decir, un conjunto indeterminado de frecuencias sin existir un patrón dado de proporciones. Subjetivamente ha sido descrito como un sonido cuya percepción es desagradable para un sujeto, sin serlo necesariamente para otro (Valenzuela, 2004).

2.1.2 **SONIDO.** Se define como vibración mecánica a todo movimiento oscilatorio- es decir, repetitivo- proveniente de una fuerza dinámica cíclica que resulta de la conversión de cualquier clase de energía (Darío y Romero, 2001).

2.1.2.1 **SONIDO.** En términos amplios, es el fenómeno mediante el cual una onda mecánica longitudinal, que se origina en un foco sonoro emisor, viaja a través de un medio elástico (aire, gas o agua) para generar sensación auditiva en el hombre. Esta sensación auditiva se da en ondas con frecuencias comprendidas entre 16 Hz y 20 KHz (Miyara, 2001).

El ruido es un sonido no deseado y, por lo tanto, incómodo. El ruido se define como el sonido o grupo de sonidos de tal amplitud que produce molestia o interferencia en la comunicación. La diferencia entre sonido y ruido radica en que el primero puede ser cuantificado, mientras que el segundo es un

fenómeno subjetivo. La medición de sonidos es a través de sonómetros y de dosímetros. Para que los resultados de la medida del sonido se parezcan lo más que se pueda a la percepción del oído humano, los instrumentos de medida llevan incorporados filtros o redes de compensación que determinan las escalas A, B, C. La más utilizada es la escala A, por ello, los resultados de ruido industrial se dan en decibelios A [dB(A)] (Párraga, 2005).

2.2 Audición Normal

La capacidad auditiva contempla un rango de intensidades que van desde los 0 dB a los 140 dB. El nivel mínimo de audición (0 dB) ha sido determinado mediante procesos de normalización, lo que quiere decir, que la mayoría de las personas que no presentan patologías auditivas, escuchan como mínimo a dicha intensidad. Sin embargo, pueden existir personas más sensibles, que poseen la capacidad de escuchar estímulos sonoros a intensidades menores que 0 dB. Se considera normal, además, según criterios clínicos, todo aquel umbral de audición que se encuentre bajo 20 dB para todas las frecuencias. Por otro lado, es sabido que existe una disminución de los umbrales auditivos normales a medida que aumenta la edad la (ISO, 2000).

2.3 DEFINICIÓN DE REDES DE PONDERACIÓN

2.3.1 **Ponderación A.** Es la ponderación de frecuencia más usada la característica de la ponderación **A** es que tiene en cuenta la sensibilidad reducida de la audición humana normal para las frecuencias bajas, comparada con la respuesta frente a frecuencias altas (Miyara, 2001).

2.3.2 **Ponderación B.** La ponderación B ya no suele incluirse en los instrumentos de medida acústica (Noriega, 1993).

2.3.3 Ponderación C. La ponderación C se utiliza para una medición "global" o de banda ancha del nivel sonoro (Schafer, 1994).

2.4 Características de ruido

El ruido presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes, ya que es barato producirlo y necesita poca energía para ser emitido, es complejo de medir y cuantificar, no deja residuo, no tiene un efecto acumulativo en el medio, tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes, se percibe solo por el sentido del oído y no se traslada a través de los sistemas naturales. El estudio del sonido es llamado acústica y cubre todos los campos de la producción, propagación y recepción del sonido. El ruido es una parte inevitable de nuestra vida diaria y el desarrollo tecnológico a resultado en un incremento de los niveles de ruido en máquinas y fábricas. Dentro la de ergonomía los tipos de ruidos puede ser constante o intermitente, así como de diferente magnitud, dependiendo de esto pueden ser los riesgos de trabajo que incluyen estrés y monotonía laboral, cargas de trabajo, horas de trabajo, entre las más importantes. El ruido como el sonido se expresa en decibeles y se miden con instrumentos llamados sonómetros. El sonido se considera una perturbación en un medio elástico, como puede ser un líquido, sólido o gas y que es percibido por el oído humano, y una vibración es un movimiento periódico o desplazamiento en un medio de estado sólido. El sonido es originado por vibraciones de partículas en el aire, que chocan entre si, creando ondas acústicas que viajan a través del aire y llegan a nuestros oídos (Vidaurrázaga, 2001).

2.4.1 Respecto al silencio

El silencio absoluto no existe. Siempre está ocurriendo algo que produce sonido. El silencio es relativo. Cuando hablamos de silencio nos referimos a un bajo nivel de sonido. Todos poseemos audición periférica, detrás de cada sonido existe otro, un minúsculo mundo de eventos sonoros que alguna vez,

inocentemente, consideramos silencio. En el momento en que estos eventos se proyectan al primer plano los denominamos sonido (Zeledón *et al.*, 2001).

2.5 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL OÍDO

El oído es uno de los órganos sensoriales que nos permite percibir los estímulos a distancia, es decir, acceder a la información procedente del medio ambiente que llega a nosotros como ondas sonoras producidas por una gran variedad de fuentes, entre ellas: maquinaria, artefactos, vehículos, objetos, entre otros. Además de interactuar de manera más eficiente con nuestro entorno, la audición nos facilita crear relaciones interpersonales con nuestros semejantes; nos permite la comunicación, proporcionando un canal de entrada para el lenguaje oral, así como la retroalimentación de nuestra propia producción de habla (Tregenza, 2006).

Topográficamente, el oído humano se subdivide en:

2.5.1 Oído externo

Constituido por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo. **El** pabellón auricular, funciona **como** un receptor de sonidos, **los** concentra y **los** dirige hacia el conducto auditivo externo. El conducto auditivo externo, se encuentra ubicado entre la excavación del pabellón auricular y la superficie externa de la membrana timpánica, actúa como un resonador, aumentando la concentración de las ondas sonoras que provocan cambios en la presión aérea que ingresa al conducto auditivo externo (Diamante, 1992).

2.5.2 Oído medio

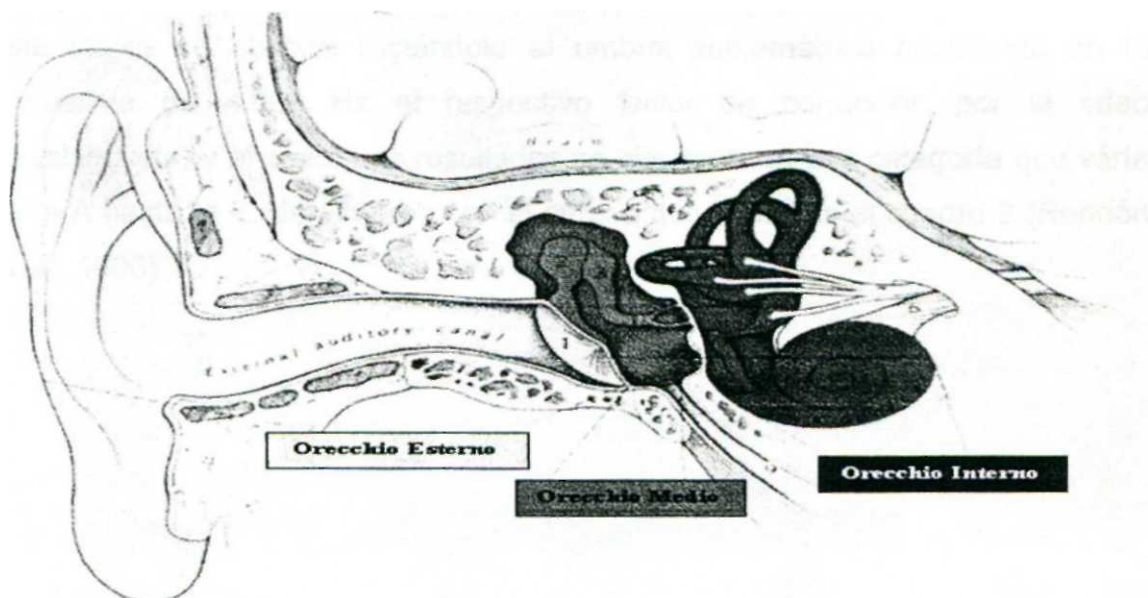
Se encuentra ubicado entre el oído externo y oído interno. Está formado por las celdas mastoideas y una cavidad (caja timpánica) que contiene en su interior la membrana timpánica (que limita con el oído externo); la cadena de huesecillos denominados martillo, yunque y estribo, los cuales se articulan y se encuentran dispuestos de exterior a interior en el mismo orden; y los músculos del martillo y del estribo. Cuando la onda sonora se desplaza desde el oído externo, provoca

cambios en la tensión y la forma de la membrana timpánica y se comporta como un resonador, vibrando y desplazando a la cadena de huesecillos que transmite el movimiento sobre la ventana oval, funcionando como un sistema de palancas (Ganong, 2001).

2.5.3 Oído interno

Está situado en el espesor del peñasco del hueso temporal, constituido en su región anterior por el órgano auditivo o coclear y en su región posterior, por el órgano del equilibrio. El órgano auditivo que involucra al órgano de Corti (ver Fig. 1) se encuentra alojado dentro de la cóclea o caracol desde el ápice hasta la base, específicamente en el piso del conducto coclear sobre la membrana basilar y está formado por células nerviosas llamadas células ciliadas que se disponen en cuatro filas; tres de células ciliadas externas, ubicadas lateralmente al túnel formado por los pilares de Corti y cuyos estereocilios contactan con la membrana tectoria; y una de células ciliadas internas con ubicación medial al mismo túnel (Rouvier y Delmas, 1999).

