

1994 - 1998 E

091360039

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES**



CONTAMINACIÓN POR RUIDO Y SONOMETRÍA

**PRODUCCIÓN DE MATERIALES EDUCATIVOS
OPCIÓN: PAQUETE DIDÁCTICO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA
LAURA LÓPEZ MUÑOZ**

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO, JULIO DEL 2002



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE CARRERA DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

COMITÉ DE TITULACIÓN

C. LAURA LÓPEZ MUÑOZ
P R E S E N T E .

Manifiestamos a Usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de Producción de Materiales Educativos, opción Paquete Didáctico con el título "CONTAMINACIÓN POR RUIDO Y SONOMETRÍA", para obtener la Licenciatura en Biología.

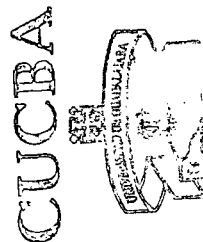
Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptada como Directora de dicho trabajo la DRA. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA y como asesoras las M.C. ELBA CASTRO ROSALES y M.C. MA. CRUZ ARRIAGA RUIZ.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Zapopan, Jalisco, 06 de noviembre del 2001

DRA. MÓNICA ENZABETH RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Leticia Hernández López
M.C. LETICIA HERNÁNDEZ LÓPEZ
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



c.c.p. DRA. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA. - Director del Trabajo
c.c.p. M.C. ELBA CASTRO ROSALES.-Asesor del Trabajo
c.c.p. M.C. MA. CRUZ ARRIAGA RUIZ.-Asesor del Trabajo
c.c.p. Expediente del alumno

MERL/LHL/mam

C. DRA. MONICA ELIZABETH RIOJAS LOPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION DE LA
DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E T E .

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de titulación bajo la modalidad de Producción de Material Educativo, opción Paquete Didáctico que realizó el (la) pasante : Laura López Muñoz con el título: "CONTAMINACION POR RUIDO Y SONOMETRIA" consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para su autorización de impresión y en caso programación de fecha de exámenes de tesis y profesional respectivos. Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

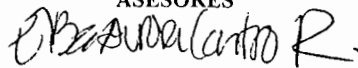
Las Agujas, Zapopan, Jal., a 18 de Abril del 2002

EL DIRECTOR DE TESIS



Dra. Martha G. Orozco Medina
NOMBRE Y FIRMA

ASESORES

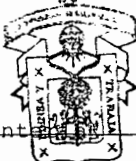


M.C. Elba Castro Rosales
NOMBRE Y FIRMA



M.C. Ma. Cruz Arriaga Ruiz
NOMBRE Y FIRMA

SINODALES



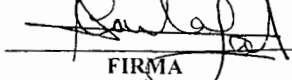
1.- M.C. Ma. de J. Rimoldi Rent
NOMBRE COMPLETO



FIRMA

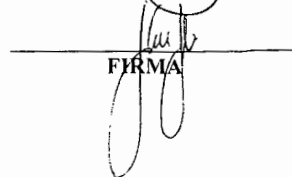
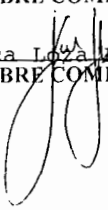
2.- M.C. Miguel Carvajal Soria
NOMBRE COMPLETO

COORDINACION DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGIA




FIRMA

3.- M.C. América Loza Llamas
NOMBRE COMPLETO



FIRMA



SECRETARÍA

OFICIO SEMADES N° / 3030/01

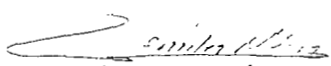
Guadalajara, Jal., a 27 de Junio de 2001

DRA. MONICA E. RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN
DE LA CARRERA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
CUCBA/UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E.

Según acuerdo en Sesión Ordinaria del COMITÉ METROPOLITANO PARA LA CALIDAD DEL AIRE, se considera que la elaboración de materiales didácticos como Antologías y Diaporamas son un elemento útil para la capacitación, actualización y difusión de Información en materia de contaminación, por lo que se está de acuerdo en la elaboración de un "Paquete Didáctico en materia de ruido" que propone elaborar la pasante en Biología LAURA MUÑOZ LÓPEZ, como parte de su proceso de titulación, cuya dirección se encuentra a cargo de la M.C. Martha Georgina Orozco Medina.

Sin otro particular por el momento y agradeciendo de antemano la atención que se sirva brindar a la presente, así como reiterándole mi disposición de dar a conocer el material una vez concluido, me despido enviando un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Sufragio Efectivo, No Reección"
EL SECRETARIO


ING. RAMÓN H. GONZÁLEZ NUÑEZ

“CONTAMINACIÓN POR RUIDO Y SONOMETRÍA”

LAURA LÓPEZ MUÑOZ



CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

AGRADECIMIENTOS

DIRECTORA:

Martha Georgina Orozco Medina

ASESORAS:

María Cruz Arriaga Ruiz

Elba Aurora Castro Rosales



Este material didáctico es una publicación no lucrativa, de apoyo a la impartición cursos de capacitación y actualizaciones materia de Contaminación por Ruido y Sonometría.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	8
1. RUIDO Y SONIDO.....	12
1.1. ¿Qué es el ruido.....	14
1.2. Naturaleza y características del sonido.....	15
1.2.1. Magnitudes del sonido.....	15
1.2.2. La propagación del sonido.....	17
2. ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	20
2.1. El transporte.....	22
2.1.1. Tráfico vehicular.....	22
2.1.2. Tráfico aéreo.....	23
2.1.3. Tráfico ferroviario.....	24
2.2. La Industria.....	24
2.3. La Construcción.....	25
2.4. Otras actividades.....	26
3. SONOMETRÍA.....	27
3.1. Conceptos y Unidades.....	29
3.2. Equipo de medida.....	34
3.3. Evaluación de los niveles sonoros.....	37
4. EL SER HUMANO FRENTE AL RUIDO.....	41
4.1. El oído y la audición.....	43
4.2. Efectos del ruido.....	45
4.2.1. Efectos auditivos.....	46
4.2.2. Efectos no auditivos.....	49
5. ESTRATEGIAS DE LUCHA CONTRA EL RUIDO.....	51
5.1. Principios generales y objetivos.....	53
5.2. Sistemas de amortiguación sonora.....	54
5.2.1. Aislamiento acústico.....	55
5.2.2. Apantallamiento.....	56
5.2.3. Silenciadores.....	58
5.3. Acciones para combatir el ruido atendiendo a su origen.....	58
5.3.1. Ruido de la circulación de vehículos.....	59
5.3.2. Ruido de la aviación.....	61
5.3.3. Ruido del ferrocarril.....	63

5.3.4. Ruido de la industria y la construcción.....	63
5.3.5. Otras formas de ruido.....	64
5.4. Acciones preventivas.....	65
5.4.1. Planificación del uso del suelo.....	65
5.4.2. Estudios de impacto ambiental.....	67
5.4.3. Medidas incitativas.....	68
6. ANEXOS.....	70
6.1. Marco Legal en torno al Ruido.....	71
NOM-079-ECOL-1994.....	75
Que establece los límites máximos permisibles de emisión de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición	
NOM-080-ECOL-1994.....	84
Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición	
NOM-081-ECOL-1994.....	93
Que establece los límites máximos permisibles de emisión de las fuentes fijas y su método de medición	
NOM-082-ECOL-1994.....	107
Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición	
Reglamento para la protección al Ambiente contra la Contaminación originada por la emisión del Ruido.....	114
6.2. Algunos estudios de ruido en México.....	130
Ruido.....	131
Vite Saldaña, Lino H.	
<i>Contaminación por Ruido Ambiental</i>	133
Soriano L., Cynthia	
<i>Análisis en Frecuencia de Ruido en la Ciudad de México y Zona Metropolitana</i>	134
Domínguez G., Alberto; López L., O. Alejandra	
<i>Análisis del Ruido Ambiental. Desarrollo Residencial Colinas Country Club</i>	135
Orozco M., Martha G.; Delgadillo S., Alan	
<i>Ruido en Ambientes Académicos. Caso U.P. Adolfo López Mateos</i>	138
Beristain, Sergio	
6.3. Diaporama.....	139
6.4. Tríptico.....	145
GLOSARIO.....	146
BIBLIOGRAFIA.....	149

INTRODUCCIÓN

Las condiciones de degradación del ambiente en la actualidad, tienen numerosas manifestaciones y repercusiones, siendo el ruido uno de los efectos nocivos más comunes y evidentes de la vida moderna.

La contaminación por ruido es un problema de salud ambiental, que requiere la atención de las diversas instancias, a través de acciones concretas y propuestas viables que permitan su resolución. En este sentido, el ejercicio profesional en la inspección del ruido ambiental, constituye un aspecto clave, por lo que resulta impostergable la necesidad de capacitar, actualizar y especializar constantemente personal en esta área.

Por tal motivo, el sector gobierno ha generado una creciente demanda de profesionales técnicos que vigilen, controlen y supervisen el cumplimiento de las normas, reglamentos y disposiciones correspondientes. En respuesta a ello y con la intención de contribuir con la expansión de un campo relativamente nuevo en nuestro país, el presente "Paquete didáctico de Contaminación por Ruido y Sonometría" constituye una valiosa herramienta de apoyo y difusión, que proporciona los fundamentos técnicos necesarios tanto para la labor de dichos profesionistas técnicos, como para la concientización de la población en general.

Este paquete didáctico pretende ser la base para la consulta en el desarrollo de proyectos de investigación más especializados y de cursos de capacitación y actualización para inspectores, investigadores y población en general interesada en el tema de la Contaminación por Ruido.

Bajo la modalidad de Producción de material educativo, este paquete tiene como objetivo principal apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje, y se compone de una Antología, un Diaporama y un Tríptico, cuyos objetivos particulares son:

- Analizar los principales aspectos del tema a través de su abordaje técnico en una Antología.
- Facilitar la enseñanza, instrucción y capacitación en torno al tema por medio de un Diaporama, como instrumento didáctico de exposición que incrementa la comprensión y retención de la información.
- Divulgar el marco teórico y algunas generalidades del tema, mediante un Tríptico accesible para cualquier persona interesada en el tema.

Con base al objetivo principal, la metodología para la elaboración de la Antología fue la siguiente:

- a) Búsqueda intensiva de fuentes de información en torno al tema del ruido.
- b) Revisión de la bibliografía encontrada.
- c) Selección y análisis de la información, de acuerdo con el protocolo para la elaboración de material didáctico.
- d) Integración de la información en la antología con un abordaje técnico, pero sencillo.

El resultado de la investigación es una colección que sintetiza diversos trabajos, estudios y disposiciones legales en materia de ruido, en seis capítulos secuencialmente ordenados que se describen a continuación:

Ruido y Sonido. Este capítulo, además de introducir al lector en el tema, pretende establecer las características que definen al ruido atendiendo a su condición subjetiva, y lo diferencian del sonido como fenómeno físico.

Origen de la contaminación acústica. Difícilmente se puede atacar y resolver un problema, si no se conoce su origen. El conocimiento e identificación de las fuentes de sonido tanto naturales como antropogénicas, permite revalorar el papel del hombre como causa y origen de la contaminación acústica propiamente dicha.

Sonometría. La cuantificación de los niveles de ruido, el conocimiento de los parámetros y el equipo de medida, permite comprender y contribuir con la labor de quienes hacen de la sonometría su herramienta medular en el diagnóstico, control y erradicación de la contaminación acústica.

El ser humano frente al ruido. Además de comprender la anatomía y fisiología del aparato auditivo humano, este capítulo destaca la importancia de conocer los efectos auditivos y no auditivos del ruido sobre los individuos receptores.

Estrategias de lucha contra el ruido. Tanto de aplicación práctica como técnica profesional, este capítulo comprende las diferentes estrategias aplicables en el control y eliminación de los problemas de la contaminación por ruido, destacando la importancia tanto de la prevención y planeación, como de la contribución individual de cada miembro de una comunidad.

Anexos. Son cuatro:

El primero de ellos, **Marco legal en torno al ruido**, es una recopilación actualizada de las normas, reglamentos y disposiciones legales disponibles en la Internet, en torno al ruido y el proceso de elaboración de los mismos, que tiene como intención dar a conocer los derechos y obligaciones de individuos emisores y receptores, con el fin de evitar infringirlos y fomentar su cumplimiento en nuestra comunidad.

El segundo, **Experiencia en estudios de ruido en México**, comprende cinco estudios realizados en diferentes localidades del país, expuestos en diferentes sesiones del Congreso Mexicano de Acústica, como una muestra tangible de la necesidad de promover estos trabajos en nuestro país.

El tercero es el **Diaporama**, elaborado con base a la información e imágenes de la antología, de los libros citados en la bibliografía de la misma, de la enciclopedia Encarta 99 y de páginas especializadas en Internet.

El **Tríptico**, cuarto anexo, también fue elaborado con base a la información de la antología y tiene por objetivo servir como medio de difusión y sensibilización, sencillo pero atractivo para la población en general, mediante una visión general del tema.

ANTECEDENTES

Algunos especialistas coinciden en señalar que la contaminación sonora es un factor ambiental muy común en los países industrializados, y aunque la naturaleza por si sola es una fuente inagotable de ruidos, los entornos acústicos mas agresivos y generalizados, son una consecuencia directa de la actividad humana, ya que los niveles de ruido más nocivos se producen en los núcleos urbanos y en los centros de trabajo, donde suele concentrarse dicha actividad (BEHAR, 1994; GARCIA, 1994; SANZ, 1987).

Las molestias producidas por el ruido se conocían ya desde la antigüedad; ejemplos de ello son el llamado que hacía Alejandro Magno a sus tropas usando un cuerno que se escuchaba a gran distancia, la tortura china que consistía en someter a los condenados a sonidos tan intensos que hacían estallar el tímpano y los gritos de los mendigos, los golpes de los acuñadores de monedas y la circulación de los carruajes en la antigua Roma, referidos en los escritos del poeta Marcial (BEHAR, 1994; OROZCO, 1995).

Los primeros esbozos de Reglamentos Municipales se registran precisamente en Roma donde se prohibía la celebración de carreras de carruajes durante las horas nocturnas, para proteger el sueño de los ciudadanos. En la Edad Media hubo también disposiciones para algunos oficios que se desempeñaban a martillazos, como eran la calderería y la orfebrería. Por su parte en Berna, un reglamento municipal del siglo XV llegó a prohibir la circulación rodada por caminos y senderos en mal estado que provocaran ruido excesivo al paso de los carruajes. Ya a mediados del siglo XIX, los martillazos en el yunque y el silbido de las maquinas de vapor durante la Revolución Industrial, produjeron un notable aumento de los problemas generados por el ruido y los intentos para combatirlo (OROZCO, 1995).

Actualmente el mayor contaminante acústico es el motor de explosión, por lo que en algunos países se tienen ya estudios de Ruido Ambiental que incluyen mapas sonoros y encuestas para conocer la opinión de la población ante este problema que ocupa el primer lugar en quejas ante los ayuntamientos de las diferentes poblaciones (GARCIA, 1994; OROZCO, 1995).

En nuestro país según las referencias, existen normas oficiales mexicanas específicas que se aplican al ruido producido por fuentes fijas (industrias, comercios establecidos, servicios públicos o privados y actividades en la vía pública) y fuentes móviles (medios de transporte), así como normas mexicanas para clasificaciones de ruidos y sonómetros, terminología electroacústica y determinaciones de niveles sonoros. Existe también una ley general de protección al ambiente contra la contaminación por ruido.

En lo que a medios de transporte se refiere, las normas y reglamentos existentes solo se aplican al ruido producido por los escapes de los vehículos nuevos y en circulación, sin contemplar otras fuentes emisoras propias de un vehículo automotor, cuyos niveles de ruido dependen de factores tan aleatorios como el estado mecánico del vehículo, el estado del motor o incluso la forma de conducirlo.

Por su parte, las normas referidas a la emisión de ruido en ambientes laborales, solo contemplan la protección al trabajador de las emisiones de ruido que pudieran provocarle daño auditivo, sin considerar otras alteraciones psicológicas y fisiológicas también

provocadas por encontrarse en un ambiente ruidoso, esto aunado al hecho de que los proyectos de investigación sobre ruido ambiental no laboral, siguen siendo pocos. (NOM-081-ECOL-1994; NOM-011-STPS-1993; GARCIA, 1992; DOMÍNGUEZ, 1994).

En Guadalajara, los primeros estudios formales apenas empiezan a consolidarse a partir de 1995, con el Estudio Preliminar de Ruido en la zona centro de la ciudad de Guadalajara (OROZCO, 1995), aún cuando ya existían tiempo atrás algunos reglamentos que constituyen indicios de normas contra el ruido (NOM-011-STPS-1993; NOM-080-STPS-1993; NOM-080-ECOL-1994, 1995; NOM-081-ECOL-1994, 1995; DOCTOS. HISTORICOS, Vol. I y Vol. II, 1992-1995).

Por mencionar un ejemplo, el Ayuntamiento de Guadalajara, con fundamento en el artículo 6° de la Ley de Diciembre de 1874, aprobó el reglamento para el uso de campanas en los templos, a condición de sólo una campanada por minuto para llamar a los fieles y las campanadas habituales para anunciar la hora, esto sólo para los templos inscritos en la jefatura de policía.

El reglamento anterior fue derogado por otro publicado en el Diario Oficial "El Estado de Jalisco" el 29 de Mayo de 1934, para los toques de campana de los templos y música de propaganda comercial. Este mismo reglamento fue publicado el sábado 23 de Junio de 1934, esta vez restringiendo el uso de las campanadas por un periodo mayor a 30 segundos, exceptuando los días festivos o nacionales, y prohibiendo el uso de los equipos de sonido y eléctricos para propaganda comercial en establecimientos mercantiles, quedando fuera de esta disposición los domicilios particulares y los establecimientos dedicados a la venta de estos aparatos musicales. En cuanto a los mariachis, orquestas y demás grupos musicales similares, podían dar audiciones en establecimientos mercantiles sólo a algunas horas del día y solicitando el permiso correspondiente de la Presidencia Municipal (DOCTOS. HISTORICOS, Vol. I, 1992-1995).

El Martes 15 de Septiembre de 1959 fue publicado en "El Estado de Jalisco" un nuevo reglamento que restringía el uso de aparatos de sonido, permitiendo su uso sólo a establecimientos comerciales, siempre y cuando no utilizaran bocinas hacia la calle. Este reglamento también prohibía el uso de altavoces en los autos para propaganda, ya que sólo podían usarse para propaganda política y en los periodos señalados. Este reglamento fue nuevamente publicado el sábado 24 de Julio de 1971 en "El Estado de Jalisco", con el fin de regular el uso cotidiano de los aparatos de sonido, debido al incremento de quejas. Cabe destacar que, el infractor a cualquiera de las normas o reglamentos anteriores, era penalizado con multas y/o cárcel. En el caso del uso de aparatos de sonido para propaganda en establecimientos mercantiles, la penalización consistía en la cancelación del permiso correspondiente.

Lamentablemente, con el paso del tiempo y la modernidad, el ruido de los aparatos de sonido y de los campanarios ha sido opacado por las emisiones sonoras de los vehículos de combustión interna, por lo que no resulta sorprendente el creciente paralelismo entre modernización y contaminación sonora, como consecuencia de una mala planificación y del escaso respeto al entorno y sus habitantes. (DOCTOS. HISTORICOS, Vol. II, 1992-1995).

Afortunadamente, los países desarrollados han tomado la batuta, al prestar la debida atención al problema del ruido a través de estudios, diagnósticos constantes, investigación e implementación de nuevas tecnologías que permitan aminorar los niveles sonoros, sin afectar la producción (GARCIA, 1994).

En nuestro país por el contrario, se ha prestado poca atención al ruido ambiental y su control, tanto por parte de científicos y médicos, como de los habitantes, quienes no mostraban sensibilidad ante este factor ambiental, si no hasta hace poco tiempo (BEHAR, 1994). Sin embargo, en el transcurso de los últimos años la situación ha cambiado radicalmente; en la actualidad el problema del ruido ambiental y su control, es motivo de preocupación para la población en general, puesto que cada vez más personas son conscientes de que la contaminación por ruido afecta negativamente su bienestar y calidad de vida (OROZCO, 1995).

La creciente preocupación por la exposición al ruido ambiental, es causada tanto por las molestias que origina, como por sus graves efectos sobre la salud, las actividades y el comportamiento del hombre, teniendo en cuenta que la sensibilidad a dichas molestias está condicionada por la idiosincrasia de cada persona y por las condiciones físicas propias del ruido, por lo que las reacciones hacia este resultan impredecibles (FLORES, 1994; GARCIA, 1992).

En particular, existen referencias de estudios de ruido ambiental que se han llevado a cabo en los últimos años, en Monterrey, Nuevo León (FLORES, 1994), en el Distrito Federal (SORIANO, 1995) y en la ciudad de Guadalajara (OROZCO, 1995), trabajos que se han concentrado en lo que se denomina mapa sonoro.

La información obtenida de los estudios de ruido, resulta de gran utilidad en muchos sentidos, por ejemplo en la planificación urbanística como elemento orientador en la lucha contra el ruido, o como base para desarrollar y aplicar la legislación y normativa al respecto. Desgraciadamente, los estudios de carácter general, imprescindibles para proporcionar una visión global del problema, son muy escasos en todo el mundo y más aún en nuestro país, debido a las numerosas dificultades que implica su realización.

Sin embargo, con este documento se presenta una compilación de temas que permiten un conocimiento mas profundo, como base para la capacitación y difusión en esta área.

1. RUIDO Y SONIDO

1. RUIDO Y SONIDO

En este capítulo se establecen las características que definen al ruido atendiendo a su condición subjetiva, y lo diferencian del sonido como fenómeno físico, a partir del conocimiento de sus magnitudes y el fenómeno de su propagación.

Aún cuando nuestro planeta ha sido testigo desde su nacimiento, del estrepitoso proceso de la evolución tanto geológica como biológica, nunca antes especie alguna hizo del sonido un problema, como lo ha hecho el hombre.

El ruido es en nuestro mundo, el contaminante ambiental más molesto y difundido. Como una de tantas consecuencias indeseables y no previstas de la actividad humana, el ruido y sus efectos se han convertido en la sombra de la civilización, en su constante búsqueda del progreso. Sin embargo, es este mundo de estímulos sonoros el que ha moldeado el sistema auditivo del hombre y su evolución general como especie pensante, a partir del lenguaje hablado, el proceso de comunicación y el conocimiento del entorno desde otra dimensión.

El sonido puede ser considerado ya sea como un fenómeno físico, o como una sensación auditiva individual. En el primer caso, se trata de un objeto o fuente que emite vibraciones (en un medio elástico) cuya velocidad e intensidad determinan el tono y volumen del sonido, así, mientras más rápidas sean las vibraciones, el tono será más alto, del mismo modo en que mientras más aire se mueva en cada vibración, el volumen será más alto (SANZ SA, 1987).

Desde el punto de vista físico, el sonido es una alteración mecánica que se propaga en forma de movimiento ondulatorio a través del aire y otros medios elásticos; en otras palabras, el sonido tiene su origen en las vibraciones mecánicas de la materia en estado sólido, líquido o gaseoso, las que se propagan en todas direcciones en forma de ondas longitudinales de presión sonora (DELGADILLO, 1998).

El proceso de generación de una onda sonora, por lo general inicia cuando un cuerpo sólido vibra empujando a las partículas de aire que lo rodean, produciendo alternativamente depresiones y sobre presiones que se transmiten a las capas de aire y dan lugar a una onda de presión que se propaga en todas direcciones con un movimiento ondulatorio, alejándose del foco (SANZ SA, 1987).

En el caso del sonido entendido como un fenómeno subjetivo, se trata de vibraciones en el aire que estimulan a las terminaciones nerviosas del oído interno, lo cual puede generar una reacción impredecible, de acuerdo con la aceptación o rechazo de cada persona hacia un sonido en particular.

En otras palabras, cuando una vibración sonora de frecuencia audible es captada por el oído humano, se transforma en un estímulo nervioso que será o no considerado como ruido, en función de la idiosincrasia del individuo receptor y sus reacciones de aceptación o rechazo.

1.1. ¿QUÉ ES EL RUIDO?

Etimológicamente, la palabra ruido del latín *rugitus*, se define como rugido, mientras que la Organización Mundial de la Salud y la Oficina Internacional del Trabajo coinciden en definir al ruido como "todo sonido indeseable" (IMSS, 1985).

En Física se define al ruido como una señal acústica, eléctrica o electrónica, formada por una mezcla aleatoria de longitudes de onda.

En la terminología acústica existe el concepto de ruido blanco, el cual está conformado por todas las frecuencias audibles, del mismo modo que la luz blanca está integrada por las frecuencias visibles.

Según la Teoría de la Información, el término ruido designa una señal que no contiene información. (ENCARTA 99)

El ruido es una noción subjetiva aplicada a cualquier sonido indeseable, considerando que esta puede diferir notoriamente de un sujeto a otro, por lo que no existe una definición precisa del ruido que integre coherentemente el concepto del fenómeno físico y la percepción subjetiva del mismo.

La percepción subjetiva del ruido depende de las características geográficas, climáticas, etnográficas, ecológicas, de la educación, estructura social, hábitos, ideología religiosa y de la sensibilidad física y psicológica de cada individuo. Esta serie de factores constituidos a lo largo de la vida de una persona, establecen la deseabilidad de un sonido de acuerdo con las molestias o sensaciones que provoca, convirtiéndolo o no finalmente en ruido (BRÚEL & KJAER, 1984).

1.2. NATURALEZA Y CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

No es posible prever la reacción individual hacia un sonido, pero el conocimiento y la determinación de sus valores en los distintos ambientes permite actuar acertadamente cuando su presencia representa un problema. De aquí la importancia de conocer las diversas magnitudes del sonido.

1.2.1. MAGNITUDES DEL SONIDO

Las magnitudes fundamentales que caracterizan un tipo de sonido, son:

VELOCIDAD DEL SONIDO (C).

Es la velocidad a la que se propagan las ondas sonoras en un medio elástico, dependiendo de la masa y elasticidad del mismo. El valor de la velocidad del sonido en el aire en condiciones normales de presión y temperatura, es de 344 m/s y se obtiene de la siguiente fórmula (SANZ SA, 1987):

$$C = \sqrt{\frac{1.4 \text{ Pa}}{\rho}}$$

Donde:

Pa = Presión atmosférica en pascuales.

ρ = Densidad del aire, en kg/m^3

PERIODO (T).

Tiempo que tarda en producirse un ciclo completo de oscilación, medido en segundos (SANZ SA, 1987).

FRECUENCIA (f).

Es el inverso del periodo, es decir el número de ciclos completos de oscilación que ocurren en una unidad de tiempo. Se mide en hertz (Hz) que corresponden a un ciclo por segundo (SANZ SA, 1987).

$$f = \frac{1}{T}$$

LONGITUD DE ONDA (λ).

Se define como la distancia que recorre un frente de onda en un periodo completo de oscilación. La longitud de onda se relaciona con la frecuencia, el periodo y la velocidad del sonido, según las expresiones (SANZ SA, 1987):

$$\lambda = \frac{C}{f}; \lambda = C \cdot T$$

PRESIÓN SONORA (P).

La presión sonora se define como la variación en la presión atmosférica en un punto, a consecuencia de la propagación de una onda sonora a través del aire (SANZ SA, 1987).

POTENCIA SONORA (W)

Es la energía sonora que atraviesa una superficie en forma perpendicular a la dirección de propagación, en cierta unidad de tiempo. La potencia acústica también se define como la energía acústica total emitida por una fuente sonora en una unidad de tiempo. Se mide en watts y se relaciona con la intensidad sonora a través de la expresión (SANZ SA, 1987):

$$W = I \cdot A$$

INTENSIDAD SONORA (I).

Se define como la energía sonora que atraviesa una unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación en determinado tiempo. En el caso de una onda sonora que se propaga por el aire en una dirección, su intensidad sonora en un punto, viene dada por la expresión (SANZ SA, 1987):

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot C}$$

Donde:

I = Intensidad sonora en w/m^2

P = Presión sonora eficaz (Pa)

ρ = Densidad del aire (Kg/m^3)

C = Velocidad de propagación (m/s)

IMPEDANCIA ACÚSTICA (Z).

El producto de la densidad del medio propagador por la velocidad de propagación, se denomina impedancia del medio (SANZ SA, 1987).

OSCILACIÓN PERIÓDICA.

La propagación de una onda acústica generalmente se asocia a una oscilación periódica. La forma más simple de oscilación periódica es la correspondiente a un movimiento armónico simple como el que se muestra en la figura 1. El sonido asociado a este tipo de oscilación recibe el nombre de "tono puro" y depende únicamente de la presión sonora y de una sola frecuencia.

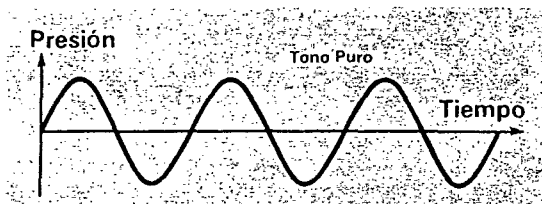


Figura 1. Tono puro

Si dos o más tonos de distinta presión sonora y frecuencia se suman, dan lugar a una nueva onda suma de todos ellos, la cual variará en el tiempo de forma repetitiva (periódica) y tendrá la propiedad de descomponerse en una suma de tonos puros (SANZ SA, 1987).

1.2.2. LA PROPAGACIÓN DEL SONIDO

Tal como las ondas se extienden uniformemente en el agua al arrojar una piedra, en el aire las ondas sonoras se propagan en todas direcciones, disminuyendo de amplitud al alejarse de la fuente. En ambos casos, la amplitud de onda se reduce a la mitad al doblarse la distancia, sin embargo, para las ondas sonoras, esta ley sólo se cumple cuando no hay obstáculos u objetos reflectantes en la trayectoria del sonido, siendo estas condiciones ideales las que se conocen como "campo libre". Cuando hay un obstáculo en la trayectoria del sonido, una parte de este se refleja, otra se absorbe por el objeto y el resto se transmite a través de él. La cantidad de energía sonora que se refleja, se absorbe o se transmite, depende del tamaño y las características acústicas del objeto, así como de la longitud de onda del sonido, aunque en general, un objeto debe ser mayor que la longitud de onda del sonido, para afectarlo apreciablemente (ENCARTA 99).

La propagación del sonido en el aire depende principalmente de la fuente de ruido, de su distribución en el espacio, de la topografía, de los obstáculos en la trayectoria de propagación y de las condiciones atmosféricas. Debido al complejo comportamiento de la atmósfera, a su inestabilidad y falta de homogeneidad, la propagación del sonido presenta a menudo problemas de difícil resolución. (BEHAR, 1994; SANZ SA, 1987).

Desde el punto de vista teórico, el problema radica en la determinación del nivel sonoro en un punto situado a cierta distancia de una fuente puntual de ruido, ya que influyen fenómenos como (OCHOA, 1990; SANZ SA, 1987):

- Dispersión sonora y reducción de la energía en el espacio.
- Atenuación del sonido en el aire.
- Reflexión y difracción en obstáculos sólidos (muros, barreras vegetales, etc.).
- Reflexión y formación de sombras sonoras, por variaciones de viento y temperatura.
- Reflexión y absorción en el suelo.

Para el análisis de la propagación, también debe tenerse en cuenta que, el nivel de intensidad disminuye en 6 dB, cada vez que se duplica la distancia a la fuente. Esta atenuación del sonido en el aire puede expresarse en dB por metro, y se debe a dos factores bien diferenciados, el primero que incide en frecuencias elevadas, es el efecto combinado de la conductividad económica, la absorción energética y la viscosidad de las moléculas de aire, y el segundo que es el efecto atenuante de la vibración molecular, que aumenta al disminuir la humedad relativa del aire; esta relación inversamente proporcional entre atenuación sonora y humedad del aire, se ejemplifica en el incremento de los niveles de ruido en los días con niebla, en los que el aire no ejerce atenuación, al contrario de lo que ocurre en los días despejados (SANZ SA, 1987).

El sonido avanza en línea recta cuando se desplaza en un medio de densidad uniforme. Sin embargo, igual que la luz, el sonido está sometido a la refracción, es decir, a la desviación de las ondas de sonido de su trayectoria original. Por ejemplo, si el aire situado cerca del suelo es más frío que el de las capas más altas, cuando una onda de sonido ascendente entra en la región más caliente, donde el sonido avanza a mayor velocidad, se desvía hacia abajo por la refracción. La excelente recepción del sonido a favor del viento y la mala recepción en contra del viento también se deben a este fenómeno. La velocidad del aire suele ser mayor en las alturas que cerca del suelo, por lo que una onda de sonido ascendente que avanza a favor del viento se desviará hacia el suelo, mientras que una onda similar que se mueve en contra del viento se desviará hacia arriba, por encima de la persona que escucha (ENCARTA 99).

Finalmente, debido a que los terrenos naturales son porosos, las ondas sonoras que se propagan en el aire, son en parte reflejadas y en parte absorbidas, al incidir sobre este tipo de terrenos, los que producen una atenuación directamente proporcional a su porosidad (BEHAR, 1994; SANZ SA, 1987).

Una vez conocidos los factores que influyen en la propagación del sonido, es necesario analizar lo que ocurre al colocar una superficie límite en la trayectoria del sonido, entre los medios en los que se propaga.

Como se observa en la figura 2, cuando una onda sonora en propagación, incide en la superficie de una barrera, una parte de su energía sonora es reflejada (onda reflejada), otra es absorbida por el material separador (según sus características físicas), y el resto es transmitida hacia otro medio (onda transmitida y refractada). La propagación de la onda transmitida al otro lado de la barrera, depende de la amortiguación sonora de la superficie de separación (SANZ SA, 1987).

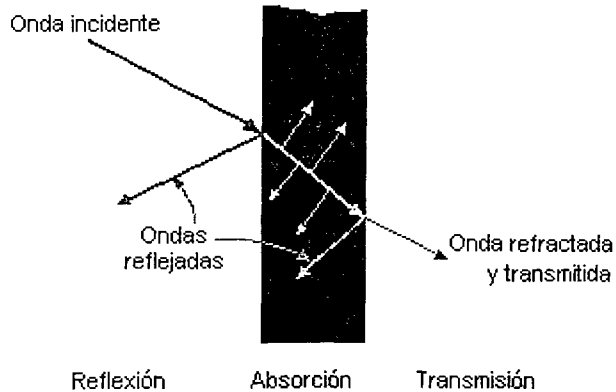


Figura 2. La energía acústica de la onda incidente, se convierte en energía de las ondas reflejada y transmitida, mientras que el resto es absorbida.