Figura 1. Órgano de Corti



2.6 Métodos para la clasificación de las audiometrías

Clasificación SAL (Speech Average Loss) o pérdida promedio de la audición del lenguaje: se obtiene hallando el promedio de los valores observados en el umbral auditivo en las frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 Hz. El criterio de clasificación se aprecia en el cuadro 1 y 2.

CUADRO 1. Clasificación SAL (Pérdida promedio de la audición del lenguaje).

SAL	Pérdida de capacidad auditiva	Clasificación diagnóstica
A	Menos de 16 dB	Normal
B	De 16 a 30 dB	Casi normal
C	De 31 a 45 dB	Sordera moderada
D	De 46 a 60 dB	Sordera notable
E	De 61 a 90 dB	Sordera severa
F	Mayor de 90 dB	Sordera profunda
G	Ninguna percepción	Sordera total

Clasificación ELI (Early Loss Index) o índice de pérdida temprana de la audición: este índice se obtiene restándole al umbral audiométrico observado en la frecuencia de 4.000 Hz el respectivo factor de corrección por la edad (presbiacusia) y el sexo. Los resultados se clasifican en una categoría que varía de la A hasta la E, de acuerdo con el criterio que figura en el cuadro 2 (Rendón *et al.*, 1996).

CUADRO 2. Clasificación ELI (índice de pérdida temprana de la audición)

ELI	Pérdida de la capacidad auditiva	Clasificación diagnóstico
A	Menos de 8 dB	Excelente
B	De a 14 dB	Bueno
C	De 15a22dB	Normal
D	De 23 a 29 dB	Sospechoso de DAIR*
E	30 o más dB	Muy sospechoso de DAIR*

* Daño acústico inducido por ruido

2.6.1 Ruido en los lugares de trabajo

Los centros de trabajo son lugares en los que se suelen producir niveles sonoros particularmente elevados. Esto es cierto, sobre todo, en sectores industriales tales como el metal, la madera o el textil. El ruido ambiental en los centros laborales está originado fundamentalmente por los diferentes tipos de máquinas existentes en esos lugares y, en general, por toda su actividad interna, cualquiera que sea su naturaleza. Trabajadores están en diferentes sectores de actividad expuestos a niveles de ruido superiores a 80 dB (A) y 90 dB (A) (Alamar, 1995).

Las propiedades físicas de los sonidos como su intensidad, duración, frecuencia y otro grupo de indicadores que están relacionados con el componente psicológico o sonoridad, atributo perceptivo que presenta diferencias cualitativas en función de una serie de variables que tienen que ver con la edad, la satisfacción residencial, el control ejercido sobre la fuente sonora, la predicción del estímulo acústico, las actitudes y creencias respecto al ruido así como el grado de sensibilidad de los individuos expuestos a la contaminación acústica (Fields, 1993).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) determinó que un nivel equivalente (extendido a las 24 horas del día) menor de 70 dBA durante 40 años garantiza la salud auditiva de la población. En situaciones laborales o recreacionales, donde son frecuentes niveles de 90 dBA a 110 dBA durante varias horas, los riesgos son mayores (EPA, 1974). Las enfermedades del oído externo, medio o interno pueden producir una sordera total o parcial. El acúfeno es un zumbido persistente que se percibe en los oídos y puede producirse como consecuencia de alguna de las alteraciones anteriores. Con frecuencia, el acúfeno persistente se debe a la exposición prolongada a un ruido excesivo que daña las células pilosas de la cóclea (Maldonado *et al.*, 2005).

2.6.2 Daño auditivo

Existen situaciones en las cuales el oído del trabajador se daña por estar expuesto a niveles de ruido perjudiciales, sufriendo lesiones, tales como el trauma acústico agudo y la sordera profesional. Sin embargo, también se presentan otras alteraciones no auditivas como las fisiológicas y/o las psíquicas derivadas del ruido. Entre los efectos fisiológicos, se puede mencionar el aumento de la tensión vascular cerebral y la disminución de la capacidad motriz e intelectual, con el consiguiente aumento de errores en trabajos de precisión, aumento de la tensión arterial, existen pruebas de que la exposición al sonido tiene efectos sobre el sistema cardiovascular que tienen por resultado la liberación de catecolaminas y un aumento de la presión sanguínea. Los niveles de catecolaminas en la sangre (incluyendo la epinefrina [adrenalina]) están relacionados con el estrés, el estrechamiento del campo visual y modificación de los colores percibidos, etc. Los efectos psíquicos se centran básicamente en tres aspectos: El estado de ánimo, la molestia y la efectividad, dado que el trabajador deberá aumentar su nivel de concentración para llevar a cabo su tarea, lo cual provocará un incremento de la fatiga (Ruiz, 2000)

2.6.3 Causas de exposición al ruido

La pérdida auditiva se define como el aumento del umbral tonal, por sobre de lo que se considera como normal, vale decir, para este aumento en el umbral existen diversas etiologías, como también distintos grados de pérdida, lo que se ha denominado hipoacusia (La hipoacusia se define como la disminución de la percepción auditiva) (Amaral *et al.*, 2002).

Las hipoacusias se pueden clasificar de distintas formas, en relación a la zona de la lesión (conductiva, sensorial, neural o mixta), referente al estado del lenguaje (prelocutiva, postlocutiva), evolutivamente al tiempo de aparición del cuadro (congénita o adquirida), en grado de severidad (leve, moderada, severa o profunda), en la condición del oído afectado (unilateral, bilateral) y por, último en la relación existente entre las curvas de ambos oídos (simétrica o asimétrica), La hiperacusia se describe como un dolor seco, agudo, desgarrador, crispante y discordante, una sensación de presión, distorsión de los sonidos, zumbidos en la cabeza, oídos taponados, náuseas y una sensación caliente en el oído (Toppila *et al.*, 1999).

2.6.4 Mecanismos de la hipoacusia inducida por ruido

Digamos que hay dos tipos de hipoacusias: las conductivas y las perceptivas. Las hipoacusias conductivas se originan en algún mal funcionamiento del oído externo o del oído medio, es decir, constituyen trastornos de la conducción del sonido. Pueden deberse a una razón tan simple como una obstrucción del conducto auditivo por un tapón de cerumen, a un desgarramiento del tímpano (que normalmente se regenera en forma natural), al anegamiento del oído (Miyara, 1999).

Las hipoacusias perceptivas pueden afectar a las células ciliadas (hipoacusia coclear) o al nervio auditivo (hipoacusia retrococlear). En cualquiera de los dos casos son en general irreversibles. Pueden originarse en malformaciones congénitas (muchas veces debido a determinadas enfermedades de la madre, como la rubéola, durante las etapas del embarazo críticas para la formación del

aparato auditivo) o por sobreestimulación, como en el caso de la exposición a ruidos muy intensos (Rosen, 1994).

Las hipoacusias inducidas por ruido pueden ser a su vez de dos clases: las ocasionadas por algún accidente auditivo (por ejemplo una explosión demasiado cerca del oído), cuya consecuencia puede variar desde una perforación del tímpano hasta la destrucción del oído interno, y las causadas a lo largo de años de exposición. Cuando la afección se desarrolla paulatinamente, se debe en general a la destrucción gradual de las células ciliadas, ya sea en forma aislada o en grupos. En algunos casos la destrucción es por causas mecánicas (por estar sometidas a esfuerzos mecánicos mayores que lo que toleran), y en otros por causas metabólicas (falta de oxigenación por la constricción de los vasos sanguíneos en presencia de ruidos intensos) (Jonsohn, 1994).

La pérdida auditiva inducida por ruido es una pérdida neurosensorial irreversible causada por exposición prolongada de varios años. Dicha pérdida, aunque usualmente no produce dolor, causa interferencia con la comunicación y puede afectar sustancialmente la integración social y la calidad de vida de las personas. La pérdida auditiva resulta de la destrucción progresiva y sutil de células en el órgano de Corti, que se encuentra en la cóclea. Dicha pérdida se manifiesta inicialmente en las frecuencias que se encuentran por encima de aquéllas que son propias para la discriminación del lenguaje (Bergstrom y Nystrom, 1986).

Entre los síntomas de la pérdida auditiva inducida por ruido figuran la dificultad para la conversación en lugares ruidosos, los tinitus ocasionales, la sensación de orejas tapadas o la percepción de otros sonidos camuflados, especialmente después de una exposición a ruido (Saeng y Shu-Pi, 1998). Existen tres tipos de cambios en la audición que pueden ocurrir tras la exposición a ruido. Estos cambios están definidos como: Cambio temporal de umbral inducido por ruido, cambio permanente de umbral producido por ruido y

trauma acústico. El cambio temporal de umbral inducido por ruido es lo que normalmente se considera como fatiga auditiva, dándose como características una reducción de la sensibilidad, sensación de oídos tapados y tinnitus. Los síntomas pueden durar hasta varias horas o incluso días (Christ, 2003).

En cuanto a la pérdida auditiva permanente inducida por ruido, ésta se produce histológicamente por la ruptura del penacho ciliar, torsión y desaparición de los cilios, fusión de los estereocilios con formación de macrocilios. El llamado trauma acústico es el que se produce por la exposición a un ruido de altísima intensidad, una sola vez y de forma repentina, como puede ser una explosión. Esto provoca un daño directamente en la cóclea, siendo éste permanente (Bartual y Pérez, 1999).