Cuando existe una barrera u obstáculo en la trayectoria de propagación, el sonido se ve afectado por la reflexión y cumple la ley fundamental de que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Un eco es el resultado de la reflexión del sonido.

De igual forma, el sonido también experimenta difracción e interferencia. Si el sonido de una fuente única llega a un oyente por dos trayectorias diferentes -una directa y otra reflejada-, los sonidos pueden reforzarse; sin embargo, si no están en fase pueden interferir de forma que el sonido resultante sea menos intenso que el sonido directo sin reflexión. Las interferencias se producen por la diferencia entre las distancias recorridas por el sonido directo y el sonido reflejado, produciendo "zonas muertas". Las trayectorias de interferencia son distintas para sonidos de diferentes frecuencias, con lo que el fenómeno produce distorsión en sonidos complejos (ENCARTA 99).

Con el propósito de atenuar la propagación del ruido, se colocan muros y vallas que actúan como barreras, en situaciones en las que no hay otro procedimiento para aislar al receptor de un foco de ruido, aunque su eficacia no suele ser muy significativa. Por su parte, en áreas residenciales es cada vez mayor la utilización de barreras de árboles y arbustos, cuya efectividad depende de la profundidad y densidad de follaje (GARCIA, 1994).

2. ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

2. ORIGEN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

El presente capítulo comprende el conocimiento e identificación de las fuentes de sonido antropogénicas, lo que permite revalorar el papel del hombre como causa y origen de la contaminación acústica propiamente dicha.

Todo en nuestro mundo es bullicio, movimiento y transformación. La naturaleza por sí misma, es una fuente inagotable de sonidos. Tal es el caso de las explosiones volcánicas, los truenos, el silbido del viento, el oleaje del mar, las tormentas, las avalanchas, las cascadas, etc. Sin embargo, es la actividad humana la que ha hecho del ruido el contaminante ambiental más molesto y difundido en nuestro mundo, a través de actividades como:

- Transporte
- Industria
- Construcción
- Otras actividades

Estas actividades pueden clasificarse en dos tipos de fuentes bien identificadas, las fijas (también llamadas estacionarias) y las móviles. Entre las primeras se encuentran la industria, la construcción y el ruido de vecindad o comunitario, que se genera por el uso inadecuado de aparatos electrodomésticos. Entre las fuentes móviles se incluyen medios de transporte en general, así como eventos deportivos, conciertos musicales, sirenas de patrullas y ambulancias, alarmas de seguridad, desfiles y fuegos pirotécnicos, por mencionar algunos.

En las grandes aglomeraciones urbanas, los ruidos producidos por los distintos medios de transporte suelen ser los predominantes, especialmente los debidos al tráfico vehicular por calles y carreteras; otros tipos de fuentes tales como la industria y la construcción, pueden también dar lugar a problemas de ruido, dependiendo del espacio y del tiempo, aunque no tan molestos y constantes como los del transporte.

Cabe destacar, que el origen del problema no radica en la existencia de las fuentes de ruido fijas y móviles anteriormente citadas, sino en la manera de utilizarlas de acuerdo con la cultura y hábitos personales. En este sentido, el conocimiento e identificación de las fuentes antropogénicas de sonido, en los distintos ambientes y situaciones en los que se hacen presentes a consecuencia de la falta de previsión y planeación, parece ser la punta de flecha en la difícil labor de controlar y paulatinamente disipar la contaminación por ruido y sus desagradables repercusiones en la calidad de vida de las personas.

De ahí la importancia de ahondar en el conocimiento de las características particulares de cada una de ellas, con la intención asimismo, de contribuir en la medida de lo posible, a la concientización de los individuos respecto a sus actitudes y acciones como causa y origen de la contaminación por ruido propiamente dicha.

2.1. EL TRANSPORTE

Según coinciden en señalar varios especialistas (OROZCO, 1995), el tráfico vehicular es la causa predominante de molestia por ruido en las grandes ciudades, y aunque la legislación al respecto se enfoca en la seguridad y protección de los oyentes estableciendo límites máximos permisibles de sonoridad, no considera otros signos de molestia, como son las alteraciones al sistema nervioso, interferencia con la comunicación oral, interrupción del sueño e irritabilidad, por mencionar algunos.

Dentro del sector de transportes, se distinguen las siguientes fuentes productoras de ruido:

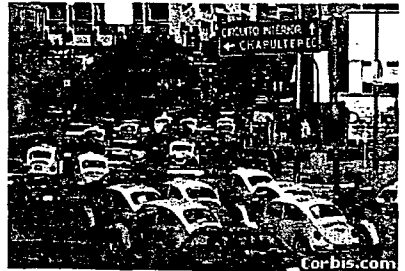
2.1.1. TRÁFICO VEHICULAR



Los ruidos más notorios de los automóviles, son producidos por el motor y las transmisiones, los cuales al aumentar la velocidad del vehículo hasta alcanzar los 60 -80 km/h, generan también un incremento en los niveles de ruido. Sin embargo, una vez rebasada dicha velocidad, domina el ruido generado por la fricción de los neumáticos con el suelo y del vehículo con el aire. No obstante, la categoría del vehículo también influye en el nivel de ruido emitido, así como su estado de conservación, principalmente en lo que se refiere al estado de los tubos de escape y silenciosos, que pueden incrementar la emisión sonora en más de 10 dB (A) cuando se encuentran defectuosos.

El nivel del ruido producido por el tráfico vehicular, depende también del volumen de éste, así como de la velocidad y categoría de los vehículos que circulan, ya que las motocicletas y los vehículos pesados (camiones y autobuses), suelen producir niveles sonoros aproximadamente dos veces más intensos que los automóviles.

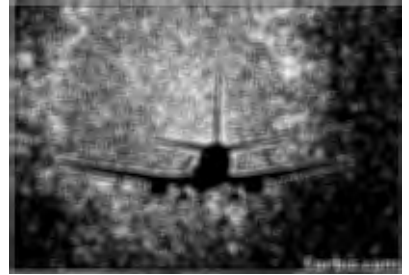
Existe otra serie de circunstancias, tales como el tipo de calzada (adoquín, hormigón, asfalto, etc.), por la que se circula, el estado de conservación de la misma, o el tránsito por zonas que requieren de cambios bruscos de velocidad y/o potencia, como en las cuestas e intersecciones y en los semáforos, todo lo cual influye de forma importante en el ruido producido por el tráfico de vehículos automotores (SANZ SA, 1987).



2.1.2. TRÁFICO AÉREO

Cualquier aeronave mas pesada que el aire, propulsada por medios mecánicos y sustentada por la acción dinámica de la corriente de aire, genera inevitablemente sonido (ENCARTA 99).

No obstante, éste suele producir problemas graves de contaminación sonora en la población asentada en las proximidades de los aeropuertos, especialmente durante las operaciones de despegue y aterrizaje. La emisión de ruido por parte de las aeronaves, se relaciona con el flujo del aire, por la resistencia al avance de la aeronave y la fricción con la superficie de la misma. No obstante, la principal fuente de ruido, la constituye el motor.



El ruido de los motores de los aviones supersónicos es más alto y agudo que el de los subsónicos y constituye una seria molestia para los trabajadores y vecinos de las comunidades próximas a los aeropuertos.



Su mayor nivel de ruido se produce cuando la aeronave llega a la velocidad del sonido en el aire (unos 1,220 Km/h al nivel del mar), modificando bruscamente la compresibilidad del mismo, originando ondas de choque que impactan el suelo, generando un fragor en forma de explosión.

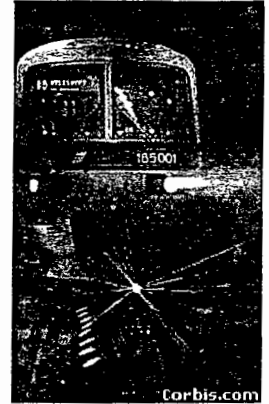
Este efecto se conoce como estampido sónico y puede romper los cristales de las ventanas de las casas, incluso en zonas muy alejadas del avión que lo ha causado (ENCARTA 99).

2.1.3. TRÁFICO FERROVIARIO



El ruido producido por la circulación de trenes, depende principalmente del tipo de locomotoras, vagones y rieles utilizados, aunque en general, suelen ser ruidos de frecuencias relativamente bajas. En las estaciones y muelles de carga y descarga, suelen producirse ruidos de impacto a consecuencia de las maniobras.

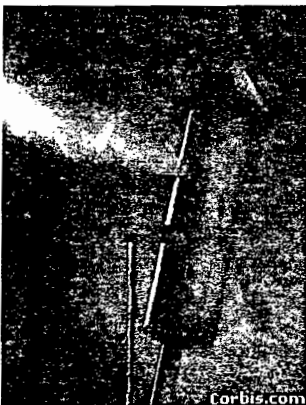
El problema del ruido causado por el tráfico ferroviario, se ve agravado por la constante introducción de trenes que circulan a altas velocidades ya que, con la velocidad aumenta la proporción de energía acústica de alta frecuencia, especialmente cuando cruzan puentes metálicos o estructuras que amplifican el ruido.



El aumento de velocidad aumenta también la cantidad de energía sonora de alta frecuencia, con lo el ruido aparece súbitamente, percibiéndose un sonido similar al originado por el paso de aviones a reacción.

El ferrocarril subterráneo no contribuye al aumento del ruido ambiental, aunque si puede inducir niveles apreciables de ruido y vibraciones en los edificios próximos a los túneles, a través del terreno y las estructuras, pudiendo incluso llegar a generar peligro para dichos inmuebles (SANZ SA, 1987).

2.2. LA INDUSTRIA



El ruido generado por las actividades industriales, tiene su origen en el funcionamiento de la maquinaria, y por lo general este aumenta con la potencia de la misma. Las características del ruido industrial, varían en función del equipo específico instalado, así por ejemplo, los equipos de ventilación y soplantes generalmente producen sonidos continuos de baja frecuencia, mientras que, las máquinas giratorias y de vaivén producen ruidos periódicos, siendo por lo general, el escape de gases y las operaciones de percusión, las que producen los niveles de ruido más altos.

En el interior de las instalaciones industriales, suelen presentarse los más graves problemas causados por el ruido, afectando a una parte importante de la población activa, la cual puede verse sometida a niveles de ruido peligrosos. El ruido proveniente de las instalaciones industriales, se propaga hacia las zonas circundantes, pudiendo dar lugar a problemas cuando éstas están habitadas; de aquí la conveniencia de situar la industria en zonas reservadas a este fin exclusivo, ya que a sus alrededores es bastante común encontrar niveles de ruido superiores a 80 dB (A), cuya molestia se acrecienta en los periodos de trabajo nocturno (SANZ SA, 1987).



2.3. LA CONSTRUCCIÓN



Si bien la actividad de construcción de edificios y obras públicas, no es la fuente de ruido más sonora, si es una de las más molestas, ya que genera todo tipo de ruidos durante periodos prolongados, por la utilización de maquinaria de tipo grupos electrógenos, mezcladores de hormigón, excavadoras, niveladoras, martillos neumáticos, etc.

Por ser una consecuencia directa del nivel de desarrollo de un país, el uso del equipo de construcción resulta inevitable, a pesar de las molestias que produce en los residentes ciudadanos, quienes no pueden mas que quejarse, ante el desinterés de las personas o entidades responsables de minimizar el impacto del ruido y la falta de una adecuada planificación (SANZ SA, 1987).



2.4. OTRAS ACTIVIDADES



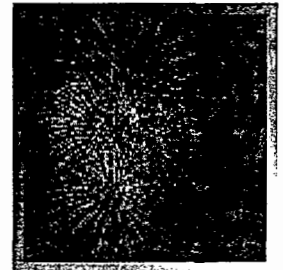
Hay otras fuentes de ruido, además de las ya descritas, que suelen caracterizarse por su naturaleza singular y esporádica. Este es el caso de las sirenas de las patrullas de policía o de las ambulancias, o de las señales acústicas de las alarmas de seguridad. La presencia de estos objetos sonoros de comunicación, en general no deseados por quienes los perciben, suele ser un factor de molestia importante debido a que, en muchos casos su uso es abusivo y superfluo.

Otro ejemplo de este tipo de fuentes, es el denominado ruido de vecindad, que es producido de forma general por las personas de las viviendas, debido al uso inadecuado de los aparatos electrodomésticos, como el acondicionador de aire, el televisor, las podadoras de césped, los aparatos de sonido y por la recolección de la basura, entre otros, constituyendo una de las principales causas de quejas.



Por su parte, las fuentes sonoras relacionadas con las actividades de ocio y recreativas, tienen una trascendencia social muy acusada. Tal es el caso del barullo en los eventos deportivos, espectáculos y conciertos musicales al aire libre, el disparo de fuegos artificiales, la instalación de cantinas, discotecas y similares bajo o junto a las viviendas, etc.

Las características más acusadas del ruido de estas fuentes, son la intermitencia y la variación de los niveles, que pueden alcanzar valores de hasta 90 dB (A) o más, con lo que contribuyen notablemente a la generación de un ambiente ruidoso en las ciudades, que devalúa la calidad de vida de sus habitantes (SANZ SA, 1987).



3. SONOMETRÍA

3. SONOMETRÍA

En el presente capítulo se describen los conceptos, unidades y equipo de medida empleado en la cuantificación de los niveles sonoros, lo que permite comprender y contribuir con la labor de quienes hacen de la sonometría su herramienta medular en el diagnóstico, control y erradicación de la contaminación acústica.

Es importante considerar que, desde el punto de vista físico, el sonido existe aún cuando no haya un receptor que lo perciba, mientras que la percepción de un ruido como sensación auditiva, exige la presencia de un receptor. De aquí que los denominados ruidos blancos (audibles) sean el centro de atención de las mediciones que realizan los investigadores para conocer y evaluar sus efectos (ENCARTA 99).

La magnitud del sonido percibido o sonoridad, es una caracterización subjetiva de la sensación sonora que experimenta el oyente, y está determinada en parte, por el hecho de que el oído humano no tiene la misma sensibilidad a todas las frecuencias (BRÜEL & KJAER, 1984).

Dado que la sonoridad depende fundamentalmente de la intensidad y frecuencia del sonido, se puede calcular a partir de mediciones físicas con diversos procedimientos (BRÜEL & KJAER, 1984).

El flujo de energía mecánica asociada a una onda sonora, genera variaciones de presión en el aire que pueden ser detectadas por el sonómetro, el cual determina en decibeles la exposición global, es decir las propiedades físicas de un sonido y la percepción subjetiva del receptor (DELGADILLO, 1998).

Dado que el oído humano no tiene la misma sensibilidad a todas las frecuencias, potencias e intensidades acústicas, el sonómetro está equipado con varios circuitos electrónicos o sistemas de ponderación que determinan objetivamente la magnitud del sonido percibido o sonoridad, con una sensibilidad similar a la del oído humano (BRÜEL & KJAER, 1984).

3.1. CONCEPTOS Y UNIDADES

Para cuantificar objetivamente la exposición global, es decir las propiedades físicas y la percepción de un sonido, se emplean los siguientes conceptos y unidades:

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA.

Las variaciones de presión que producen las ondas sonoras en un medio elástico como el aire, son detectadas por el sonómetro, un instrumento que mide la intensidad de un sonido según su amplitud, frecuencia, velocidad de propagación y variación en el tiempo, mediante una presión acústica de referencia.

No obstante, la presión acústica posee un margen muy amplio de variación, por lo que se ha hecho común el empleo de niveles de presión sonora o N.P.S., dado que entre ambas magnitudes existe una relación logarítmica denominada decibel, el cual ha sido adoptado como unidad de medida de los niveles de presión acústica (SANZ SA, 1987).

La fórmula que determina el número de decibeles del NPS, en función de la presión acústica, es la siguiente:

$$\text{N.P.S.} = 20 \text{ LOG } 10 \frac{P}{P_0} \text{ dB}$$

Donde:

p = presión media del sonido medido.

P₀ = Presión acústica de referencia (0 dB)

El componente logarítmico en la escala, implica que un aumento geométrico en la presión del sonido se traduzca en un aumento aritmético en el nivel de decibeles.

NIVEL DE SONORIDAD.

Se dice que el nivel de sonoridad de un ruido es de n tonos, cuando a juicio de un oyente normal en escucha biaural, es equivalente a la de un sonido puro continuo de 1000 Hz, que incide al oyente en forma de onda plana, libre y progresiva, con un nivel de presión acústica de n dB por arriba de la presión de referencia P_0 (SANZ SA, 1987).

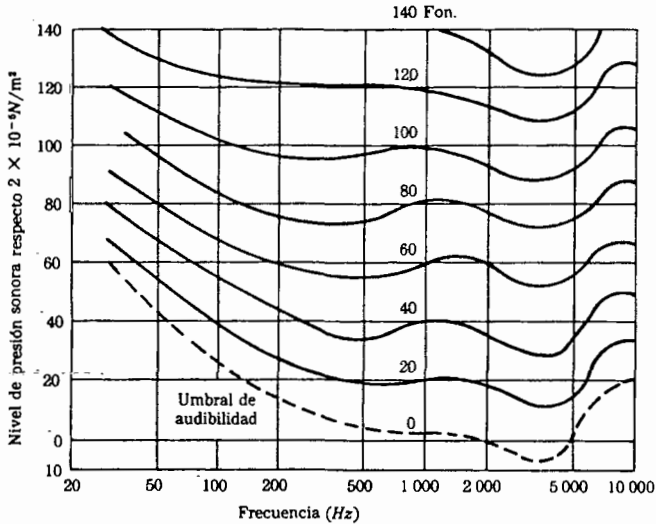


Figura 3. Curvas de igual sonoridad para tonos puros, base para la elaboración de las curvas de ponderación.

ESPECTRO DE FRECUENCIAS Y CURVAS DE PONDERACIÓN.

Del mismo modo en que la luz blanca está integrada por las frecuencias visibles, en la terminología acústica existe el concepto del ruido blanco conformado por las frecuencias audibles (ENCARTA 99).

El rango de frecuencias que componen el espectro del ruido blanco ambiental es muy amplio, por lo que su evaluación y control implica conocer no sólo el nivel de ruido general, sino la distribución de la energía sonora en cada una de las frecuencias que lo componen (DELGADILLO, 1998).

Mediante el análisis de frecuencias la energía acústica de un ruido se distribuye electrónicamente en bandas con un nivel específico de presión acústica. Normalmente se usan 8 bandas u "octavas", cada una de las cuales guarda una relación 2 a 1 con las frecuencias superior e inferior. Cada una de las bandas se define por la diferencia correspondiente al valor central de la banda, siendo los más comúnmente empleados los correspondientes a 63 hz, 125 hz, 250 hz, 500 hz, 1000 hz, 2000 hz, 4000 hz, 8000 hz.

Dos ruidos pueden tener un nivel de presión sonora similar y presentar una distribución de frecuencias completamente diferentes, siendo tanto más molesto e irritante un ruido, cuanto mayor sea su componente en altas frecuencias. Con el fin de tener en cuenta el diferente comportamiento del oído humano ante un ruido en función de su espectro de frecuencia, se introdujo en la medida del ruido el concepto de Curvas Standard de ponderación. Estas curvas actúan como filtros selectivos de forma que en la respuesta, discriminan el peso relativo de cada frecuencia en el conjunto del espectro de frecuencias (SANZ SA, 1987).

Habitualmente, son utilizados cuatro tipos de curvas de ponderación denominadas con las letras A, B, C y D, como se muestra en la figura 4, donde se observa que la curva A atenúa progresivamente las frecuencias por debajo de 1000 hz, llegando a eliminar las muy bajas, la curva B atenúa frecuencias por debajo de 500 hz y por encima de 3000 hz y la curva C que da una respuesta prácticamente plana en el rango de frecuencias comprendido entre los 50 y 3000 hz. La ponderación D se ha introducido para medir los niveles sonoros de los aviones a reacción (SANZ SA, 1987; BRÜEL & KJAER, 1984).

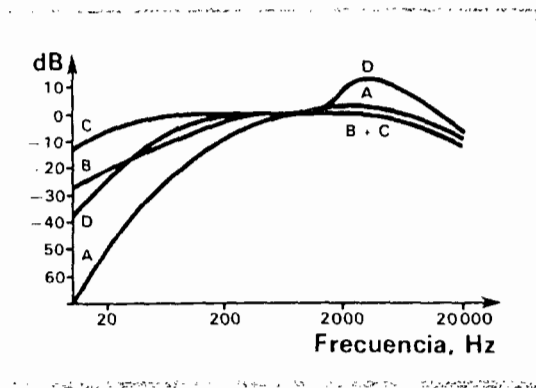


Figura 4. Curvas de ponderación.

De las cuatro escalas, la A es la más ampliamente usada para la medida del ruido, debido a que su respuesta a las distintas frecuencias, es la que mejor se correlaciona con la forma en que el oído humano percibe el sonido. Las medidas del ruido obtenidas aplicando la escala A de ponderación, se expresan en dB (A) (SANZ SA, 1987).

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA EQUIVALENTE (LEQ).

Otro factor a considerar en la caracterización del ruido, es su variación en el tiempo. La pérdida de audición por ejemplo, esta directamente relacionada no sólo con la intensidad y frecuencia, sino también con el tiempo de exposición al ruido. En este sentido, la normativa sobre control de la exposición al ruido, recomienda la máxima exposición al ruido en función del tiempo, ya que la frecuencia de aparición del ruido influye asimismo, en su percepción por parte de la población (SANZ SA, 1987). Con base a lo anterior, existen cuatro tipos de ruido:

Ruido continuo. Un ruido se considera continuo cuando los niveles de presión acústica y el espectro de frecuencias, varían lentamente en función del tiempo sobre pequeños márgenes. Este tipo de ruido suele ser originado por máquinas con cargas estables, tales como motores eléctricos y bombas de agua; también el ruido ambiental de fondo suele ser de este tipo.

Ruido fluctuante. A este tipo corresponden los ruidos en que, tanto los niveles de presión acústica como el espectro de frecuencias, varían de forma aleatoria en función del tiempo sobre un margen más o menos grande. Dependiendo de la repetición del ruido, este puede ser periódico o no; un ejemplo de ruido fluctuante no periódico es el producido por el tráfico rodado.

Ruido transitorio. Se considera un ruido como transitorio, cuando su nivel sonoro comienza y termina dentro de un periodo de tiempo mas o menos largo; un ejemplo de este tipo de ruido es el producido por el paso de un tren o el vuelo de un avión.

Ruido de impacto. El ruido de impacto consiste en un incremento brusco y de corta duración del nivel de presión acústica; puede considerarse un subtipo del ruido transitorio. Ejemplos de este tipo de ruido son el disparo de una pistola, el golpe de un martillo, etc .

La figura 5 muestra la representación gráfica de los distintos tipos de ruido, considerados en función del tiempo (SANZ SA, 1987).

Dada la existencia de los diferentes tipos de ruido, según su variación en el tiempo, se está difundiendo cada vez mas el uso del Nivel Acústico Equivalente, como escala para medir la exposición prolongada al ruido. Esta magnitud representa el nivel de ruido constante que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido fluctuante que se ha medido (DELGADILLO, 1998).

En otras palabras, el Nivel Acústico 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, durante un periodo de observación (NOM-081-ECOL-1994).


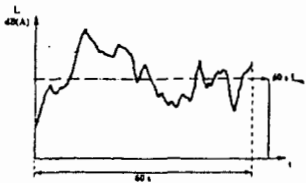
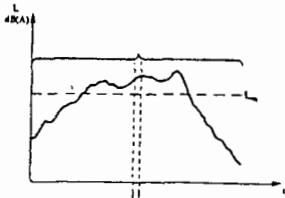

REPRESENTACION GRAFICA DEL RUIDO	TIPO
 <p>The graph shows a horizontal line representing a constant noise level L on the y-axis over a time interval t on the x-axis. The line is slightly irregular, indicating continuous noise.</p>	CONTINUO
 <p>The graph shows a fluctuating noise level L on the y-axis over a time interval t on the x-axis. The noise level varies significantly, with a peak and a trough. A dashed horizontal line indicates the average level L.</p>	FLUCTUANTE
 <p>The graph shows a transient noise level L on the y-axis over a time interval t on the x-axis. The noise level rises to a peak and then falls. A dashed horizontal line indicates the average level L.</p>	TRANSITORIO
 <p>The graph shows a sharp spike in noise level L on the y-axis over a time interval t on the x-axis. The spike is very narrow and high, representing an impact noise.</p>	IMPACTO

Fig. 5 Tipos de ruido

3.2. EQUIPO DE MEDIDA.

Los equipos de medida del sonido que se emplean comúnmente, son los sonómetros, los cuales están compuestos por una serie de elementos básicos y auxiliares que se conectan entre sí, constituyendo una cadena perfectamente integrada. Los principales dispositivos que componen un sonómetro (LIZANA, 1994; SANZ SA, 1987), son:

- **Micrófono:** transforma la presión sonora en una señal eléctrica.
- **Preamplificadores:** Adaptan la señal eléctrica.
- **Amplificador:** Aumenta la señal eléctrica hasta valores fácilmente detectables.
- **Circuitos de ponderación:** Modulan la señal para que esta tenga una relación directa con la sensación auditiva. Actualmente se usa casi exclusivamente la curva de ponderación (A) estando en desuso la (B) y (C).
- **Circuito rectificador:** Rectifica y transforma la señal lineal - logarítmica, al hacerse en esta escala las medidas acústicas.
- **Circuito integrador:** Para que el equipo sea capaz de evaluar los distintos tipos de ruido de forma coherente debe responder o integrar con mayor o menor tiempo. Estos tiempos de integración están normalizados en lento (1 seg), rápido (125 mseg), de impulso (35 mseg) y pico (50 mseg).
- **Indicador:** Muestra el valor de la presión sonora según las ponderaciones, filtros o integradores que se hayan utilizado. Los indicadores pueden ser del tipo galvanómetro de aguja o digitales. Estos últimos dan una lectura numérica, siendo los que se usan en la actualidad.

Otros dispositivos auxiliares en las mediciones de ruido, son:

Filtros: Permiten conocer el valor de las distintas frecuencias de interés del ruido medido, de forma secuencial.

Registadores: Registran la señal detectada por el micrófono, para su estudio posterior. Pueden ser registradores gráficos de nivel, que imprimen sobre papel calibrado en decibeles, en función de la frecuencia o el tiempo, también los hay magnéticos, que graban la señal sonora en una cinta magnética para su análisis posterior en laboratorio (BEHAR, 1994; BRÜEL & KJAER, 1980).

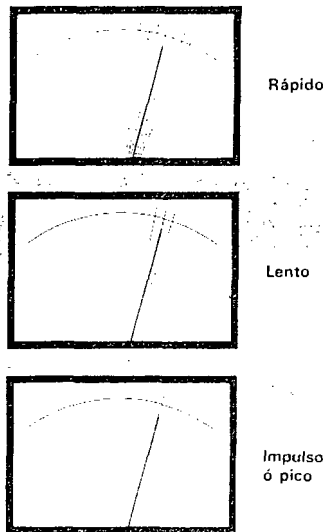


Figura 6. Respuesta del equipo, a diferentes señales con tiempos de integración diferentes.

Los equipos modernos de medida del ruido presentan una gran versatilidad y portabilidad. Su funcionamiento se basa en una instrumentación digital muy sofisticada, que les permite actuar como un procesador digital de señal programable, tanto para el análisis de frecuencias como para el análisis estadístico (SANZ SA, 1987).

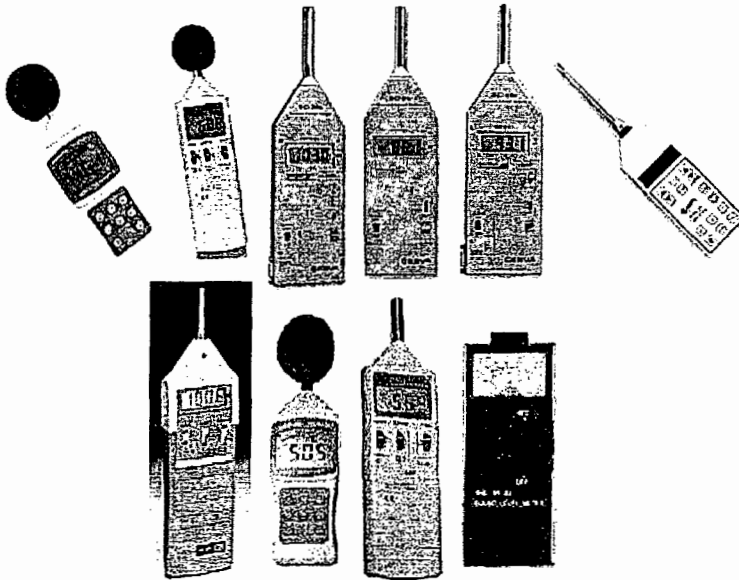


Figura 7. Instrumental para medir el ruido.

Además de los sonómetros integradores, existen otros aparatos para la medida del ruido, tales como:

- **Analizadores digitales de frecuencia:** Se usan cuando la señal sonora, por su tipo y procedencia, no permite un análisis secuencial de frecuencias en tiempo real, como es el caso del análisis del ruido de un avión, ya que estos equipos tienen la posibilidad de promediar durante tiempos largos.
- **Analizadores de banda estrecha (F.F.T.):** Son equipos en los que el análisis de la señal se basa en la transformada de Fourier.
- **Dosímetros:** Se utilizan cuando se quiere evaluar el riesgo de daño por ruido en un ambiente laboral, teniendo en cuenta el nivel sonoro, el tiempo de exposición y la frecuencia. Difiere de los sonómetros por disponer de un circuito inhibidor que descarta aquellos niveles sonoros inferiores a un determinado nivel sonoro mínimo, así como de un circuito contador que acumula la dosis de ruido en función del nivel sonoro y del tiempo, de acuerdo con ciertos criterios normalizados (SANZ SA, 1987).

3.3. EVALUACIÓN DE LOS NIVELES SONOROS.



La evaluación de los niveles sonoros que se producen en una zona determinada del entorno, es un elemento necesario para tener un conocimiento de la situación acústica en la misma y determinar la gravedad del problema, así como, para realizar un diagnóstico como etapa previa a todo programa de reducción del ruido, tanto ambiental como de fuentes de ruido específicas. Este tipo de evaluaciones suelen plasmarse en el mapa de nivel de ruido que cubre toda una zona

(DELGADILLO, 1998).

Si el ruido a evaluar es intermitente, se puede tolerar una mayor intensidad sonora o la misma intensidad durante periodos de tiempo más largos, que si se trata de un ruido continuo. Así, la aceptabilidad de un ruido está en función de la intensidad sonora, el número de veces que se repite y su duración (SANZ SA, 1987).

El Leq comúnmente empleado para medir la exposición prolongada al ruido, normalmente tiene ponderación A, aunque en algunos equipos de medida del ruido, se usan otras ponderaciones. La medida se puede detener en cualquier momento y normalmente se da por terminada cuando al prolongar el tiempo, no aumenta la precisión del valor obtenido.

Cuando se trata de comparar sucesos de ruido de distinta duración como, por ejemplo, el paso de trenes de carga o de pasaje, se suele emplear el nivel de exposición sonora SEL que es el nivel continuo equivalente referido a un segundo.

Para evaluar el riesgo de lesión por ruido en el ambiente laboral, se suele utilizar el concepto de dosis de ruido, que se define como la cantidad de energía sonora que un oído normal puede recibir durante la jornada laboral, para que el riesgo de pérdida auditiva al cabo de 8 horas, no rebase un valor preestablecido; en otras palabras, la dosis de ruido tendrá un Leq con duración de 8 horas, que se expresa como tanto por ciento de la exposición máxima permitida diariamente, lo que es 100% correspondiente a un Leq de 90 dB (A) durante 8 horas (85 dB (A), en algunos países) (SANZ SA, 1987).

Debe prestarse atención especial al cálculo del nivel sonoro producido por varias fuentes de ruido. Por ejemplo, el ruido producido por dos motores de aviación que emiten cada uno 120 dB (A), no es 240 dB (A) sino 123 dB (A), es decir el nivel sonoro producido por los dos aviones juntos, es superior en 3 dB (A) al producido por uno solo. La razón es que primero deben convertirse los decibeles en potencia sonora relativa, sumar o restar, y entonces convertir de nuevo a decibeles.

El mismo procedimiento hay que utilizar cuando se trata de fuentes sonoras de distinto nivel de ruido, tal como un camión (95 dB (A)) y una motocicleta (89 dB (A)); el ruido producido por ambos vehículos circulando simultáneamente es de 96 dB (A), es decir, 1 dB (A) por encima del nivel del camión (DELGADILLO, 1998).

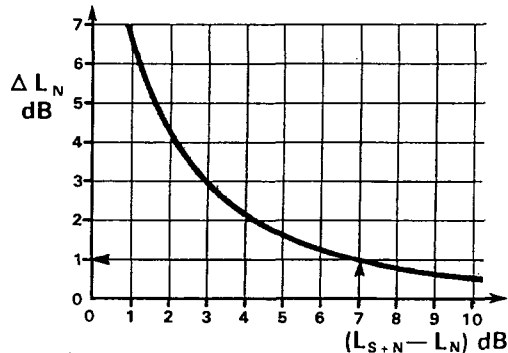


Figura 8. Forma gráfica de calcular el ruido producido por fuentes múltiples.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Los criterios a adoptar en el planteamiento de un programa de evaluación del ruido, dependerán por una parte, de los objetivos que se pretenden alcanzar y, por otra, de las características del ruido a evaluar (NOM-ECOL-1994, NOM-ECOL-081-1994, NOM-011-STPS-1993, NOM-080-STPS-1993).

Como objetivos básicos se pueden plantear los siguientes:

- Cuantificar el ruido de una fuente aislada.
- Evaluar el ruido ambiental, para conocer el grado de molestia que produce.
- Medir las dosis de ruido en un ambiente laboral, para determinar el riesgo de lesión auditiva.