En la exploración funcional de la pérdida auditiva permanente por exposición a ruido se han descrito cinco estudios audiométricos en relación a la audiometría liminar tonal:

1. Acostumbramiento: la audiometría suele ser normal, pero si se practica tiempo después del estímulo nocivo se puede apreciar un aumento del umbral en alrededor de 10 dB, sobre todo en las frecuencias cercanas a 4000 Hz.
2. Sordera latente: aparece un aumento en el umbral tonal, sensorial, sobre la frecuencia 4000 Hz alrededor de los 30 dB. Que puede traducirse en trastornos de la audición en ambiente ruidoso y fenómenos de distorsión al escuchar música, pero por lo general pasa desapercibido por el paciente.
3. Sordera debutante: la pérdida auditiva se profundiza, extendiéndose a las frecuencias vecinas. Subjetivamente el paciente nota el déficit, encontrando dificultad de comprensión en las conversaciones en ambientes ruidosos.
4. Sordera confirmada: la pérdida auditiva se extiende a las frecuencias 1000 y 8000 Hz aumentando su umbral en más de 30 dB. Los acúfenos son frecuentes y la dificultad en la inteligibilidad es evidente, originando graves problemas en la comunicación.

5 Sordera severa: todas las frecuencias se ven alteradas, dificultando la percepción y comprensión de la palabra (Fortes y Ferreira, 2001).

2.6.5 Presbiacusia

La presbiacusia ha sido definida como el deterioro auditivo progresivo con la edad. Para que el deterioro auditivo padecido por un individuo dado pueda atribuirse sólo a la edad es necesario asegurarse de que dicho individuo no esté ni haya estado expuesto a factores capaces de alterar la audición. Entre estos factores se encuentra la exposición a ruidos intensos (ya sean laborales, comunitarios, recreacionales o de cualquier otra naturaleza), las enfermedades o alteraciones conductivas o cocleares, la exposición a sustancias o fármacos, etc. Si bien sería de interés científico obtener resultados "absolutos" inherentes a la especie humana, ello implicaría descartar cada una de las causas no atribuibles específicamente al proceso natural de envejecimiento. Tal vez el envejecimiento se reduzca a un mínimo bajo ciertas condiciones como una alimentación ideal, costumbres saludables en todos los aspectos, actividades de reducido impacto emocional, anímico o psicológico) (Fletcher y Munson, 1993).

2.6.6 Sensibilidad del oído

Hemos dicho que **el** oído humano es capaz de percibir frecuencias comprendidas entre los 20 y los 20.000 Hz. En la conversación normal empleamos sonidos cuya frecuencia varía entre 500 y 2.000 Hz. La experiencia muestra que los ruidos de frecuencias altas son más dañinos que los ruidos graves, por eso en las mediciones de ruido se tienen en cuenta, el nivel y la frecuencia de los mismos.

Es un hecho que aquellas personas que fisiológicamente son más sensibles al ruido también son más vulnerables a padecer sus efectos. La sensibilidad se define como una predisposición a ser molestado o afectado por **el** ruido en general y que se manifiesta a un nivel fisiológico y conductual (Griffiths y Raw, 1989).

El malestar puede definirse como "un sentimiento de desagrado asociado con cualquier agente o condición por un individuo o un grupo como algo que les afecta negativamente a quien lo padece". En los grupos urbanos, el malestar producido por la exposición al ruido está presente en términos de cantidad de personas afectadas y resulta ser el efecto más extendido causado por el ruido, aunque no sea el más perjudicial (Martimportugués *et al.*, 2000)

2.7 FENÓMENOS FÍSICOS QUE AFECTAN A LA PROPAGACIÓN DEL SONIDO

2.7.1 Reflexión: Cuando las ondas sonoras chocan con un cuerpo, pared, techo, etc. una parte de su energía es absorbida, otra transmitida y el resto reflejado, convirtiendo al cuerpo, la pared o techo en fuente secundaria de sonido. La persona que se encuentra en un local con máquinas o dentro de una máquina recibe el ruido de la fuente primaria (Zaldívar, 2005).

2.7.2 Absorción: El aire absorbe el sonido, fenómeno que se nota en grandes distancias. Esa es más importante para las frecuencias altas, lo que explica por qué el trueno se oye grave (García, 2003).

2.7.3 Transmisión: La vibración de una máquina se transmite al aire como ruido y a través de su anclaje o apoyo pasa al suelo, que a su vez la transmite a otros puntos del local o a locales contiguos. Esa forma de transmisión se denomina por estructuras y es diferente de la transmisión por aire (Rosato *et al.*, 1997).

2.8 PROPAGACION DEL SONIDO EN EXTERIORES

2.8.1 Difusión geométrica

El sonido se propaga específicamente desde una fuente que pueda considerarse puntual. Esto se puede asumir cuando no hay superficies sólidas cercanas ni

límites fluidos y cuando las dimensiones de la fuente de sonido son pequeñas con relación a la distancia al punto de recepción (Anderson y Anderson, 1993).

2.8.2 Directividad

La mayoría de las fuentes de sonido no se propagan uniformemente en todas las direcciones. Esto es así debido a las características direccionales de la fuente de sonido (que puede depender de la frecuencia) o debido a restricciones externas de superficies cercanas. Ejemplos de ello son las fuentes de sonido localizadas junto al suelo o aquellas situadas lejos de este y junto a una pared (García, 1999).

2.8.3 Fuentes de sonido difusa

No se puede presuponer que las fuentes de ruido sean fuentes puntuales a menos que la distancia al punto de recepción sea grande en comparación con las dimensiones de la fuente, muchas fuentes puntuales. Una fuente difusa es una fuente infinitamente larga que propaga ondas sonoras que tienen forma cilíndrica (Berglund, B. 1996).

2.8.4 Atenuación por la distancia

Como hemos descrito previamente, el alcance de la difusión geométrica depende del tipo de fuente y de la presencia de límites cercanos. La duplicación de la distancia de una reducción de 3 dB para una fuente lineal o de 6 dB para una fuente puntual (Comisión Europea, 2000).

2.8.5 Atenuación atmosférica

La energía siempre se disipa a través de un fluido por transmisión a causa de la conductividad térmica, viscosidad. La tasa de absorción de sonido con la distancia depende de la frecuencia de la fuente de ruido. Varía así mismo con la temperatura y la humedad, pero las variaciones de presión tienen poco efecto. Cuando la temperatura asciende hasta unos 20 °C (dependiendo de la frecuencia del sonido), la absorción aumenta, pero por encima de los 25 °C la

tasa de absorción disminuye. La tasa de pérdida es mayor a frecuencias más altas y con valores más bajos de humedad relativa (Sedañez, 1995).

2.8.6 Atenuación debida a las condiciones meteorológicas

Hay relativamente poca información con relación a la atenuación causada por la lluvia, la bruma, la niebla, o la nieve. Se ha mencionado un valor de 0,5 dB/Km. en la niebla (Fidell era/., 1991).

2.8.7 Efectos de la superficie del terreno

Acústicamente, las superficies suaves de terrenos, como la hierba, la tierra cultivada o la grava, absorben energía sonora y reducen los niveles de ruido percibidos. Acústicamente, las superficies duras, como el hormigón o el agua, reflejan las ondas sonoras y absorben poca energía sonora el alcance de la atenuación sonora de las superficies acústicamente suave varia con frecuencia y con las alturas de la fuente de ruido y el receptor (Miedema *et al.*, 2001).

2.8.8 Atenuación sonora por los árboles

En contra de la opinión publica, se obtiene poca reducción sonora con franjas estrechas de árboles. Se necesita una plantación amplia densa y ancha (mas de 50 m) con follaje hasta nivel del suelo para que haya una absorción significativa de sonido. Se puede obtener una reducción de alrededor de 0,1 dB por metro de espesor (Morata, T. 1993).

2.8.9 Efecto de la topografía del terreno

Este varía con la cercanía de las ondas sonoras a la superficie del suelo; toda la atenuación del terreno se puede perder en un valle. No se dispone de información generalizada sobre los efectos de la topografía y generalmente se requiere mediciones en el sitio (Vásquez y Barriga, 1990).

2.8.10 Difusión del sonido al aire libre

Si se coloca una pantalla acústica en una zona donde existe una gran propagación de sonido; el sonido audible en dicha zona se limita a aquellas partes de la salida acústica emitida y se desplazan alrededor de los bordes de la pantalla. El sonido detrás de la pantalla se ve limitado a las ondas acústicas que golpean o rozan la pantalla. Las ondas que se propagan en otras direcciones no tienen ningún impacto sobre la zona tras la pantalla. Si la fuente de sonido se desplaza a un espacio cerrado, la salida acústica transmitida ya no se propaga libremente, llega muy pronto a chocar con algún límite u obstáculo. El hormigón, las paredes enlucidas, el cristal, el metal laminado y la madera reflejan más del 90 % del sonido que llega a ellos (Gaafar, 2003). El nivel de presión sonora de emisión nos da información adicional sobre la capacidad de la fuente de generar un nivel de presión sonora específico en el lugar de trabajo en condiciones de campo abierto, que significa el nivel de presión sonora que experimenta normalmente el usuario del equipo en el lugar de trabajo correspondiente en un entorno con una alta absorción sonora. (García, 2006).