En cuanto a los parámetros de valoración del ruido, estos dependerán de las características del ruido, fundamentalmente en lo que se refiere a su duración y variación de nivel sonoro, distinguiendo entre ruidos continuos, fluctuantes, transitorios o de impacto.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en el programa de evaluación, es la metodología y técnicas de medición adoptadas, ya que de ellas dependerán los resultados que se obtengan (SANZ SA, 1987).

Por lo general, existen normas contenidas en las ordenanzas municipales o en recomendaciones nacionales o internacionales, donde se describe de forma detallada tanto la metodología de medida como la instrumentación a utilizar. No obstante y con carácter general, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos (LIZANA, 1994):

- Calibrar la instrumentación antes y después de las mediciones.
- Indicar la precisión del equipo utilizado.
- Evitar interferencias en la ubicación de los puntos de medición.
- Indicar claramente el tiempo de integración de los valores obtenidos (rápido, lento, impulsivo, etc.)
- Si se hace análisis de frecuencias, indicar los filtros utilizados y la precisión de los mismos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL SONIDO.

Para registrar variaciones del nivel acústico, se usa frecuentemente el análisis estadístico de distribución de niveles sonoros, este método nos indica el porcentaje del tiempo total durante el cual se supera un determinado nivel acústico. Así, valores de tiempo del 10, 50 y 90 %, se usan con frecuencia como medidas de los niveles máximos, medios y de fondo, respectivamente.

Para las mediciones del ruido, se pueden considerar dos periodos diferentes de tiempo, los niveles de ruido constante y los niveles instantáneos o niveles de ruido variable. Los primeros, se miden durante un tiempo muy breve (un segundo o menos), mientras que los segundos pueden medirse en promedios de tiempo más prolongados, durante horas si es necesario, y se expresan en función del nivel de presión acústica equivalente (L_{eq}). La duración del ruido, es también muy importante cuando se evalúa la respuesta subjetiva de la población al mismo; en este sentido y en complemento de las mediciones físicas del ruido, se han desarrollado varios tests subjetivos para evaluar la respuesta humana ante el ruido (SANZ SA, 1987).

Como resumen, cabe indicar que lo primero que se debe hacer en un estudio de un problema concreto de ruido, sea del tipo que sea, es medir el nivel sonoro de la perturbación y determinar la gravedad del problema, lo que exige identificar quienes son los afectados por el ruido y su grado de sensibilidad al mismo, así como establecer si se rebasan los límites de exposición a sus afectos, establecidos por las ordenanzas municipales o normativas nacionales, o en su defecto, internacionales (DELGADILLO, 1998).

Es preciso tener en cuenta que, la lucha contra el ruido, requiere un conocimiento exhaustivo de las características de cada situación, las que se concretan en la determinación del nivel de presión sonora, el análisis de frecuencias y la duración. Para tales fines, cabe destacar la conocida eficiencia del sonómetro acústico, cuyo uso permite determinar el nivel sonoro, y con este, la energía del sonido, la que determina finalmente el grado de lesión auditiva.

Con base a estas determinaciones, algunos países han impuesto en sus legislaciones, valores límite "pico" de ruido que oscilan de 140 a 150 dB, esto debido a que el ruido de tipo impulso de nivel sonoro muy alto, puede causar tanto daño como la exposición por varios años a un nivel constante de unos 95 dB(A).

En los sonómetros digitales utilizados para medir niveles sonoros discontinuos, se usa la función "retención del máximo", que permite almacenar la lectura máxima de una emisión sonora, ya que cuando los niveles del ruido fluctúan, conviene expresar el nivel de ruido por el nivel continuo equivalente o Leq (SANZ SA, 1987).

Por otra parte, el conocimiento del espectro de frecuencias del ruido, también es necesario cuando se trata de hacer un correcto control del mismo, como puede ser el seleccionar los materiales más absorbentes, las pantallas de protección más adecuadas o identificar las fuentes más representativas.

Para el caso de ruidos continuos, el análisis de frecuencias se puede realizar mediante sonómetros provistos de un juego de filtros y un registrador gráfico, mientras que para ruidos de otro tipo, habrá que recurrir al uso de un registrador de cinta magnética, para su posterior análisis en laboratorio, o a algún otro tipo de instrumento que permita el análisis en tiempo real, como es el analizador digital de frecuencias F.E.T.

Por último, cabe destacar que el análisis estadístico de las variaciones del nivel sonoro en el tiempo, es muy útil en el estudio de ruidos de vecindad y para el control del ruido producido por fuentes múltiples ya que, el conocimiento de la distribución del nivel del ruido en cada momento durante el día, puede poner de manifiesto la conveniencia de que ciertas actividades se realicen a otro horario de la jornada (OROZCO, 1995; SORIANO, 1995).

4. EL SER HUMANO FRENTE AL RUIDO

4. EL SER HUMANO FRENTE AL RUIDO

Como se destaca en este capítulo, es necesario conocer la estructura y funcionamiento del sistema auditivo del hombre, así como los efectos generados por la contaminación por ruido, para comprender el complejo proceso estímulo - reacción que un sonido puede desencadenar.

Aunque no se trata del más nocivo de los contaminantes del ambiente, el ruido es posiblemente el más difundido. La contaminación cotidiana del ambiente con ruido es, hasta cierto punto, un resultado del desarrollo de los transportes y la electrónica del siglo XX, pero incluso en las primeras etapas de la revolución industrial, el rugido del motor de vapor y el rechinar de los metales, ya eran riesgos para los obreros fabriles.

No obstante, la tensión emocional que proviene de la incapacidad para escapar de las incesantes voces humanas, posiblemente ha acompañado al hombre desde el principio de su evolución.

A pesar de todo, el ruido es un medio necesario de comunicación, como lo es el habla, la música, los aplausos en un espectáculo, las alarmas de los relojes, las sirenas de las ambulancias, el silbido de una tetera o el llanto de un niño.

Es este mundo de estímulos auditivos, el que ha moldeado (y continúa moldeando) el sistema auditivo del hombre y su evolución general como especie pensante, a partir del surgimiento del lenguaje hablado y el proceso de comunicación, comprendiéndose así la trascendencia del aparato auditivo en la vida del hombre.

Además de su papel fundamental en el proceso de comunicación, el sistema auditivo también permite al hombre conocer desde otra dimensión el mundo que le rodea, al percibir sonidos nuevos, extraños, agradables o molestos, que desencadenarán una serie de emociones subjetivas.

4.1. EL OÍDO Y LA AUDICIÓN

En principio, el oído es un sofisticado órgano capaz de distinguir una gran resolución, tanto de frecuencias como de intensidades sonoras, mediante un complejo proceso de recepción y análisis de estímulos sonoros.

No obstante, y hablando sólo del ruido, hay que resaltar que, aparte de sus características físicas, existe un importante componente subjetivo que hace que un mismo sonido pueda ser juzgado como agradable, molesto o incluso indiferente. Algunos factores que influyen en esta subjetividad del ruido son la hora del día, el grado de atención o concentración del receptor, la personalidad (tanto del receptor como del emisor), la familiaridad o rareza del ruido, su continuidad o intermitencia, etc (DELGADILLO, 1998).

Como se ve en la figura 9, el oído humano está conformado por tres zonas: oído externo, medio e interno. Las partes del oído externo y medio, captan las ondas sonoras presentes en el aire, y las conducen al líquido contenido en el oído interno, el cual actúa como traductor, transformando las señales de vibraciones mecánicas, a impulsos nerviosos que transmiten al cerebro la información acústica (ENCARTA 99).

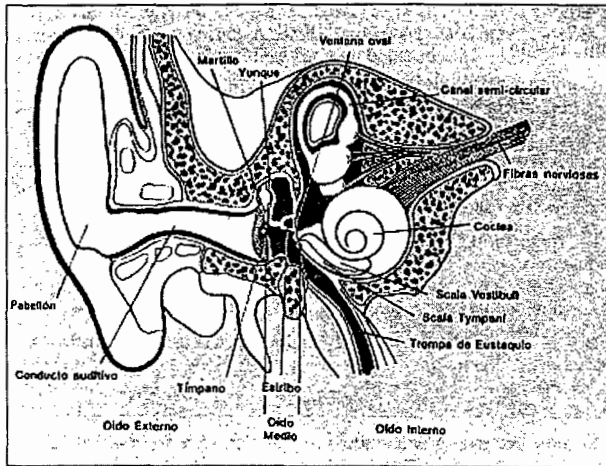


Figura 9. Esquema del oído humano

OÍDO EXTERNO.

Está integrado por el pabellón auditivo u oreja, el conducto auditivo externo y el tímpano, la membrana que separa al oído medio del externo. La función del pabellón auditivo u oreja, es la de actuar como una pantalla antiviento, similar a las que se emplean para los micrófonos; es un órgano de estructura cartilaginosa, que concentra la energía sonora, canalizándola hacia el interior del conducto auditivo externo, función a la que debe su forma.

Una vez que la energía sonora ingresa al conducto auditivo externo, cuyo diámetro es menor que la longitud de onda del sonido en cuestión, genera un aumento en la velocidad de vibración de las moléculas de aire, que se traduce en un estímulo mecánico que el tímpano percibe y transmite al oído medio. Esta capacidad de resonancia del conducto auditivo externo, ha sido comprobada experimentalmente al determinarse que las frecuencias cercanas a 3 kHz que entran en él, sufren un aumento de 10 dB en su nivel de presión sonora al llegar al tímpano (OCHOA, 1990).

OÍDO MEDIO.

Comienza a partir de la cara posterior del tímpano, y está formado por la caja del tímpano, la trompa de Eustaquio y las células mastoideas.

La caja del tímpano encierra la cadena de huesillos denominados martillo, yunque y estribo, los que conectados de forma articulada, posibilitan la transmisión del sonido al oído interno, impidiendo que los ruidos de excesiva intensidad lleguen a la cóclea y puedan dañarla. Esta cadena de huesos, actúa como una palanca que transforma las vibraciones del tímpano, disminuyendo su amplitud, aumentando la fuerza y conservando la frecuencia, para preparar el cambio del medio aéreo al medio líquido que existe en el oído interno.

El aire contenido en la caja del tímpano, proviene de las vías aéreas superiores, a través de la trompa de Eustaquio, la cual se abre únicamente al tragar o masticar, con el fin de igualar las presiones del aire interior y exterior (OCHOA, 1990).

OÍDO INTERNO.

Está formado por el vestíbulo, los canales semicirculares y la cóclea. Presenta dos funciones fisiológicas distintas, el sentido del equilibrio asociado a los canales semicirculares, y la audición asociada a la cóclea.

Los canales semicirculares conectados entre sí por el vestíbulo, son sensibles a la gravedad y a la aceleración, así como a la postura y movimientos de la cabeza (ENCARTA 99).

El vestíbulo aloja un líquido llamado perilinfa y se comunica con los canales semicirculares y la cóclea. Esta última es un conducto enrollado sobre sí mismo en forma de caracol, (por lo que también recibe este nombre) y está dividido en tres partes, la rampa timpánica, la rampa vestibular y el canal coclear. La membrana de Reissner separa a las rampas vestibular y timpánica entre sí por, mientras que la membrana basilar separa a éstas del canal coclear. La membrana basilar se prolonga a lo largo de la cóclea, excepto un pequeño trozo al final llamado helicotrema (OCHOA, 1990).

FISIOLOGIA DE LA AUDICIÓN.

Las ondas sonoras que llegan al pebellón auditivo, modifican la presión del aire dentro del conducto auditivo. El tímpano vibra y las ondas que produce son amplificadas y transmitidas por los huesecillos del oído medio, que responden a los estímulos acústicos desplazando la ventana oval de la cóclea.

Las vibraciones del fluido perilinfático de la cóclea, se propagan excitando a un grupo de proyecciones finas silimares a cabellos, denominadas células ciliares o células pilosas, las que en conjunto constituyen el órgano de Corti.

Cuando dicho órgano percibe las vibraciones, las terminaciones nerviosas de su base se activan convirtiendo la señal acústica en un impulso nervioso que será transmitido al córtex del cerebro a través del nervio auditivo. Las fibras nerviosas son sensibles a la frecuencia, siendo las situadas en la zona mas profunda del caracol, las que detectan las frecuencias más bajas.

El patrón de respuesta de las células pilosas a las vibraciones de la cóclea, codifica la información sobre el sonido para su interpretación en los centros auditivos del cerebro (ENCARTA 99).

4.2. EFECTOS DEL RUIDO

Desde hace varios años, numerosos trabajos científicos han puesto de manifiesto los efectos perjudiciales del ruido en el hombre.

Los mecanismos por los que el ruido actúa sobre la salud del hombre, son tanto directos como indirectos, afectando a las funciones fisiológicas, auditivas y psicológicas, que a su vez inciden en la comunicación hablada, la atención y el comportamiento de los individuos.



La determinación de la dosis acumulativa de ruido a que está sometida una persona durante cierto tiempo, tiene como fin establecer las relaciones de causa - efecto.

Sin embargo, estas determinaciones presentan dificultades por la gran cantidad de factores que influyen en la exposición al ruido, tales como la edad, estilos de vida, ocupación, etc., por lo que parece necesario registrar el historial de un individuo expuesto al ruido, y reducir los datos a unas pocas variables relacionadas con los efectos causados por dicha exposición (SANZ SA, 1987).

Normalmente, los efectos del ruido se han estudiado considerando su relación con un tipo determinado de exposición, como es el ruido en los ambientes de trabajo, y no en relación con el conjunto de ruidos a los que se encuentran sometidos diariamente los individuos, subestimando la influencia de numerosas fuentes sonoras presentes en la vida diaria, tales como los equipos electrodomésticos en casa, el tráfico vehicular, el barullo de muchedumbres, el escándalo de los centros de ocio, etc. Debe tenerse en cuenta esta multi-exposición al ruido, al estudiar sus efectos, ya que de otra forma, únicamente se estará analizando parcialmente la realidad del problema.

Es necesario eliminar las estimaciones aproximadas de las variables de exposición al ruido, para identificar la relación entre dosis y respuesta que permita establecer valores límite de ruido. Para tal fin, se hace uso del nivel de presión acústica continua equivalente (Leq) en dB (A), como medida básica de los efectos fisiológicos del ruido ambiental, con base al cual, dichos efectos han sido divididos por razones prácticas, en auditivos y no auditivos, como se describe a continuación (DELGADILLO, 1998):

4.2.1. EFECTOS AUDITIVOS

A pesar de que la capacidad auditiva varía de un individuo a otro, en general se considera como audición normal la capacidad de detectar sonidos de la gama de audiofrecuencias comprendidas entre 16 y 20,000 hz; sin embargo, la sensibilidad auditiva disminuye con la edad, por lo que es difícil determinar el grado en que los efectos acumulativos de la exposición al ruido, contribuyen a la pérdida de la audición, ya que el ruido puede producir un desplazamiento temporal o permanente del umbral de audición. Así, cuando una persona entra en una zona muy ruidosa, suele sufrir una pérdida de sensibilidad auditiva considerable, fenómeno que se denomina desplazamiento temporal del umbral auditivo inducido por el ruido. Dicho desplazamiento, suele desaparecer al cabo de cierto tiempo, que puede ir de unas pocas horas o hasta semanas, una vez de vuelta a un ambiente poco ruidoso (BEHAR, 1994; GARCÍA, 1994; LLANAS, 1994)

Los padecimientos auditivos más comunes, de acuerdo con los criterios de salud, son (LLANAS, 1994; OROZCO, 1995):

TRAUMA ACÚSTICO AGUDO.

Se produce por ondas sonoras de elevada presión, asociadas a ondas de choque originadas por el desplazamiento de grandes masas de aire (como ocurre en las explosiones). Una consecuencia normal es el desgarramiento del tímpano, acompañado de dolor muy intenso y sensación de inestabilidad, pudiendo resultar dañados los sistemas de transmisión y recepción.

Cuando el sistema de transmisión se ve afectado, tiene cierta posibilidad de recuperación, pero cuando el efecto recae en los sistemas de recepción, el daño es irreparable.

SORDERA PROFESIONAL.

Es una de las enfermedades laborales más frecuentes en la actualidad y se produce por la exposición continua a ruidos de elevada intensidad, ya que la exposición a frecuencias altas, es más perjudicial que la exposición a frecuencias bajas, situación que se ve agravada con la transmisión de vibraciones por el suelo y la reverberación del ruido en paredes lisas y duras, aunque en general, este padecimiento depende en gran medida, de la susceptibilidad individual a los efectos del ruido.

La lesión orgánica, se produce en el oído interno, en las células ciliares del órgano de Corti, las cuales pueden recuperarse al cesar el ruido, sin embargo, si este continúa, se destruyen irremediablemente, hecho del que se deduce que las frecuencias más perjudiciales son aquellas comprendidas entre 2 kHz y 8 kHz, con mayor incidencia en la zona de 4 kHz.

ALTERACIONES DEBIDAS AL RUIDO AMBIENTAL.

Aunque el ruido ambiental no produce sordera, sí crea un embotellamiento auditivo y una sensación de agotamiento, que no permiten la realización eficiente de las actividades. A esto se añade el problema de los ruidos nocturnos, que impiden el descanso y la recuperación del oído durante las horas de sueño, sobre todo en aquellas personas que se dedican a trabajos intelectuales o creativos.

Para que un ruido ambiental sea considerado como no molesto o tolerable, debe estar situado entre los 15 y los 30 dB, ya que los niveles mayores, sólo resultan soportables después de un periodo de adaptación.

ACÚFENOS.

Se trata de sensaciones anormales en los oídos. El término se emplea para describir cualquier tipo de

Pueden ser silbidos, timbres, zumbidos o latidos a cualquier hora del día o de la noche, pudiendo ser tan intensos que despiertan a la persona o no le permiten dormir.

Son señales acústicas no provocadas por la presión sonora, sino por descargas electroquímicas de un oído interno dañado. También son causados por una vibración en la cabeza o tejidos que rodean al oído, o por errores en el sistema auditivo. A veces es atribuible a anomalías vasculares en la cabeza o cuello, o a contracciones en los músculos del oído medio o en aquellos que rodean a la mandíbula.

PRESBIACUSIA.

Se trata de un padecimiento, que puede llegar a confundirse con la sordera profesional, debido a que cuando han evolucionado, se parecen notablemente. Sin embargo, la diferencia radica en que la presbiacusia es el envejecimiento del oído con el paso del tiempo, comenzando a partir de los 20 o 30 años, proceso que avanza lentamente sin causar molestias hasta antes de los 50 años o más, edad en la que se manifiesta finalmente como una sordera. Se caracteriza por la disminución o pérdida de la audición para frecuencias agudas, así como una dificultad para entender el lenguaje sobre todo en ambientes ruidosos. Dado que, en su fase avanzada se parece a la sordera profesional, es conveniente disponer de audiometrías de las fases iniciales en las que, la sordera presenta una atenuación en la zona de los 4 kHz, característica que no se da en la presbiacusia.



EVALUACIÓN DE LA AUDICIÓN POR AUDIOMETRÍA.

Una audiometría es el estudio que pretende evaluar la audición de las personas de forma cuantitativa y cualitativa, empleando para ello instrumentación electroacústica, como el audiómetro, el cual emite tonos de frecuencia e intensidad conocidas en todo el margen audible, lo que permite elaborar un programa de conservación de la audición.

La mejor protección contra la sordera profesional y otros padecimientos, es evitar laborar en actividades ruidosas o, en su defecto, llevar un seguimiento audiométrico, para detectar el problema en su fase inicial y tratarlo. Así, cuando ha sido detectado algún problema de audición en el personal, se puede recurrir a dos medidas:

- a) Proteger adecuadamente al trabajador.
- b) Cambiarlo a un puesto menos ruidoso.

Es necesario resaltar que, las primeras fases de la sordera profesional suelen pasar inadvertidas por las personas que las sufren, dado que, la pérdida de audición se concentra en torno a la frecuencia de 4 kHz, valor que se encuentra fuera del margen de frecuencias de la comunicación oral (250 Hz a 2 kHz), por lo que la persona oye y entiende las conversaciones y cree encontrarse saludable. Cuando el problema ha progresado, afectando la audición para las frecuencias de la comunicación oral, cualquier medida que se tome conducirá al fracaso, ya que el trabajador tiene ya una incapacidad permanente. De aquí la importancia de prevenir estos u otros padecimientos, protegiendo y capacitando previamente al personal, con el equipo necesario y el seguimiento audiométrico correspondiente (DELGADILLO, 1998).



Figura 9. La cámara audiométrica.

4.2.2. EFECTOS NO AUDITIVOS

Hasta ahora, se han descrito los efectos auditivos del ruido, caracterizados todos por la pérdida o disminución de la audición; sin embargo, el ruido también produce una serie de efectos de naturaleza no auditiva que, en general son de tipo cardiovascular, hormonal y psíquico, entre otros, cuya investigación está en desarrollo.

Tipo de zona	Respuesta social estimada	
	Clase	Descripción
Zonas rurales y zonas de hospitales	Ninguna	No se observan reacciones
Zonas suburbanas y tráfico ligero	Pequeña	Quejas esporádicas
Zonas urbanas	Media	Quejas generalizadas
Zona céntrica	Fuerte	Avisos de respuesta
Zona industrial	Muy fuerte	Respuestas de la sociedad

Tabla 1. Respuesta subjetiva de los individuos receptores a distintos niveles de ruido en distintos ambientes.

Con el propósito de detallar algunos de los efectos no auditivos del ruido, producidos por frecuencias dentro del margen audible, se han dividido en dos categorías, efectos psíquicos y efectos fisiológicos (MERCADO, 1995; SANZ SA, 1987).

EFFECTOS PSÍQUICOS.

Se concentran básicamente en tres aspectos, que son (BEHAR, 1994; SANZ SA, 1987; SEBALLOS, 1994):

Perturbación del estado de ánimo: La influencia que tiene el ruido en el estado de ánimo se traduce en fatiga mental, aumento de ansiedad, irritabilidad y distracción en las personas. Como consecuencia de estos efectos, aparecen algunos cambios psicológicos que provocan inseguridad, inquietud, malestar, agresividad y otras alteraciones de la personalidad, que dificultan la convivencia diaria.

Molestia: No es el efecto más grave o peligroso, pero sí el más evidente. Tiene el inconveniente de ser muy subjetiva y variable, lo que dificulta su evaluación objetiva en cada persona.

Ineficiencia: El ruido disminuye la eficiencia en la realización de actividades de tipo mental, de precisión, o de aquellas que requieren rapidez, generando por consiguiente una disminución del rendimiento y la eficacia, así como un aumento de accidentes laborales.

EFFECTOS FISIOLÓGICOS.

Se ven afectados los Sistemas Nervioso Central y Vegetativo, así como las funciones vitales del sistema cardiovascular y del digestivo, todo lo cual se manifiesta en electroencefalogramas irregulares, trastornos de la conciencia, pérdida del conocimiento (mayormente en epilépticos), aumento de la tensión vascular cerebral y disminución de la capacidad motriz e intelectual, con el consiguiente aumento de errores en trabajos que requieren precisión (SANZ SA, 1987).

El ruido también afecta al sistema cardiovascular, produciendo alteraciones del ritmo cardiaco. El aumento de la tensión arterial, también está vinculado al ruido, habiéndose comprobado que los trabajadores que utilizan protectores auditivos no presentan modificación de la misma. Otros efectos son el aumento del ritmo respiratorio y las alteraciones en el aparato digestivo, que se caracterizan por una mayor acidez e incidencia de úlceras duodenales (GARCÍA, 1992).

Por su parte, los efectos sobre la visión se traducen en una disminución del campo visual, modificación de la percepción de colores, alteraciones en la visión nocturna y dilatación de las pupilas (DELGADILLO, 1998).

Para el caso de las mujeres embarazadas, es aconsejable que no estén sometidas a ruidos superiores al margen de los 80 a 85 dB (A), por el efecto nocivo que estos puedan tener sobre el feto (ENCARTA 99). Es preciso tener en cuenta que estos efectos varían de una persona a otra, pudiendo incluso estar ausentes.

5. ESTRATEGIAS DE LUCHA CONTRA EL RUIDO

5. ESTRATEGIAS DE LUCHA CONTRA EL RUIDO

Tanto de aplicación práctica como técnica profesional, este capítulo comprende las diferentes estrategias aplicables en el control y eliminación de los problemas de la contaminación por ruido, destacando la importancia tanto de la prevención y planeación, como de la contribución individual de cada miembro de una comunidad.

En las últimas décadas, el ruido se ha manifestado como uno de los contaminantes que más directamente afecta a la calidad de vida de la población, de acuerdo con encuentros recientes de opinión pública, realizados en los países industrializados. Asimismo, el ruido es el contaminante más estrechamente ligado al hombre, tanto por su origen antropogénico, como por la dificultad que supone la lucha contra él y sus efectos (DELGADILLO, 1998).

La lucha contra el ruido debe constituir un elemento esencial de las políticas ambientales, si realmente pretenden mejorar la calidad de vida del hombre, considerando siempre que la existencia de una gran diversidad y multiplicidad de fuentes de ruido, hace que su control sea aún más complejo desde el punto de vista normativo, pues exige soluciones diferentes a las adoptadas comúnmente para otros tipos de contaminantes.

Asimismo, dada la diversidad de fuentes, se requiere de la participación de un gran número de organismos públicos en la lucha contra el ruido, lo que a su vez exige una gran coherencia en sus formas de actuar, y una particular vigilancia en la puesta en práctica de las reglamentaciones, para que estas sean eficaces.

Para mejorar la coherencia y eliminar los inconvenientes del sistema de reglamentaciones dispersas, aplicadas actualmente por la mayoría de los países, es necesario adoptar una normativa básica y programas de carácter global, que respondan a un cuadro general bien definido, orientado hacia el futuro, con objetivos claramente definidos, y con las prioridades y los medios para su aplicación. En otras palabras, la lucha contra el ruido debe integrarse en un programa nacional global y coherente, que permita actuaciones basadas en la planificación, con objetivos claros y precisos, acordes con la disponibilidad económica del país.

Independientemente de las medidas empleadas para lograr un control efectivo del ruido, es necesario realizar una serie de acciones complementarias, tales como gestionar la circulación vial, reestablecer los límites de velocidad, etc.

De igual forma, deberán adoptarse medidas incitativas que se apoyen en instrumentos económicos, educativos e informativos, como es el etiquetado de aparatos acústicos, el consumo preferencial de productos silenciosos y el control de los productos y vehículos en uso.

La puesta en marcha de estos instrumentos económicos, permitirá el autofinanciamiento continuo de las medidas de lucha contra el ruido y generará un ambiente sonoro adecuado, cuyos resultados finales se verán en la calidad de vida de los ciudadanos (SANZ SA, 1987).

5.1. PRINCIPIOS GENERALES Y OBJETIVOS



La medida más generalizada contra los efectos causados por el ruido ambiental, es el aislamiento físico del exterior, aunque dicho aislamiento en viviendas y locales resulta ineficiente en muchos casos, bien porque la insonorización de los inmuebles resulta inadecuada para los niveles sonoros que se registran en su exterior, o bien porque este sistema de protección no soluciona el problema para el gran número de actividades humanas, que diariamente es necesario realizar en el ambiente exterior. Por tanto, es necesario tener en cuenta tanto el ambiente exterior como el interior

a la hora de plantear el problema del ruido ambiental (SANZ SA, 1987).

No obstante, el éxito en la lucha contra el ruido, dependerá en gran medida de factores tales como:

- Decisión política en la lucha contra el ruido, teniendo en cuenta el costo y las implicaciones energéticas de las medidas adoptadas.
- Disponibilidad de medios financieros, técnicos y personales, tanto en el ámbito de la administración central, como regional y/o local.
- Colaboración de los organismos locales.
- Grado de voluntad del público de tener un ambiente silencioso.
- El civismo de los ciudadanos que pueden ser responsables en un momento u otro de la producción de ruido.

Es importante destacar que algunas acciones tendentes a reducir el ruido, favorecen asimismo la economía energética; tal es el caso de algunos automóviles y vehículos pesados que, a la vez que hacen menos ruido, consumen menos energía.

El mismo efecto se logra con la circulación fluida en la ciudad (a través de los límites a la velocidad y las restricciones a la circulación), con el aislamiento acústico de los edificios (al reducir los niveles sonoros en su interior y ahorrar energía), o con las modificaciones a los nuevos aviones comerciales (más silenciosos y eficaces desde el punto de vista energético).

Existen también casos en los que el ahorro energético puede suponer un incremento del ruido; ejemplo de ello son los motores diesel de inyección directa, los que resultan potencialmente más ruidosos, a pesar de su optimización energética (SANZ SA, 1987).

CUCBA

En la lucha contra el ruido, existen algunas estrategias generales, que son el resultado de la investigación y fuente de los logros alcanzados en algunos países desarrollados. Estas estrategias de lucha contra el ruido, se articulan sobre los siguientes aspectos:

- Limitación y reducción del ruido en la fuente, es decir el establecimiento y reducción de los límites de emisión de ruido.
- Protección de la población más expuesta, mediante el aislamiento acústico en las fachadas de los edificios y la colocación de pantallas acústicas en las áreas de ruido más intenso (zonas negras).
- Adopción de medidas preventivas, dirigidas a evitar la aparición de nuevos problemas; en este sentido la consideración del ruido debe ser parte integrante de la planificación urbana y de la gestión del uso del suelo.

En este último aspecto, hay que poner una especial atención tanto en la ubicación de los centros de actividad más vulnerables al ruido, (hospitales, casas de ancianos, escuelas, jardines de infancia, etc), como en la ubicación de aquellos que lo generan (carreteras, fábricas, aeropuertos, etc.), todo esto con el fin de evitar incompatibilidades en el uso del suelo.

Si una separación completa de actividades no es posible, se deberá pensar en medidas de prevención, tales como zonas de transición, modificación del perfil de las infraestructuras, disposición y aislamiento acústico de los edificios y construcción de barreras acústicas, teniendo siempre en cuenta que todos estos sistemas sólo atenúan los niveles sonoros (SANZ SA, 1998).

5.2. SISTEMAS DE AMORTIGUACIÓN SONORA

Actualmente, se hace uso de algunos sistemas de control del ruido, que básicamente evitan o atenúan la propagación de las ondas sonoras, mediante la aplicación de la acústica arquitectónica, que considera factores como la reflexión y reverberación de paredes y muebles, y la capacidad de absorción o reflexión de los materiales de construcción.

Los materiales blandos como el corcho o el fieltro, absorben la mayor parte del sonido que incide sobre ellos, aunque pueden reflejar algunos sonidos de baja frecuencia, mientras que los materiales duros como la piedra o los metales, reflejan casi todo el sonido que incide sobre ellos (ENCARTA 99).

Los materiales absorbentes tienen la capacidad de transformar la energía sonora incidente, según sus características físicas, con base a lo cual se clasifican como:

- Resonantes
- Membranosos
- Porosos

La amortiguación de una onda reflejada, se define como el coeficiente de absorción del material de una barrera. En otras palabras, es la relación entre la cantidad de energía por unidad de superficie que incide en una barrera y la cantidad de energía absorbida por el material de ésta (DELGADILLO, 1998).

Según las circunstancias y las necesidades de amortiguación sonora, se aplican diferentes técnicas que se describen a continuación:

5.2.1. AISLAMIENTO ACÚSTICO.

La técnica del aislamiento acústico es de uso muy común en la edificación de viviendas, con el fin de atenuar la propagación del ruido ambiental y el ruido de vecindad. Consiste en conseguir que la energía sonora que atraviesa una barrera, sea lo más baja posible, lo que requiere la instalación de materiales que tengan una impedancia lo más diferente posible a la del medio que conduce el sonido. De este modo, si la transmisión del sonido se realiza a través del aire, las barreras deberán ser de materiales densos y pesados (ALAMAR, 1993; OROZCO, 1995).

Cabe destacar que, el comportamiento aislante de un material constructivo, varía con la frecuencia del sonido. Al respecto, la norma UNE 74,040/III, define el aislamiento acústico normalizado mediante la siguiente expresión:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log } \frac{S}{A} \quad (\text{en dB})$$

Donde:

L_1 = Nivel sonoro del local emisor.

L_2 = Nivel sonoro del local receptor.

S = Superficie del elemento separador en m^2 .

A = Absorción del recinto receptor.

El aislamiento acústico, sigue la ley de masa, la cual dice que dicho aislamiento únicamente depende de la frecuencia de la onda incidente y de la masa superficial, según la expresión:

$$R = 20 \text{ Log } \frac{WM}{2Z}$$

Donde:

W = Potencia sonora

M = Masa superficial.

Z = Impedancia acústica del aire.

De acuerdo con la fórmula anterior, al duplicar la masa de la superficie aislante, el aislamiento aumenta en 6 dB para una frecuencia dada; asimismo al duplicar la frecuencia manteniendo la masa, el aumento de aislamiento será igualmente a 6 dB. Resulta por lo tanto, más fácil aislar las altas frecuencias que las bajas (DELGADILLO, 1998; SANZ SA, 1987).

La tabla 2 muestra, a título indicativo, los valores del aislamiento proporcionado por algunos materiales de construcción usuales para paredes y muros de viviendas.

<i>Materiales</i>	<i>Frecuencia Hz</i>					
	125	250	5 000	1 000	2 000	4 000
Ladrillos, 10 cm	30	36	37	37	37	43
Bloque de cemento, 20 cm, hueco	33	33	33	39	45	51
Bloque de cemento, 15 cm, liviano	38	36	40	45	50	56
Cortinas, plomo-vinilo, 7.5 kg/m ²	22	23	25	31	35	42
Puerta maciza, 7cm	26	33	40	43	48	51
Panel de vidrio, 0.6 cm	25	29	33	36	26	35
Vidrio laminado, 1.25 cm	23	31	38	40	47	52
Panel metálico perforado, con lana mineral de 10 cm de espesor	28	34	40	48	56	62
Madera terciada, 0.6 cm, 3.5 kg/m ²	17	15	20	24	28	27
Madera terciada, 1.8 cm, 10 kg/m ²	24	22	27	8	25	27
Chapa de hierro, 18, 10 kg/m ²	15	19	31	32	35	48
Chapa de hierro, 16, 12.5 kg/m ²	21	30	34	37	40	47

Tabla 2. Aislamiento proporcionado por algunos materiales.

5.2.2. APANTALLAMIENTO.

Este sistema tiene como finalidad evitar la transmisión de las ondas sonoras desde un emisor a un receptor en campo libre, y tiene muchas variantes, que van desde la instalación de muros de hormigón, diques de tierra y pantallas acústicas propiamente dichas, hasta plantaciones vegetales o soluciones mixtas (DELGADILLO, 1998).