2.9 PRINCIPALES EFECTOS DEL RUIDO AMBIENTAL SOBRE LA SALUD HUMANA

Entre los efectos relacionados con la salud humana más importante que produce el ruido ambiental en el entorno exterior de industrias, obras y otras actividades, están los siguientes (OPS, 2002).

2.9.1 Efectos Auditivos

La sordera o hipoacusia es una de las principales enfermedades profesionales propia del desarrollo industrial. Se le ha considerado como la segunda enfermedad laboral más común después de la tendinitis (común en los digitadores). Aquellos efectos sobre la audición relacionadas con el ruido ambiental y no laboral, los cuales muchas veces son considerados "normales", cuando en realidad pueden estar causando daños irreversibles (Mejia, 1995).

2.9.2 Efecto Máscara

Cuando un sonido impide la percepción total o parcial de otros sonidos presentes, se dice que este sonido enmascara a los otros. Esto puede traer graves complicaciones cuando se trata del enmascaramiento de mensajes o señales de alerta y muy especialmente de la comunicación hablada (Morales, 1992) (PAOT, 2006).

2.9.3 Comunicación oral

Ciertas mediciones indican que a una distancia de un metro del hablante la conversación reposada se realiza con un nivel de voz de unos 56 dB(A) y a medida que aumentan los niveles de ruido las personas tienden a elevar la voz para superar el efecto de enmascaramiento. Las voces normal y elevada emplean niveles aproximados de 66 dB(A) y 72 dB(A) respectivamente (Hernández y Camacho, 2000).

2.9.4 Acúfenos

Todos alguna vez en nuestra vida hemos escuchado un silbido dentro de nuestro oído. Estos sonidos se producen por la alteración del nervio auditivo que hacen escuchar un pitido interior constante que, en casos extremos puede causar ansiedad y cambios de carácter (CONAMA, 2006).

2.9.5 Pérdida Progresiva de la Audición

Conocida también como PTS (Permanent Threshold Shift) o Cambio Permanente del Umbral Auditivo. Es muy habitual escuchar decir a la gente, que frecuentemente está expuesta a altos niveles de ruido, que se han "acostumbrado al ruido". Más que "acostumbramiento", lo que ocurre es que el oído no ha alcanzado a recuperarse de la fatiga auditiva o TTS, convirtiéndose paulatinamente en un cambio permanente e irreversible. Cada ser humano nace con 10.000 de estas células en cada oído (Piñón, 2005).

2.9.6 Efectos **No** Auditivos

Se han relacionado una serie de patologías no auditivas producidas tanto directas como indirectamente por la exposición al ruido. Dentro de las alteraciones psicológicas que produce el ruido se pueden citar las siguientes: irritabilidad, susceptibilidad exagerada, agresividad, alteraciones del carácter, alteraciones de la personalidad y trastornos del carácter (Miyara, 2000).

2.9.7 Trastornos del sueño

Se recomienda que para tener un buen descanso nocturno, el ruido presente debería ser de 35 dB(A). Para niveles de ruido mayores se comenzarían a producir perturbaciones en mayor o menor grado (Berglund et al., 1999).

2.9.8 Aprendizaje

Los niños educados en ambientes ruidosos suelen ser menos atentos a las señales sonoras y se advierten perturbaciones en su capacidad de escuchar. Se ha detectado un retraso en el aprendizaje de la lectura, para lograr una buena comunicación entre el nivel de ruido no debiera superar los 55 dB(A). En establecimientos educacionales cercanos a vías de alta circulación vehicular, aeropuertos o líneas de ferrocarril, este nivel suele ser superado ampliamente, lo que dificulta la comprensión, aumenta la falta de concentración y la baja en el rendimiento (SESMA_i 2000),

2.9.9 Ruido y embarazo

Alrededor del quinto mes de gestación, el oído del feto se hace funcional, percibiendo los ruidos propios de su entorno inmediato, correspondiente a los del propio organismo de la madre (corazón, pulmones, voz, etc.). La exposición de las trabajadoras embarazadas a elevados niveles de ruido en el trabajo puede afectar al feto. Una exposición prolongada al ruido puede provocar un aumento de la presión sanguínea y del cansancio. Los resultados de algunos experimentos indican que una exposición prolongada a ruidos fuertes durante el embarazo puede afectar posteriormente al oído y que las bajas frecuencias

tienen más posibilidades de provocar daños. El uso de equipos de protección personal (tapones auditivos) no protegerá al feto (Tregenza, 2002).

Es por estos motivos que la contaminación acústica se considera un factor ambiental muy importante, siendo uno de los indicadores de calidad de vida. Entidades como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), han fijado los niveles de ruido aceptables e informan sobre las consecuencias de diversos niveles de ruido. Los valores a tener en cuenta quedan reflejados en el cuadro 3 (Pascual, 2002).

CUADRO 3. Relación de niveles de ruido aceptables por la OCDE y la OMS

NIVELES DE RUIDO ACEPTABLES	
SEGUN LA OCDE	SEGUN LA OMS
> 55 dBA Falta de confort. Sueño alterado con ventanas abiertas	Leq (8 horas) = 75 dBA Ambiente laboral
£ 60dBA Sueño y conversación alteradas con ventanas abiertas	Leq (24 horas) = 45 dBA Ambiente laboral
> 65 dBA Nivel de aceptabilidad. Sueños y conversaciones alteradas con ventanas cerradas.	Leq = 35 dBA Dormitorio-noche
£ 70 dBA protestas. Perturbación del sueño y conversación.	Leq (horas) = 55 dBA Exterior-diurno
> 75 dBA Posible pérdida de agudeza auditiva a largo plazo.	Leq (horas) = 45 dBA Exterior-nocturno
Fuente: Adaptado de FGUA 2002	

2.10 EFECTOS DEL RUIDO EN EL RESTO DEL ORGANISMO

El ruido se transmite a otras zonas del cuerpo mediante las interconexiones que se producen en el cerebro entre los nervios del oído y los que van a otras regiones. Puede producir entre otros trastornos: aumento de frecuencia respiratoria, mayor incidencia en la hipertensión arterial, afecciones al estómago e intestino, disminución de la agudeza visual, alteración del funcionamiento de las glándulas endocrinas, trastornos nerviosos y dificultades en la atención (Rosato, 1997).

El identificar las frecuencias más perjudiciales para el oído puede ayudar a los investigadores a encontrar soluciones adaptativas como paredes acústicas; además de sus efectos en los aspectos fisiológicos del organismo, el ruido puede tener repercusiones psicosociales pues reduce la efectividad de la comunicación y provoca conductas más agresivas entre los niños (Rodríguez, 2006).

De esta forma, la reacción de la comunidad ante el ruido puede explicar algo más que un simple malestar, los individuos pueden sentir una diversidad de emociones negativas cuando son expuestos al ruido comunitario, esto les hace sentirse insatisfechos, irritados, indefensos para dar solución al problema, ansiosos y agresivos (Job, 1993).

2.10.1 Medidas preventivas

La utilización de medios de protección personal contra el ruido laboral (tapones, orejeras, etc.) es obligatoria cuando los niveles de exposición sonora superan los 85 dBA, aunque se pueda entender la molestia de la utilización continuada de estos dispositivos durante toda la jornada laboral, resulta negativo desde el punto de vista de prevención del riesgo de pérdida de capacidad auditiva para muchos de los trabajadores (García y Garrigues 1997).

Los trabajadores que usan protectores auditivos puede que no sean capaces de oír las instrucciones y advertencias orales. En el entorno laboral, la seguridad de un trabajador suele estar determinada por la inteligibilidad de la palabra. Es bien sabido que el uso de protectores auditivos ante la exposición al ruido puede afectar significativamente a la audibilidad de las señales de advertencia y a la inteligibilidad de la palabra. Un equipo de protección personal deberá ser apropiado a los riesgos de los que haya que protegerse, sin conducir de por sí a un riesgo adicional, (Kotabi'nska y Kozlowski, 2001).

Los materiales acústicos tienen la propiedad de no permitir la difusión del sonido, y se clasifican en tres categorías: absorbentes, bloqueadores y amortiguadores. Los absorbentes son materiales que tienen una estructura interna fibrosa y abierta que permite la entrada del ruido. Las fibras internas del material vibran y el movimiento mecánico resultante disipa la energía en forma de una pequeña cantidad de calor (fibersorb, la frescaza y la acustifibra). Los bloqueadores son materiales que crean una barrera al ruido y lo reflejan. A mayor masa y densidad del material mejor barrera, su aplicación está en encerrar la fuente de sonido o aislar un receptor. Los amortiguadores son materiales que reducen la radiación del ruido de una superficie metálica, amortiguando las vibraciones del metal (González y Orozco 2002).

El ruido puede ser controlado de dos maneras, la primera es el control directamente en la fuente y la segunda es el control a lo largo de la trayectoria de difusión de la onda sonora, en las estructuras que reciben la onda o directamente en el receptor expuesto. El primer grupo de métodos de control incluye el mantenimiento preventivo, ya que partes sueltas, desalineadas o desincronizadas son una fuente de ruido importante. Por otro lado, los fabricantes de equipos electromecánicos ajustan sus diseños de acuerdo a las especificaciones del comprador, por lo tanto es importante, en la fase de diseño, conocer los niveles de ruido que debe satisfacer la planta, la

localización de los receptores sensibles, los usos del suelo de los alrededores y los costos que conlleva satisfacer los niveles de ruido exigidos (Ciry, 1995).

Se puede reducir el ruido generado por una máquina reemplazando las partes generadoras de ruido por componentes silenciosos o empleando materiales alternos que atenúen el ruido. Durante la operación de los equipos, estos pueden emitir gran cantidad de ruido, aún cuando la vibración generada por estos sea casi imperceptible. Para controlar el ruido, las superficies deben aislarse del mecanismo vibratorio por medio de montajes de aislantes de la vibración, frenos o almohadillas entre la fuente vibratoria y la superficie de radiación (García, 1996) (ANSI, 1997).

2.10.2 Adición de revestimiento

Un método comúnmente utilizado para la reducción de ruido en un cuarto cerrado es revestir las superficies internas (cielo raso y paredes) con materiales absorbentes. En el cuadro 4 se puede observar el coeficiente de absorción de diferentes materiales. Cuando una onda sonora penetra en los poros del material absorbente, la vibración de las moléculas de aire es amortiguada por la fricción contra las superficies de las fibras o partículas de la estructura porosa del material absorbente, atenuando el ruido y produciendo calor. El revestimiento tiene un efecto de reducción menor cerca de las fuentes sonoras, mientras que a mayores distancias de las fuentes se puede obtener una reducción significativamente mayor.

CUADRO 4. Coeficientes de absorción de diferentes materiales

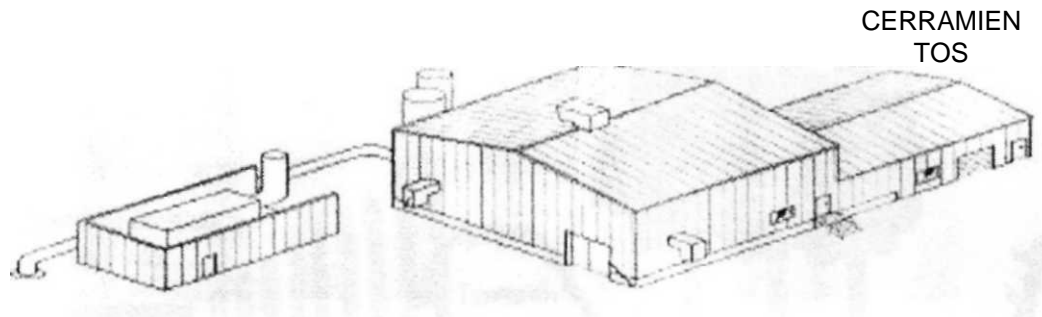
Materiales	Coeficiente de absorción del sonido (dB(A))
Ladrillo	0,04
Ladrillo pintado	0,02
Alfombra pesada sobre concreto	0,37
Bloque de concreto áspero	0,29
Bloque de concreto pintado	0,07
Concreto	0,02
Linóloe, asfalto, hule o baldosas de corcho sobre concreto	0,03
Madera	0,07
Vidrio ordinario para ventanas	0,12
Baldosas de mármol	0,01
Aire (sabine*por 1000 ft ³ a 50% de humedad relativa)	0,9
Unidad de absorción acústica (Asa, 1994).	

2.10.3 Cerramientos totales

Los cerramientos totales son estructuras que rodean por completo la fuente de ruido, reteniendo el sonido generado. Sin embargo, éstos pueden provocar una acumulación de alto nivel de la energía acústica, razón por la cual este control consiste en muros que proporciona la atenuación requerida por medio de un revestimiento interior de material poroso, el cual se emplea para disipar la acumulación de la energía acústica, FIGURA 2.

La mayoría de materiales absorbentes de ruido actúan también como aislantes térmicos y por tanto el área aislada puede sufrir un incremento considerable de temperatura, aspecto de importancia ya que puede ser necesario implementar sistemas de ventilación o enfriamiento.

FIGURA 2. El mecanismo de reducción de ruido es el cerramiento total que son



estructuras que rodean por completo la fuente de ruido.

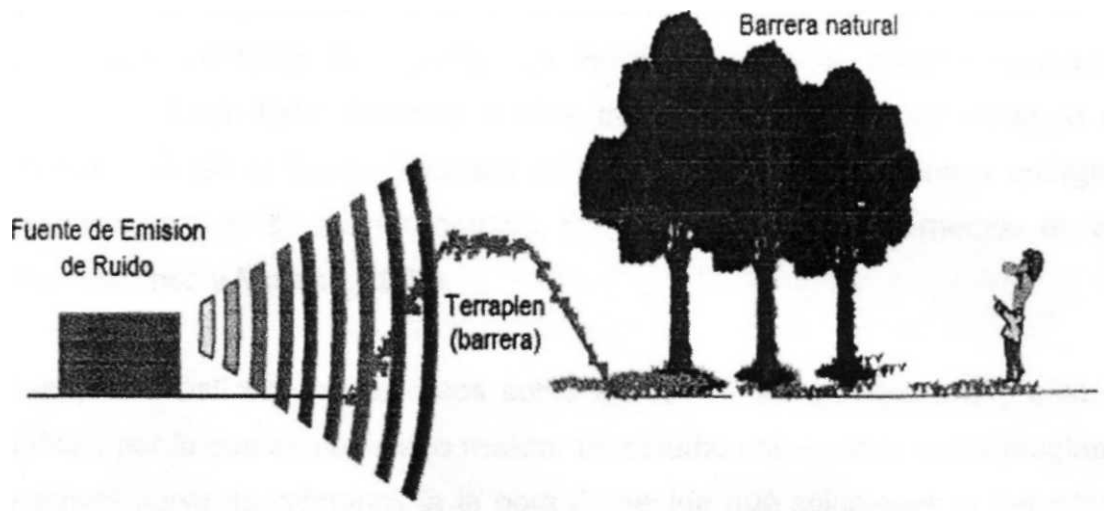
CERRAM

(Cárter, 1998).

2.10.4 Barreras de difracción o absorción

Una barrera es un obstáculo en la trayectoria de la onda sonora que se utiliza como receptor de las ondas emitidas por una fuente. La barrera puede actuar por medio de atenuación debida a la difracción o a la absorción (dependiendo del material de construcción) y también por la atenuación debida a la absorción por el suelo que separa la barrera de la fuente. Las barreras se diseñan para proporcionar la reducción necesaria del sonido transmitido a través de ella y para evitar que el sonido refractado alrededor de los bordes llegue a ser significativo. Una barrera que se coloque a la mitad del camino entre la fuente y el receptor requerirá mayores dimensiones que una barrera colocada cerca de la fuente o cerca del receptor, para obtener una reducción de ruido significativa. (Fernández, 1997).

FIGURA 3. Barrera colocada cerca de la fuente o cerca del receptor, para obtener una reducción de ruido significativa.



Las acciones ingenieriles para la reducción del ruido nos ayuda a evitar problemas ya identificados, que por desgracia en el proceso de diseños de maquinas, líneas de producción, plantas industriales, generalmente la preocupación central es la funcionalidad, olvidando los efectos secundarios, entre ellos el sonido emitido (Elizondo, 2001).

En función del origen del ruido y de los mecanismos de reducción, se distinguen dos técnicas de control activo. El Control Activo del Ruido (CAR) surge como una técnica complementaria al control pasivo del ruido en el margen de las frecuencias bajas. Los materiales absorbentes y aislantes, las barreras antirruído, los filtros acústicos (Cobo *et al.*, 1999) (Ortega *et al.*, 1996).

Un plan de manejo de ruidos incluyen el monitoreo de los niveles de ruido, la elaboración de mapas y modelos de exposición al ruido, enfoques para el control del ruido (tales como medidas de mitigación y prevención) y evaluación de las opciones de control (Birgitta *et al.*, 1999).

2.11 LOS PLANOS ACÚSTICOS O MAPAS ACÚSTICOS

Es una fuente de geoinformación susceptible de presentar la realidad sonora de un espacio determinado, por medio de algún indicador ambiental. Los mas conspicuos suelen consistir en el cálculo de una suerte de medida de los distintos niveles registrados a lo largo de un tiempo de un punto, para obtener el nivel sonoro continuo equivalente (o nivel de presión sonora continua equivalente) (Leq). Este identifica el nivel de un hipotético sonido continuo o constante que, en el mismo intervalo de referencia, contiene idéntica energía sonora total que el sonido discontinuo, o fluctuante que se ha medido en el punto. (Martínez y Moreno, 2005).

Los mapas acústicos aportar datos sobre las relaciones dosis-efecto y coste-beneficio, por lo que es necesario realizar un estudio sobre estas metodologías, que pueda servir de referencia a la hora de decidir qué soluciones se adoptan para reducir el ruido en las ciudades (Martín *et al.*, 2003) (Fuller *etal.*, 1991).

2.12 REDUCCIÓN DEL RUIDO DESDE EL ORIGEN

La reducción del ruido en el origen es la forma óptima de reducir la exposición, pero puede ser lenta. Muchos empresarios confían en los protectores auditivos, Por tanto, otra meta intermedia debería ser una reducción total para 2010 de la dependencia de los protectores auditivos. La reducción del ruido en el origen, fomentando que los fabricantes suministren maquinaria y herramientas con menores emisiones de ruido, es la forma óptima de reducir las exposiciones (Van den Heever y Roest, 1996).