Los principios fundamentales en que se basan este tipo de soluciones son los mismos, motivo por el cual debe conocerse, por lo menos someramente, el comportamiento de una pantalla o barrera acústica, entendiéndose esta como una superficie sólida con una masa superficial de más de 20 Kg/m², la cual se interpone en la trayectoria de propagación de las ondas sonoras, impidiendo parcialmente su transmisión y creando zonas de sombra acústica (SANZ SA, 1987).

La atenuación sonora proporcionada por una pantalla, se obtiene mediante la expresión:

$$N = \frac{2}{\lambda} (A + B - d)$$

Donde:

$\lambda =$ Longitud de onda en metros.

$d =$ Distancia entre la fuente y el receptor, en metros.

$A + B =$ Distancia mínima que recorre la onda sonora, desde la fuente al receptor, en metros.

La atenuación de una pantalla acústica, va desde un mínimo de 5 dB para frecuencias bajas, hasta un máximo práctico de alrededor de 24 dB, según las condiciones ambientales.

El grado de atenuación sonora proporcionada por una pantalla, depende fundamentalmente de la altura de la misma y del ángulo de sombra θ , de tal forma que cuanto más alta sea la barrera con respecto a la fuente sonora y al receptor, mayor será la atenuación alcanzada. Asimismo, una mayor atenuación del sonido se consigue colocando la pantalla acústica ya sea cerca de la fuente o cerca del receptor (OROZCO, 1995).

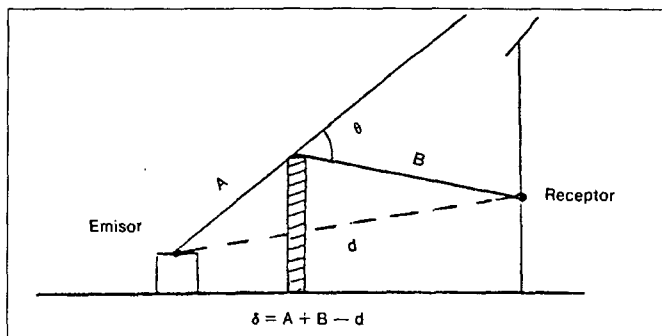


Figura 10. Atenuación sonora de un ruido.

La figura 10 muestra, de forma aproximada, la atenuación sonora que puede lograrse con una pantalla acústica, en función de su geometría. Contra lo que pudiera parecer, el cálculo de una pantalla acústica es muy complejo, tanto que incluso existen tratados enteros sobre este tema (SANZ SA, 1987).

5.2.3. SILENCIADORES.

Los silenciadores son dispositivos o sistemas que atenúan la propagación de las ondas sonoras acompañadas de un flujo de aire o gas en movimiento, sin impedir el paso de éstos últimos. Se emplean frecuentemente en el control de ruido industrial y están presentes en todos los vehículos automóviles.

Los silenciadores suelen clasificarse en disipativos y reactivos. Los primeros, suelen acoplarse a fuentes sonoras que producen ruido continuo, por estar formados principalmente por material absorbente, que disipa la energía acústica transmitida a través del silenciador, junto con el paso del fluido. Por su parte, los silenciadores reactivos se aplican principalmente, a los motores de explosión, ya que son capaces de atenuar el ruido de estos, gracias fundamentalmente a su geometría interior, es decir, a la formas y volumen de sus recintos interiores (GARCÍA, 1994; OROZCO, 1995; SANZ SA, 1987).

5.3. ACCIONES PARA COMBATIR EL RUIDO ATENDIENDO A SU ORIGEN

Tradicionalmente, la forma de actuar contra el ruido se basa en determinadas reglamentaciones elaboradas y puestas en práctica por distintas administraciones públicas. Actualmente, se han desarrollado en los distintos países dos tipos o categorías fundamentales de reglamentaciones, en materia de ruido ambiental:

1. Reglamentos específicos
2. Reglamentos globales

Los primeros, tienen por objeto regular los niveles de emisión de ruido de ciertas fuentes de forma independiente (ruido de vehículos, compresores, aviones, industrias, etc.), mientras los segundos, tratan de constituir un marco global que permita reagrupar de forma coherente, todos los elementos que intervienen en la lucha contra el ruido (reglamentaciones, educación y medidas directas e indirectas) con el fin de combatirlo de forma global y coordinada.

La mayoría de los países tiene actualmente reglamentos específicos, mientras que únicamente Estados Unidos y los países bajos han adoptado programas globales en forma de ley marco en la lucha contra el ruido, para fuente dada, tanto técnica como económicamente.

La eficacia de las medidas tendentes a reducir el ruido ambiental, precisa considerar los aspectos del tipo de ruido sobre el cual las medidas a adoptar pueden tener una incidencia (SANZ SA, 1987).

De forma general, el ruido ambiental se compone de un ruido de fondo continuo, al que se suman un conjunto de ruidos impulsivos y/o fluctuantes más intensos, provenientes de fuentes como medios de transporte, industria, construcción y otras.

El ruido de fondo suele estar presente tanto en áreas urbanas, debido a la circulación de vehículos, como en zonas fuertemente industrializadas, donde una multitud de fuentes individuales de ruido están repartidas entre las diversas fábricas de la zona industrial, y aunque ninguna emite individualmente niveles elevados, en conjunto producen un ruido continuo en toda la zona. En la mayoría de los casos, el nivel de ruido de fondo es mucho menos notorio que los ruidos impulsivos y fluctuantes que se suman a este.

Cuando se pretende atacar el problema del ruido, debe tenerse en cuenta que los medios son numerosos y a menudo complementarios. Así, es posible reducir el ruido en la fuente, limitando el nivel de actividades de la misma o reduciendo su potencia sonora; así mismo, es posible limitar el impacto del ruido sobre los receptores colocando barreras acústicas, insonorizando edificios, modificando una vía de circulación, etc.

En concreto, es posible distinguir aquellas medidas que actúan sobre la fuente, de las que actúan protegiendo a los receptores (DELGADILLO, 1998).

5.3.1. RUIDO DE LA CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS.

Las medidas que actúan sobre la fuente van dirigidas a la limitación del ruido en el origen, fijando reglamentariamente unos niveles de emisión sonora específicos para cada categoría de vehículo. El procedimiento de medida del nivel sonoro de los vehículos, se hace generalmente siguiendo la Norma Oficial Mexicana NOM-080-ECOL-1994.

Las normas sobre limitación de las emisiones sonoras existen desde los años 50 en varios países y han ido evolucionando disminuyendo progresivamente los valores límite de emisión. Así, en la CEE durante los años 70, se redujeron dichos valores entre 2 y 3 dB (A) en los vehículos en general y en 7 dB (A) en los autobuses.

Este tipo de actuaciones en la fuente, a pesar de ser necesarias especialmente para el caso de vehículos pesados y ciclomotores, tiene una eficacia limitada cuando se trata de controlar el ruido de la circulación, debido al largo tiempo que toma reemplazar a los vehículos ruidosos por otros silenciosos, en cantidad suficiente para hacer detectable la mejora, así como al uso y estado de mantenimiento de cada vehículo, ya que de estos elementos depende la emisión sonora efectiva (DELGADILLO, 1998).

Para comprobar si un vehículo en uso cumple con los valores límite establecidos, es necesario proceder a una inspección acústica, que en algunos países como Suiza y Alemania, se hace junto con la inspección regular de seguridad. Este sistema permite controlar eficazmente las modificaciones y el mantenimiento de los vehículos, fundamentalmente en lo que concierne a los tubos de escape (SANZ SA, 1987).

Más difícil resulta controlar el exceso de ruido producido por la forma de conducir un vehículo. Se ha demostrado que un mismo vehículo, puede producir un nivel de ruido 7 dB(A) más alto cuando es conducido a toda velocidad, que cuando es conducido normalmente (SANZ SA, 1987).

Cualquier medida que aplique sobre la fuente, debe ser complementada con otras medidas que actúen protegiendo a la población contra el ruido de la circulación. En este caso, la fuente de ruido se considera como una fuente de ruido extensa (red de carreteras, calles, etc.), en vez de puntual como anteriormente. Desde este punto de vista, las medidas de lucha contra el ruido se centrarán en la planificación de la concepción técnica del sistema viario, y en la utilización del suelo en las zonas colindantes a la red viaria. Desde esta concepción de las actuaciones, se pueden aplicar medidas directas tales como la regulación de la circulación (sentidos únicos, la imitación del volumen vehicular, calles peatonales, etc.) o medidas globales (planificación). La limitación de la circulación es probablemente la medida más útil en vías rápidas que atraviesan áreas urbanas, además de que tienen la ventaja de economizar energía (DELGADILLO, 1998).

Al elaborar un sistema global para planificar la lucha contra el ruido de la circulación, es necesario tener presentes un gran número de factores. Así, la mayoría de los países exigen tener en cuenta la contaminación acústica cuando se proyectan nuevas vías de circulación. En este sentido, es interesante la experiencia de los Países Bajos a partir de 1979, donde todas las vías de circulación existentes o en proyecto fueron bordeadas por "zonas de ruido" con una extensión definida reglamentariamente, de tal forma que en el límite exterior de las mismas no se supere la exposición a 50 dB (A) de nivel continuo equivalente durante veinticuatro horas. En estas zonas se mide el ruido ambiente y se fija en 50 dB (A) el nivel sonoro límite en todos los edificios y viviendas que las bordean (SANZ SA, 1987).

Cuando se prevé construir una nueva vía de circulación o modificar una existente, el proyecto debe ser evaluado desde el punto de vista acústico en el contexto de la zona de influencia, adoptándose medidas correctas tales como alternativas al trazado, instalación de barreras acústicas, pasos subterráneos, etc., con el fin de que no se supere el valor límite de ruido establecido en los edificios circundantes. Los límites de ruido admisibles son de hecho adaptables en función de determinadas circunstancias, por ejemplo, cuando la vía de circulación y las viviendas existen ya con niveles sonoros superiores a los admitidos, caso en el que se debe elaborar un programa de medidas tendentes a disminuir estos niveles, que en ciertos casos extremos, pueden llegar a la construcción de nuevas vías de circulación o la demolición de edificios.

La experiencia actual en distintos países, pone de manifiesto que las medidas de planificación tendentes a evitar que aparezca el problema del ruido, constituyen el método menos costoso y más eficaz de lucha contra el ruido de la circulación. No obstante, parece evidente que las medidas adoptadas para el control de ruido, se pueden considerar como moderadas en el mejor de los casos, ya que tan sólo han tenido el efecto de desacelerar el incremento del deterioro, por lo que resulta necesario hacer un esfuerzo mayor con medidas más radicales, si se quieren tener resultados positivos en la lucha contra el ruido de la circulación, en un futuro próximo (DELGADILLO, 1998).

Por otra parte hay que considerar que si bien la fijación de límites de emisión sonora en la fuente son importantes, la reducción alcanzable del ruido ambiente de la circulación, adoptando las mejores técnicas actuales a los vehículos, estará en alrededor de 5 dB (A), mientras que con la acción de un urbanismo decidido que contemple el problema del ruido y actúe sobre la utilización compatible del suelo, la ubicación y ambientación adecuada de edificios, especialmente aquellos que por su uso son mas sensibles (hospitales, escuelas, viviendas, etc.), se pueden esperar reducciones de los niveles de ruido en los receptores, del orden de 15 a 30 dB (A). Desgraciadamente estas medidas pueden resultar costosas, y en algunos casos únicamente aplicables a proyectos nuevos, por lo que no se resuelven las situaciones con problemas ya generados (SANZ SA, 1987).

En conclusión, dado que los ruidos producidos por la circulación, son los que inciden con mayor fuerza en la contaminación acústica del ambiente y los que crecen más rápidamente, resulta evidentemente necesario un esfuerzo mucho mayor que el realizado hasta ahora para mejorar la situación, sobre todo en el entorno de las grandes ciudades.

5.3.2. RUIDO DE LA AVIACIÓN

Si bien el ruido producido por los aviones, afecta a una porción de la población mucho menor a la afectada por el ruido de la circulación de vehículos, sus efectos en las proximidades de los aeropuertos, pueden ser más nocivos. En este sentido, los problemas causados por el ruido de los aviones, están en función de:

- El nivel de ruido efectivo de los motores.
- El volumen de tráfico.
- La distribución porcentual por tipos de aviones.
- La utilización del suelo en los alrededores del aeropuerto.

En este caso la fuente de ruido es aérea y en su propagación no encuentra obstáculos (excepto el tejado y fachadas de los edificios) que la atenúen hasta alcanzar al receptor, por ello, las medidas que se pueden adoptar para controlar este tipo de ruido, se reducen a:

Limitar el ruido en la fuente. Los aviones son con toda seguridad, las fuentes de ruido que se han estudiado con más profundidad en los últimos años, con lo cual se han reducido considerablemente los niveles de emisión de ruido, gracias a la introducción de motores de tasa de dilución elevada, nuevos materiales y nuevas concepciones técnicas. En la situación actual no parece factible lograr mejoras importantes en los aviones comerciales, por debajo de los niveles previstos para los de última generación, tales como el Airbus 310, 757, etc., debido a los altos costos implicados (SANZ SA, 1987).

Restringir procedimientos de operación. La adopción de algunos procedimientos de operación restringidos en los aeropuertos, es hoy día una práctica habitual con el fin de reducir el ruido procedente de estas fuentes. Las restricciones van desde la supresión total o selectiva de vuelos durante la noche, hasta la utilización de prescripciones técnicas tales como aterrizar con cierto ángulo de aproximación, régimen de los motores, etc.

La supresión de vuelos durante la noche, que no afectan a la seguridad, salvo en la medida que puede entrañar una concentración de tráfico, es una técnica utilizada en distintos aeropuertos, tales como Sidney, Oslo, y en todos los aeropuertos de Suiza, en los que se prohíbe totalmente los vuelos nocturnos. Una variante de esta técnica, es la que permite aterrizar durante la noche únicamente a los nuevos aviones más silenciosos.

Planificar el uso del suelo. En la actualidad se ha reconocido que la adopción de medidas indirectas, tales como la limitación de la construcción de edificios sensibles al ruido en zonas ruidosas y en particular en la proximidad de los aeropuertos, es la mejor medida para proteger al público contra el ruido. Este hecho se basa en la evidencia de que, aún utilizando los medios técnicos de reducción de ruido, las zonas que circundan los aeropuertos están sometidas a niveles de ruido que no permiten la habitabilidad de las mismas (SANZ SA, 1987).

Lamentablemente, la adopción de este tipo de medidas, da lugar a muchos problemas de intereses que dificultan su aplicación; por otra parte la propia dinámica del aeropuerto produce transformaciones sociales y económicas que conllevan a menudo a utilizaciones incompatibles, como por ejemplo, la edificación de viviendas que pueden ser adquiridas por los empleados del aeropuerto, así como las actividades en zonas periféricas; por otra parte, surgen usuarios potenciales del suelo, principalmente industrias que se implantan en zonas de exposición de ruido moderado, atraídos por las ventajas que supone estar cerca de un medio de transporte tan importante.

Para evitar estos fenómenos, la mejor solución parece ser implantar planes de gestión del uso del suelo, que tengan en cuenta las características del ruido en los aeropuertos, con el fin de crear alrededor de ellos, zonas especiales sometidas a un control mucho más riguroso que el de los planes habituales, imponiendo para cada una de las zonas consideradas, una serie de restricciones de uso, como puede ser la regulación de la construcción de edificios en función de su sensibilidad al ruido según la actividad a realizar en ellos, pudiendo llegar a la prohibición de construcción de viviendas en las zonas de mayor ruido. En otras zonas, se puede permitir la construcción de viviendas, con la condición de que cumplan ciertas condiciones muy estrictas en lo que se refiere a insonorización acústica, no permitiéndose en principio, la construcción en esta zona de hospitales y escuelas.

Si bien, la ordenación del territorio, es sin duda la mejor alternativa a largo plazo para solucionar el problema del ruido en general, y en particular alrededor de los aeropuertos, las medidas a tomar deben ser aplicadas de forma rigurosa y continuada para que sean eficaces (DELGADILLO, 1998; SANZ SA, 1987).

5.3.3. RUIDO DEL FERROCARRIL

En cuanto al ruido producido por la circulación de trenes, en la actualidad sólo unos pocos países disponen de reglamentos que lo controlan. Únicamente en Estados Unidos y los Países Bajos se ha aplicado una normativa que tiende a limitar el nivel de ruido producido por las locomotoras, tanto estacionadas como en movimiento. En el resto de los países, el control de ruido ferroviario se ha hecho por lo general, aplicando acciones concretas de protección sonora en los márgenes de las vías férreas nuevas, tratando de mantener el nivel sonoro en la recepción, alrededor de los 70 dB (A), valor que sin embargo, es superior al límite de intervención en caso de carreteras, que se fija en 65 dB (A).

Uno de los países que ha realizado un mayor esfuerzo por controlar el ruido de los trenes, es Japón, debido a los problemas particulares causados por el tren Shinkansen, que circula a gran velocidad a través de zonas muy pobladas (DELGADILLO, 1998).