La prevención de la pérdida de audición provocada por el ruido se puede conseguir si los empresarios aplican un sistema que contenga los siguientes elementos clave: Evaluación de riesgos, Control del ruido en el origen siempre que sea posible, Provisión de formación e información a los trabajadores, Programa de protectores auditivos aplicado siempre que sea necesario, Vigilancia de la salud continua (Androulla, 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

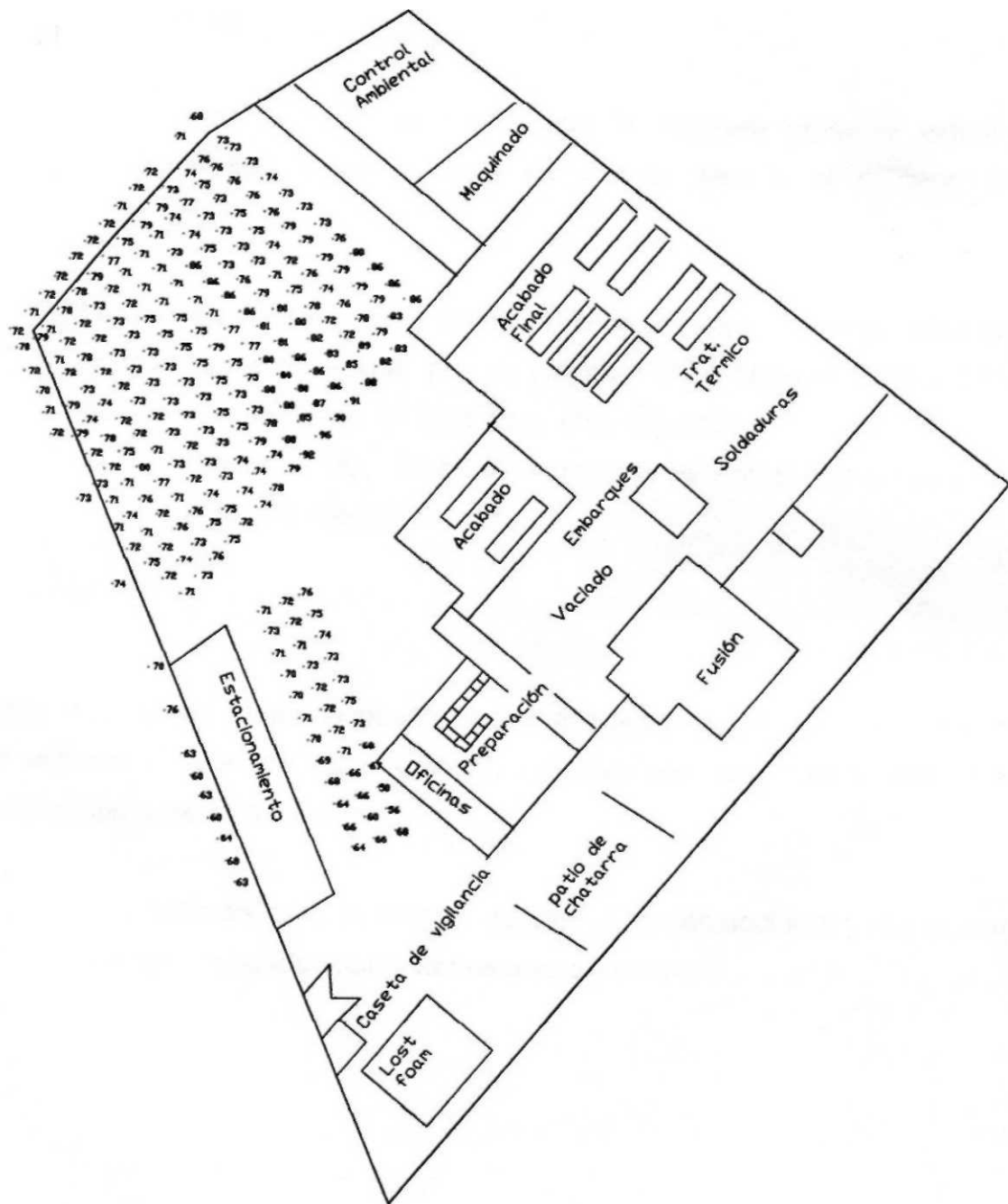
El presente trabajo se realizó en una empresa de la rama de fundición de piezas de hierro gris (Fundición Auxiliar Metalúrgica S. A. FAMETSA) ubicada en el parque industrial, Lerdo de Tejada S/N durante el periodo comprendido de la segunda y tercera semana del mes de abril del año 2006, con el objetivo de determinar los niveles de ruido perimetral provenientes de fuentes fijas existentes dentro de la empresa. La metodología empleada fue la referida en la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Se aplica el siguiente procedimiento de actividades: Un reconocimiento inicial y un informe de resultado. Presentar croquis, que muestre la ubicación de la fuente fija, Con el equipo de medición (sonómetro), se ubicaron puntos distribuidos (vertical y/u horizontalmente) 1.20 metros del nivel del piso. Se elegirá la zona y el horario crítico donde la fuente fija produzca los niveles máximos de emisión. Se ajusta el equipo con el selector de la escala A y el lector de integración lenta. Se coloca el sonómetro en cada punto de medición con dirección hacia la fuente de ruido en un lapso no menor de 3 minutos. Al cabo de dicho periodo de tiempo se mueve el micrófono al siguiente punto. Empleando un sonómetro marca realistic modelo sound level meter cat. N.33-2050, con rango de lectura de 60 a 120 dB y un flexómetro de 5.5 m. marca cadena, se tomará como referencia la malla perimetral de la empresa cada lectura a 1.20 metros, considerando 16 tratamientos con 29 lecturas cada uno de ellos. Las lecturas se hicieron partiendo de la malla hacia el interior de la planta, realizando las primeras lecturas el día 11 y continuando los días 12, 13, 17 y 18 de abril. El diseño experimental será realizado por medio del método de isóbaras y en un plano se muestra la distribución de las lecturas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo revelan la distribución de las lecturas en el plano de isóbaras de nivel de ruido tanto en sus valores más altos como los mínimos, comparando con la NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido perimetral, el cual menciona que por el día (6 AM a 8 PM) los dB permisibles es de 68 dB(A) y por la noche (8 PM a 6 AM) es de 65 dB(A), en el plano se observa como lectura mayor 96 dB esta lectura se tomó frente al área de acabados donde se registraron niveles que sobre pasan los límites que menciona la norma, y 50 dB(A) como mínimo esta lectura fue tomada frente al área de oficinas, tomando en cuenta la frecuencia, tiempo y distancia. El ruido se disipa con relación a la difusión geométrica (absorción por objetos), directividad, fuentes de sonido difusa, atenuación por la distancia, Atenuación atmosférica (temperatura y humedad), Atenuación debida a las condiciones meteorológicas, efectos de la superficie del terreno, atenuación sonora por los árboles, efecto de la topografía del terreno. Como factores que obstaculizan la exactitud de los resultados podemos mencionar el ruido de fondo causada por los automóviles, velocidad y dirección del viento pudiendo estos aumentar 1 a 2 dB. La necesidad de investigaciones futuras del ruido perimetral generado por la industria, para el estudio continuo tanto de su generación así como de sus efectos debido a su escasa importancia y el comportamiento de la sociedad frente a este contaminante. La lucha contra el ruido debe constituir un elemento esencial dentro de la distribución y uso del suelo para la mejora de la calidad de vida, por otra parte hay que considerar que la existencia de una gran diversidad y multiplicidad de fuentes de ruido fijas como las no fijas hace que el control del ruido sea complejo desde el punto de vista normativo. Es importante considerar que no basta sólo con informar, sino que más bien se debe crear conciencia real del problema que puede acarrear la exposición involuntaria a altas intensidades de ruido.

FIGURA 5.

Plano de Isóbaras Nivel de Ruido



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y metodología empleada se puede concluir lo siguiente:

1. Los niveles de ruido perimetral que la empresa emite al exterior ecológico son elevados, esto se genera durante el proceso de operación de acabado.
2. Los niveles de ruido que la empresa emite exceden los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 en la cual para una exposición diaria de 8 horas diurnos son 68 dB (A) y 65 dB (A) nocturnas para preservar el bienestar y la salud de la sociedad.

Como recomendación es necesario realizar el estudio en diferentes estaciones del año como primavera, otoño e invierno y saber que tanto pueden variar las lecturas con relación al verano.

Realizar el estudio de ruido perimetral durante el horario nocturno y comprobar si los dB los recomendados por la norma o se exceden

VI. LITERATURA CITADA

- Amaral, M., A. Cávalo, M. Empinotti y V. Ferreira, 2002. Estudio Retrospectivo Sobre a Audicáo de Trabalhadores Expostos ao Ruido. Revista CEFAC, Vol. 4. N. 2, pp. 145- 148.
- Alamar, M.1995. La Exposición Cotidiana al Ruido Ambiental: Evaluación Sonora en la Ciudad de Alcoi (Alicante). Departamento de Física Aplicada. Revista de acústica. Vol. 32. No. 5. pp. 1-6.
- Androulla, M. 2006. Programación del HSE para Reducir el Ruido en el Trabajo en el Reino Unido. Departamento de Riesgos y Políticas Técnicas, Health and Safety Executive, Reino Unido, pp. 5-7.
- Anderson, J. y M. Anderson, 1993. Noise, Its Measurement, Análisis Rating and control, avebury technical. E.U.A. pp. 1-9.
- American National Standard Institute (ANSI), 1997. Gas Turbine Installation Sound Emissions: ANSI B 133.8. The American Society of Mechanical Engineers. EU. pp. 3-15.
- Asa, F. 1994. Modelo de Dispersión de Contaminantes. Santa Fe de Bogotá, Colombia, pp. 1-9.
- Berglund, B., T. Lindavall y D. Schwela, 1999. Guías para el ruido urbano. Organización Mundial de la Salud. Londres, pp. 1-68.

- Bartual, J. y N. Pérez, 1999. Traumatismos Acústicos, El Sistema Vestibular y sus Alteraciones. Tomo II. Barcelona: Editorial Masson.
- Bergstrom, B. y B. Nystrom, 1986. Development of hearing loss during long-term exposure to occupational noise. *Scand Audiol.* 15:227-234.
- Berglund, B. 1996. Sources and effects of low-frequency noise. *Journal of the Acoustical Society of America* Vol. 5, pp 2985-3002.
- Birgitta, B., T. Lindvall y D. Schwela, 1999. Guías para el Ruido Urbano. *Community Noise*. Ministerio del Medio Ambiente de Alemania, pp. 1-20.
- Cárter, L. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la Elaboración de los Estudios de Impacto. 2a ed. Madrid: McGraw Hill, pp. 125-131.
- Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), 2006. (En línea) Contaminación acústica en Chile <http://www.conama.cl/portal/1301/find-results.htm> (Consulta: 17/junio/2006).
- Christ, E. 2003. Medidas Acústicas en los Talleres de Protegidos. Departamento de Ergonomía y Factores Ambientales Físicos, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BGIA), Alemania, pp. 18-20.
- Cobo, P., T. Bravo., M. Cuesta., C. Ranz y M. Sigüero, 1999. Control Activo del Ruido. Instituto de Acústica. Madrid. *Revista de Acústica*. Vol.31. Nos 3 y 4. pp. 1-9.

- Comisión Europea 2000. Position paper on EU noise indicators. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo, pp. 1-12.
- Ciryl, H. 1995. Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. Madrid, Vol. 1, McGraw Hill, pp. 102-110.
- Diamante, V. 1992. Otorrinolaringología y Afecciones Conexas. Buenos Aires: Editorial Promedicina, pp. 411.
- Elizondo, F. 2001. Propuesta para Controlar la Contaminación por Ruido. Laboratorio de Acústica /FIME-UANL. Ingenierías, Vol. 4, No 12. pp. 1-5.
- Fernández, V. 1997. Conesa. Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental. Mundi Prensa, pp. 1-4.
- Fuller, C, C. Hansen y S. Snyder, 1991. Active control of sound radiation from a Vibrating Rectangular Panel by Sound Sources and Vibrational Inputs: an Experimental Comparison. Sound Vib, Vol. 2, pp.195-215.
- Fields, J. 1993. Effects of Personal and Situational Variables on Noise Annoyance in Residential Areas. Journal of Acoustical Society of America, pp. 2753-2763.
- Fidell, S.; D. Barber, y T. Schultz, 1991. Updating a Dosage-effect Relationship for the Prevalence of Annoyance due to General Transportation Noise. Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 89. pp. 221-233.
- Fortes, A., y V. Ferreira, 2001. Perda Auditiva em Funcionarios de uma Empresa Metalúrgica Após a Norma Regulamentadora nº 7 de 29/12/1994. . Revista CEFAC. V.3.n.2. pp. 187 - 190.

- Fletcher, H. y Munson, A. 1993. Loudness, its Definition, Measurement and Calculation. Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 5, pp. 82-90.
- García, A. 1999. Ingeniería Ambiental: Fundamentos. Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión. McGraw-Hill Interamericana de España, pp. 527-566.
- García, J. 1996. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. ICONTEC Gestión Ambiental Serie ISO 14000. Bogotá, Colombia, pp. 3-9.
- Griffiths, I. y G. Raw, 1989. Adaptation to Changes in Traffic Noise. Journal of Sounds and Vibration, Vol. 13, pp. 331-336.
- Gómez, M. 1992. Visión Actual de la Problemática del Ruido Industrial. Jornadas Nacionales de Acústica, pp. 237-240, Pamplona.
- García, A. y J. Garrigues, 1997. Estudio del Ruido Ambiental en Empresas Valencianas del Sector Textil. Medidas Acústicas. Departamento de Física Aplicada, pp. 5-8.
- García, A. 2006. La Exposición Cotidiana al Ruido Ambiental. Sociedad Española de Acústica Valencia. Revista de Acústica. Vol. 36. Nos 3 y 4. pp. 24-32.
- Ganong, W. 2001. Fisiología Médica. México: Editorial Manual Moderno, pp. 1-15.
- Gaafar A. 2003. La Acústica en los Lugares de Trabajo Interiores. Agencia Austríaca de Seguridad Social para Riesgos Laborales (AUVA).

Departamento de Prevención de Accidentes y Control de Enfermedades Laborales (HUB), Austria, pp. 14-17.

García, M. 2003. Evaluación del Impacto en Salud de Proyectos de Inversión. La Habana. Editorial Academia, pp. 34-41.

García, A. 2000. Estudio del Ruido Ambiental y sus Efectos Sobre los Trabajadores en Industrias de la Madera, Textil y Metal. Tecni-Acustica, Madrid, pp. 1-7.

González, H. y C. Orozco 2002. Control del ruido: Marco normativo y legal con aplicaciones en los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (CVAC/R) de la UTP. SCIENTIA ET TECHNICA. Revista Acaire, No 20. pp. 1-6.

Hernández, S. y I. Camacho, 2000. Impacto Ambiental Generado por la Infraestructura Carretera. Estudio Piloto del Ruido, Caso Queretaro. Publicación Técnica No. 154, Sanfandila. pp. 5-40.

International Standards Organisation. (ISO) 2001. Acoustic Statistical Distribution of Hearing Threshold as a Function of Age. ISO 7029. 2000.

Job, R. 1993. Psychological Factors of Community Reaction to Noise In M. Vallet, Noise as a Public Health Problem. Arcueil Cedex, Vol. 3, pp. 48-59.

Janariz, I., E. Macho, M. Eleialde y A. Franco, 2003. Enseñanza de la acústica. Tecn'IAcustica, departamento de física aplicada. Bilbao España, pp. 1-5.

- Jonsohn, R. 1994. Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller y Freund. Prentice Hall Hispanoamericana. Naucalpán de Juárez, México, pp. 1-16.
- Kotabińska E. y E. Kozłowski, 2001. La Inteligibilidad de la Palabra con Ruido Cuando se Emplean Protectores Auditivos. Instituto Central para la Protección Laboral e Instituto Nacional de Investigación, Polonia, pp. 29-31. <http://www.kbn.gov.pl/>.
- Larumbe, J., E. Macho, M. Elejalde y A. Franco 2003. Enseñanza de la Acústica en Educación Secundaria. Tecn-Acústica, Bilbao, pp. 1-5. Kurtz, P. 2000. Reducción del Ruido en las Oficinas. Bundesanstalt Für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA), Alemania, pp. 26-28.
- Londoño, J. y H. Restrepo 1997. Hipoacusia Neurosensorial por Ruido Industrial y Solventes Orgánicos, Publicado en la Rev. Fac. Nac. Salud Pública. Brasil, pp.1-24.
- Martimportugués C, J. Gallego y F. Domingo 2000. Efectos del Ruido Comunitario. Revista de Acústica. Vol. 34. Nos 1 y 2, pp. 31-39.
- Miyara, F. 1997. (En línea) Ceremonia de Iniciación al Ruido. Diario La Capital, Rosario, Argentina.
<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/inicia.htm>. (Consulta: 5 septiembre 2006)
- Miyara, F. 1999. Estimación del Riesgo Auditivo por Exposición a Ruido Según la Norma ISO 1999: 1990. IRAM - Instituto Argentino de Normalización, pp.1-31.

- Miyara F. 2000. Control de Ruido. Jornadas Internacionales Multidisciplinarias Sobre Violencia Acústica, pp. 1-7.
- Miyara, F. 2001. Paradigmas para la Investigación de las Molestias por Ruido. En Jomadas Sobre el Ruido y sus Consecuencias en la Salud de la Población. Buenos Aires. Pp. 3-9.
- Miyara, F. 2001. Hacia un Protocolo para la Toma, Registros, Gestión e Intercambio de Señales e Información de Campo para la Investigación de las Molestias Por Ruido. Cuartas Jornadas Internacionales Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica Rosario, Argentina, pp. 1-11.
- Mejia, T. 1995. Psicología Social y sus Aplicaciones. Psicología, Calidad de Vida y Medio Ambiente. Editorial Espasa Madrid, pp. 1-11.
- Miedema, M., E. Oudshoorn, y G. Camarina 200. "Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and their Confidence Intervals". Environmental Health Perspectives. Vol. 109 No 4. pp. 1-19.
- Maldonado, A., C. Alemán y J. Dorado 2005. Evaluación de los Niveles de Ruido en Centros de Entretenimiento de Ciudad Juárez, Chih. Sociedad de Ergonomistas de México, A.C. pp. 23-30.
- Martínez, P. y A. Moreno 2005. Análisis Espacio-Temporal con SIG del Ruido Ambiental Urbano en Madrid y sus Distritos. GeoFocus, N. 5, pp. 219-249. www.Geo-focus.org.
- Morales, M., A. Llopis, P. Contanda, A. García y A. Rodríguez, 1992. Evolución de los Efectos del Ruido Ambiental Sobre los Residentes en el Centro Histórico de Valencia. Rev. San Hig. Pud. 66. pp. 1-7.

- Morata, T. 1993. Effects of occupational exposure to organic solvents and noise hearing. Sean J Work Environ Health, Vol. 19. 245-254.
- Martín, M., A. Tarrero, R. Segurado y N. Viñuela 2003. Estudio Psicosocial en la Población de Valladolid. Evaluación Coste-Beneficio. Dpto. de Termodinámica y Física Aplicada de la E.U.politécnica Universidad de Valladolid. , España, pp.1-5.
- Noriega, M. 1993. Organización Laboral, Exigencias y Enfermedad. Para la Investigación Sobre la Salud de los Trabajadores, Serie PALTEX, Washington, DC: Organización Pana-americana de la Salud, pp. 167-187.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2002. La Salud en las Américas. Washington D.C. (Publicación Científica y Técnica No. 587). pp. 12-27.
- Pascual, F. 2002. Contaminación Acústica Exterior Debida a Ruido Industrial. Fundación General de la Universidad de Alcalá de Gestión Ambiental, pp. 1-8.
- Párraga M. 2005. El Ruido y el Diseño de un Ambiente Acústico. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. Vol. 8.No 2. pp. 83-85.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F (PAOT), 2006. (En línea) Ruido y Vibración <http://www.paot.org.mx/centro/index.html> (Consulta: 14 agosto 2006). pp. 16.
- Piñón A. y C. Barceló, 2005. Situación Ambiental y su Relación con Afecciones a la Salud. Rev Cubana Med Gen Integr 21. pp. 1-4.

Rouviere, H. y A. Delmas. 1999. Anatomía Humana, Descriptiva, Topográfica y Funcional. Tomo I, Cabeza y cuello. Barcelona: Editorial Masson España, pp. 2-6.

Ruiz, J. 2000. ¿Qué es el ruido?: Ergonomía. Departamento de Economía, Hacienda y Empleo del Gobierno de Aragón. España, pp. 1-8.

Rosato, M. 1997. Contaminación Física Ambiental en la Colocación y Reparación de Pavimentos.- Riesgos para las Personas. Argentina, pp. 2-18.

Rodríguez, J. 2006. (En línea) Nuestro Paisaje Sonoro. Universidad de Caldas. http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com_content&task=view&id=253&l... (Consulta: 25 Agosto 2006). pp. 1-4

Rosen, G. 1994. A backward glance at noise pollution. American Journal of Public Health, Vol. 64, No 4. pp. 574-577.

Sbarato, D. y Romero C. 2001. Evaluación de la Exposición Sonora y de su Impacto Sobre la Salud y Calidad de Vida. Escuela de Fonoaudiología de la Facultad de Ciencias Médicas - UNC. pp. 1-14.

Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA), 2000. (En línea) Información General Relativa a Acústica [http://www.sesma.cl/sitio/download/acustica/antecgeralacustica.pdf#search=%22consecuencias%20por%20ruido%20industrial%20\(pdf\)%22](http://www.sesma.cl/sitio/download/acustica/antecgeralacustica.pdf#search=%22consecuencias%20por%20ruido%20industrial%20(pdf)%22). (Consulta: 23/junio/2006)

Saeng, O. y C. Shu-Pi 1998. Noise Induced Hearing Loss Among Male Workers in Korea. AAOHIN Journal.Vol. 46 No 2. pp. 1-7.

- Sedañez, M. 1995. Ecología Industrial: Ingeniería Medioambiental Aplicada a la Industria y a la Empresa. Ediciones Mundi Prensa Libros S. A. de Madrid, pp. 324-333.
- Schafer, R. 1994. El nuevo paisaje sonoro. Buenos Aires. Ricordi Americana, pp. 1-4.
- Tregenza, T. 2002. Un Acercamiento Gradual al Problema del Ruido en el Trabajo. Director de Proyectos, Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, pp. 11-13.
- Tamez, S. 1993. Flexibilidad Productiva y Accidentes de Trabajo. México, DF: Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 3-12.
- Tregenza, T. 2006. (En línea) Un Acercamiento Gradual al Problema del Ruido en el Trabajo. Agencia europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. pp. 1-15. <http://ew2005.osha.eu.int> (Consulta: 26-/septiembre/2006).
- Toppila, E., H. Laitinen y Li. Pyykkó, 1999. Instituto Finandés de Salud Laboral, Hospital Universitario de Tampere. Agencia Europea Para la Seguridad y la Salud en el trabajo, pp. 21-23. Disponible en: <http://www.ttl.fi/intemet/.http://www.tavs.fi/>.
- US Environmental Protection Agency (EPA), 1974. (En línea) Information on Levéis of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety". US Environmental Protection Agency. Washington DC, USA. <http://www.nonoise.org/librarv/leveis/74/leves74.htm> (consulta: 20 de agosto del 2006).

- Vásquez, G. y E. Barriga, 1990. Proporción de prevalencia de hipoacusia neurosensorial en los trabajadores del Complejo Industrial de Barrancabermeja. Vigilancia epidemiológica en trabajadores expuestos a ruido industrial (VETERI). Ecopetrol, CIB, pp. 1-7.
- Valenzuela, F. 2004. Comparación de Valores Audiométricos entre Músicos que utilizan Amplificación y los Parámetros de Normalidad Correspondientes a la norma ISO 7029. 2000. Suiza pp. 5-16.
- Vidaurrázaga, Y. 2001. Ruido: Agente Contaminante que Provoca Alteraciones en el Ritmo Cardíaco, Analizado en Diferentes Horarios. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali. pp. 1-10.
- Van den Heever, D. y F. Roets, 1996. Noise Exposure of Truck Drivers: A Comparative Study. American Industrial Hygiene Association Journal, 57, 1996, pp. 564-566.
- Zeledón, C, Miyara, F. y Mulet, J. 2001. V Congreso Latinoamericano de Humanidades. "Humanidades: La Ética a inicios del Siglo XXI". Granada, Nicaragua, 25 al 28 de septiembre de 2001. pp. 1-15.
- Zaldívar, P. 2005. El Estrés: Sal de la Vida. México DF. (En línea) <http://www.infomed.sld.cu/sitios/ponlevida/temas.php?idv=1781#> (citado: 3/mayo/2006). pp. 1-7.

VII. APÉNDICE

Capacidad auditiva. Contempla un rango de intensidades que van desde los 0 dB a los 140 dB.

Fuente fija. Es toda instalación establecida en un sólo lugar que tenga como finalidad desarrollar actividades industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

Hipoacusia. Se define como la disminución de la percepción auditiva). Malestar. Puede definirse como "un sentimiento de desagrado asociado con cualquier agente o condición por un individuo o un grupo como algo que les afecta negativamente a quien lo padece".

Nivel de presión acústica. Es la relación entre la presión acústica de un sonido cualquiera y la presión acústica de referencia. Equivale a diez veces el logaritmo decimal del cociente de los cuadrados de una presión acústica cualquiera y la de referencia que es de 20 micropascales (20 mPa). **Nivel de ruido.** Es el nivel sonoro causado por el ruido emitido por una fuente fija en su entorno. Un nivel fisiológico y conductual.

Nivel sonoro. Es el nivel de presión acústica ponderada por una red normalizada de sonoridad o sea, el nivel de presión acústica ponderado por una curva. Se mide en decibeles (dB).

Nivel sonoro de fondo. Es el nivel sonoro que está presente en torno a una fuente fija que pretenda medirse producido por todas las causas excepto la fuente misma.

Nivel equivalente. Es el nivel de energía acústica uniforme y constante que contiene la misma energía que el ruido producido en forma fluctuante por una fuente fija durante el período de observación. Su símbolo es, N_{eq} . **Nivel 10.** Es el límite inferior de todos los niveles sonoros presentes durante un lapso igual al 10% del período de observación. (Percentil 10).

Nivel 50. Es el límite inferior de todos los niveles sonoros presentes durante un lapso igual al 50% del período de observación. (Percentil 50).

Nivel 90. Es el límite inferior de todos los niveles sonoros presentes durante un lapso igual al 90% del período de observación. (Percentil 90).

Ponderación A. Es la ponderación de frecuencia más usada la característica de la ponderación A es que tiene en cuenta la sensibilidad reducida de la audición humana normal para las frecuencias bajas, comparada con la respuesta frente a frecuencias altas.

Ponderación B. La ponderación B ya no suele incluirse en los instrumentos de medida acústica.

Ponderación C. La ponderación C se utiliza para una medición "global" o de banda ancha del nivel sonoro.

Percentil. Es el nivel que se rebasa durante un determinado porcentaje del tiempo del período de observación.

Presión acústica. Es el incremento de presión atmosférica debido a la presencia de una perturbación acústica.

Ruido. Es un "sonido no deseado" que afecta la salud y el bienestar de hombres y mujeres. También podemos decir que todo ruido que provoca efectos adversos en las personas se puede catalogar de contaminante. **Reducción acústica.** Es el decremento normalizado del nivel sonoro debido a la presencia de un elemento constructivo que impide su libre transmisión, su símbolo es *R*.

Sonómetro. Es el aparato normalizado que comprende un micrófono, un amplificador, redes de ponderación y un indicador de nivel, que se utiliza para la medida de los niveles de ruido según especificaciones determinadas.