5.3.4. RUIDO DE LA INDUSTRIA Y LA CONSTRUCCIÓN

Los niveles sonoros producidos por la industria y la construcción, se controlan en la mayoría de los países mediante la adopción de medidas complementarias.

El aumento lento pero constante de los ruidos producidos en las áreas industriales, es uno de los principales problemas que representa la lucha contra el ruido producido por la industria. Este aumento del ruido, se debe en parte, al método utilizado para la concesión de autorizaciones para instalar o ampliar industrias, el cual se basa en que el nivel de ruido emitido por estas no sea superior al nivel del ruido ambiental. Dicho procedimiento, propicia que una nueva instalación industrial con una emisión sonora inferior en 3 dB (A) al ruido de fondo del lugar donde se instala, aumente éste en 2 dB(A), lo cual puede generar importantes problemas de tipo jurídico, ya que si se pretende no aumentar el nivel sonoro en la zona, no se podrá conceder la autorización de instalación para nuevas actividades ruidosas(DELGADILLO, 1998).

Actuaciones como al anterior, suponen discriminar a una industria que por ella misma no causa problemas de ruido, atribuyéndole la responsabilidad de una situación que es causada en parte, por todas las demás industrias ya asentadas en la zona. Para tratar de evitar esta situación, se debe actuar bajo el principio de que todas las fuentes de ruido, deban aplicar las mejores técnicas para reducir sus emisiones de ruido, con el fin de lograr una mejora progresiva de los niveles sonoros en la zona de actuación, sin discriminar a los que se instalen posteriormente.

Por lo general, las fuentes de ruido industrial son estacionarias y corresponden a una gran variedad de procesos industriales, lo que dificulta en la práctica la aplicación de límites generales de emisión sonora a todos los casos. Por ello, dada la diversidad de procesos industriales, generalmente no es práctico fijar normas de emisión, siendo más eficaz establecer límites sonoros en la recepción, para los ocupantes de los terrenos circundantes (DELGADILLO, 1998).

Contrario a lo que ocurre con la industria, en la lucha contra los ruidos producidos por las actividades de la construcción la tendencia es el establecimiento de normas de emisión en la fuente, como el sistema de medidas más eficaz.

En Alemania por ejemplo, el ruido de la construcción se controla de forma global mediante una ley, donde se definen tanto las obligaciones de los usuarios de la maquinaria de construcción, como las de los fabricantes de la misma, exigiendo por otra parte que los ruidos producidos en las zonas de trabajo no superen ciertos niveles de ruido en la recepción. Para lograr los objetivos de la ley, se fijan límites de emisión para diversos tipos de maquinaria. Este último sistema es el que se está desarrollando actualmente en la CEE, la que ya ha publicado directivas sobre el nivel de ruido para trituradores de hormigón y martillos perforadores de mano, grupos electrógenos de soldadura y de potencia, motocompresores y grúas torre.

Las presiones ejercidas de esta forma sobre los fabricantes, han llevado sin lugar a dudas, a la producción de equipos de construcción cada vez más silenciosos, al ejercer un control directo sobre la venta y la producción. Los resultados obtenidos con este procedimiento en Alemania, justifican el empleo de este tipo de medidas, como las más eficaces desde el punto de vista del control de los ruidos de la construcción (SANZ SA, 1987).

5.3.5. OTRAS FORMAS DE RUIDO.

En este conjunto, se encuentra en primer lugar el ruido de vecindad o comunitario, que es producido por una persona o grupo de personas en un inmueble habitacional o en proximidad a este, que como consecuencia de su comportamiento producen molestias a los vecinos. Para el control de este tipo de ruidos, se deben distinguir los ruidos producidos por el uso normal de aparatos electrodomésticos en las viviendas, de los producidos por el propio comportamiento de los individuos, como el escuchar la radio o la TV a un nivel sonoro elevado a determinadas horas de la noche.

Las medidas a adoptar, para el control de los ruidos de vecindad, serán distintas según se trate de una u otra situación. Así, para el caso del uso de los electrodomésticos en las viviendas, el ruido puede ser controlado de forma similar al de la maquinaria de construcción, restringiendo su uso con normas específicas de emisión y a determinadas horas (DELGADILLO, 1998).

En este sentido, es muy interesante la experiencia alemana de reglamentación del ruido de las cortadoras de césped, con lo que se limita la fabricación y venta de estos aparatos en función del ruido que emiten; por otra parte, su utilización está prohibida entre las 22 y las 7 horas, permitiéndose el uso únicamente de las muy silenciosas, entre las 19 y 22 horas, y durante el fin de semana. La adopción de este sistema para el control del ruido de vecindad, tiene la ventaja de fomentar la producción de aparatos domésticos más silenciosos y estimular su demanda, restringiendo la venta de otros tipos. Por su parte, el sistema de etiquetaje facilita mucho la aplicación de los reglamentos (SANZ SA, 1987).

Más difícil de controlar, es el ruido generado por la conducta individual en la vecindad, debido a que en la mayoría de los casos, el origen del problema es un comportamiento antisocial difícil de caracterizar en términos de niveles sonoros de emisión o de recepción.

No obstante, en la práctica común se suelen imponer eventualmente ciertas restricciones durante la noche, con el fin de proteger las horas de sueño de las personas más sensibles al ruido. Así por ejemplo, en México existe una norma oficial que marca los límites máximos permisibles de ruido, en 68 dB (A) durante el día y 65 dB (A) por la noche (NOM-081-ECOL-1994).

La adopción de normas de construcción de viviendas, en materia de aislamiento acústico tanto del medio exterior como entre viviendas, es una medida que puede contribuir a controlar en gran medida este tipo de problemas, aunque su eficacia se vea mermada en los países de clima cálido, cuando las ventanas permanecen abiertas con el fin de mejorar la ventilación.

La experiencia demuestra que en este campo de la lucha contra el ruido, se presentan problemas excepcionales, que en algunas circunstancias se podrán controlar, mientras que en otras, por razón de su carácter intermitente y su relación estrecha con el comportamiento humano, se tornan un problema muy delicado desde el punto de vista de su reglamentación, lo que exige el apoyo y la participación del público en el conjunto de acciones a adoptar, en particular cuando se trata de utilizar el mecanismo de denuncia ante la autoridad competente. La eficacia de dicho mecanismo, se basa en las campañas de publicidad, con el fin de facilitar al público su uso y hacer saber a éste, que las autoridades competentes se preocupan por los problemas del ruido (SANZ SA, 1987).

No obstante, parece que la forma más eficaz de solucionar este problema a largo plazo, es la educación en el respeto a los demás y la información mediante campañas de publicidad, tendientes a modificar la actitud del público en general respecto al ruido.

5.4. ACCIONES PREVENTIVAS

5.4.1. PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO.

Las molestias causadas por el ruido, suelen ser el resultado del mal uso del suelo para actividades incompatibles, bien de carácter permanente como el caso de un aeropuerto ubicado en la proximidad de una zona poblada, o una carretera que atraviesa una zona urbana, o bien de carácter imprevisible como el ruido de un helicóptero que sobrevuela una ciudad, o una motocicleta todo-terreno que irrumpe en el campo. Debido a esto y con el fin de evitar que el ruido se extienda a aquellas zonas en donde el problema está ausente, la planificación en el uso del suelo parece ser el instrumento más eficaz.

En los Países Bajos se utiliza la simbología de las "zonas de silencio", las cuales constituyen áreas de varios kilómetros cuadrados, en los que los ruidos naturales no son alterados por los ruidos de las actividades humanas. La declaración de estas zonas de silencio, se compagina con la delimitación de las "zonas de ruido", en las que no se debe de rebasar un nivel específico. En varios países, las políticas de protección de las zonas naturales, incluyen la prohibición de la utilización de vehículos de motor en las zonas más sensibles (ALAMAR, 1993; GARCÍA, 1994).

a) LA PLANIFICACIÓN URBANA.

La planificación urbana, como instrumento para el óptimo aprovechamiento del suelo como recurso limitado, es asimismo un instrumento muy eficaz para prevenir el ruido urbano, al permitir al planificador coordinar las condiciones y formas de desarrollo de los diversos elementos que componen el medio urbano, tales como localización de edificios, densidad de población y actividades, ubicación de redes de transporte y de polígonos industriales, etc.

La técnica de planificación utilizada comúnmente, es la zonificación y el aislamiento geográfico de las actividades ruidosas con respecto a las zonas habitadas.

No obstante, a pesar de las ventajas de esta técnica desde el punto de vista de la reducción de los niveles sonoros, plantea algunos problemas que es preciso tener en cuenta. Ejemplo de ello, es la separación de las zonas de actividad comercial de las viviendas, lo cual tiene efectos negativos sobre la proximidad de los servicios al cliente y puede dar lugar a un aumento de la movilidad de la población, con el consiguiente incremento del ruido producido por el tráfico rodado.

Asimismo, esta técnica tiende a anular la complejidad de las múltiples relaciones que se manifiestan en la ciudad, al crear zonas mono funcionales, que se traducen en una forma de vida demasiado descompuesta, en contraposición a la complejidad y riqueza social de los centros de las ciudades. No obstante, en las grandes ciudades, se observa el despoblamiento progresivo de los centros, debido en parte al excesivo ruido que impera, lo cual se traduce en la tendencia de ir a vivir a zonas más tranquilas y en viviendas individuales a una distancia cada vez mayor del centro de la ciudad. Este hecho, produce una mayor movilidad, lo que a su vez genera un incremento tanto del ruido producido por la circulación, como del consumo energético (DELGADILLO, 1998; SANZ SA, 1987).

b) LA ARQUITECTURA URBANA.

La concepción de los edificios, ya sea en conjunto o de forma individual, puede mejorar considerablemente el nivel sonoro de una gran parte de las viviendas, cuando se tiene en cuenta el nivel de ruido exterior a que estarán expuestos. Hoy día se aplican soluciones tales como edificios que actúan como barrera al ruido para otros, dedicando los más expuestos a actividades menos sensibles a este, así como la ubicación de patios interiores o la distribución interior de las viviendas, con los dormitorios en las zonas menos expuestas, siendo éstas y algunas otras, soluciones que deben tenerse en cuenta en la concepción arquitectónica urbana. Asimismo, la concepción arquitectónica de barreras acústicas, que pueden conformar las barreras de seguridad colocadas a lo largo de las vías de circulación existentes o en proyecto, integradas estéticamente en el conjunto, mejorarían no sólo el nivel acústico de los edificios, sino que pueden contribuir a mejorar la seguridad y la calidad paisajística de la vía.

La adopción de medidas de insonorización en los edificios, es la medida más eficaz y menos costosa para reducir tanto la exposición a los ruidos exteriores como interiores. La instalación de dobles ventanas, por ejemplo, permite mejorar el aislamiento acústico hasta un valor de 45 dB (A), es decir, proporciona eficacia suplementaria de 25 dB (A) a diferencia de una ventana sencilla. Este sistema, tiene el inconveniente de que, únicamente resuelve el problema parcialmente, ya que para que sea eficaz, es necesario que las ventanas estén cerradas, además, no protege del ruido de los espacios exteriores a nivel del suelo (SANZ SA, 1987).

5.4.2. LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.

Los estudios de impacto ambiental se han revelado a partir de los años 70 como un instrumento muy eficaz para la prevención de los problemas ambientales, siendo en muchos casos el ruido, un elemento muy importante dentro de los procesos de evaluación.

El interés de este tipo de estudios radica en un carácter prospectivo integrador, considerando los problemas ambientales en su conjunto, y no de forma aislada como tradicionalmente se ha hecho, estudiando de forma profunda la situación, tratando de comprenderla lo mejor posible con el fin de evitar dificultades posteriormente. Por todo ello, este tipo de estudios se considera hoy día fundamental a la hora de tomar decisiones sobre la planificación del uso del suelo, ubicación de actividades, etc (SANZ SA, 1987).

5.4.3. MEDIDAS INCITATIVAS

Como complemento a los sistemas tradicionales de lucha contra el ruido, reglamentaciones e instrumentos económicos (tasas, subvenciones, tarifas, multas, etc.), surgen las medidas incitativas. Este tipo de medidas no crea obligaciones a diferencia de los reglamentos, ni ofrece ventajas económicas a diferencia de los instrumentos económicos, sino que son medidas que tienden a sensibilizar a los cuidados ante el ruido, estimulando comportamientos no residuosos, el uso de productos silenciosos y la toma en consideración del ruido en el diseño y la planificación de equipo, vehículos, infraestructuras, edificios, etc (DELGADILLO, 1998).

a) LA SENSIBILIZACIÓN DEL PÚBLICO

La sensibilización del público al problema del ruido, se puede hacer mediante campañas clásicas de publicidad en televisión, radio y prensa; ahora bien, el que una campaña de este tipo sea eficaz puede resultar muy costoso. Por tal motivo, se han ensayado otros sistemas, tales como asociaciones de lucha contra el ruido, que realizan periódicamente campañas de relaciones públicas, dirigidas a modificar la actitud de los individuos como agentes productores del mismo. No obstante, si se quiere modificar a largo plazo la actitud de la población, el medio más eficaz es la educación, tanto en las escuelas, mediante el estudio de las características del problema del ruido en los programas de enseñanza básica, como entre los industriales y público en general, con en el diseño y uso de equipos, instalaciones e infraestructuras.

En el aspecto de la educación, hay que poner el empeño no solo en la toma de conciencia del problema del ruido, sino también en inculcar un conocimiento básico de los principios fundamentales de la acústica y de la lucha contra el ruido, así como de los daños e inconvenientes de este, incitando así a la población a limitar y suprimir los inútiles comportamientos excesivamente ruidosos (SANZ SA, 1987).

b) ESTIMULACIÓN DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS POCO RUIDOSOS

El etiquetaje acústico, utilizado por algunos fabricantes como forma de promoción de sus productos, se viene utilizando desde hace algunos años en distintos países, con lo cual los suministradores de productos industriales tienden a indicar las características de emisión sonora de sus productos a los compradores potenciales. Por otra parte, varias organizaciones nacionales de consumidores, suelen publicar datos comparativos sobre los niveles sonoros de diversos productos de consumo frecuente.

Se ha observado que el nivel de ruido influye sobre la demanda de los productos por parte de los consumidores, lo que puede considerarse como un estímulo para la fabricación de productos silenciosos. No obstante, dado el grado de sensibilización del público en general, actualmente se observa que las únicas máquinas para las cuales el nivel de ruido tiene una incidencia sobre las ventas, son aquellas cuyo ruido afecta directamente al usuario de forma significativa, tales como los electrodomésticos, podadoras de césped, vehículos automóviles, etc (DELGADILLO, 1998).

c) EQUIPAMIENTO DE SISTEMAS POCO COSTOSOS DE REDUCCIÓN DEL RUIDO

Existen una serie de casos particulares en los que, con una adecuada motivación de los fabricantes, se podrían reducir en forma significativa los niveles sonoros de sus equipos con un costo no excesivo, tal es el caso de los vehículos automóviles a los que se podría equipar con tubos de escape de mejor calidad que aumentarían su vida útil, con lo que el extracoste de esta medida se podría compensar por la menor frecuencia de su cambio (DELGADILLO, 1998).

La instalación de silenciadores en los sistemas de frenado de los vehículos pesados, que emiten niveles sonoros superiores a los 100 dB (A), podría reducir estos niveles en 20 dB (A) con una pequeña inversión.

El diseño de tubos de escape eficaces, en maquinas pequeñas que utilizan pequeños motores monocilíndricos a gasolina (cortadores de césped, compresores, etc.), es otro ejemplo de la sensible reducción de niveles sonoros con una pequeña inversión (SANZ SA, 1987).

Con carácter general, se puede concluir que este tipo de medidas incitativas, pueden ser muy eficaces en los casos siguientes:

- Cuando la acción que promueve el ruido, es inútil, como es el caso del uso inútil y desconsiderado de máquinas o vehículos por parte de los particulares:
 1. Conducir inadecuadamente un automóvil.
 2. Modificar los tubos de escape.
 3. Escuchar música a volumen muy alto.
- Cuando en la creación o fabricación de una máquina, se puede equipar de dispositivos de insonorización, ya sea con un costo mínimo o que éste se compense con la mayor demanda (equipos silenciosos).
- Cuando el planificador de una zona urbana tiene la posibilidad de decidir la implantación o la construcción de edificios, calles, carreteras y otros elementos, de manera que el problema del ruido se pueda tener en cuenta.
- Cuando el explotador de una instalación industrial, puede prever las molestias causadas por el ruido y dispone de conocimientos suficientes para usar técnicas simples de reducción de ruido.
- Cuando el constructor y los trabajadores de una obra son suficientemente conscientes de las molestias acústicas, para tratar de hacer las obras con técnicas simples de reducción del ruido (SANZ SA, 1987).

6. ANEXOS

6.1. MARCO LEGAL

Este anexo es una recopilación actualizada de las normas, reglamentos y disposiciones legales en torno al ruido disponibles en la Internet, que tiene como intención dar a conocer los derechos y obligaciones de individuos emisores y receptores, con el fin de evitar infringirlos y fomentar su cumplimiento en nuestra comunidad.

La técnica para la medición del ruido y sus características, está normalizada nacional e internacionalmente, a través de organismos normativos que estipulan las normas acústicas. Ejemplo de ello son el American National Standard Institute (ANSI), cuyas normas incluyen aquellas para mediciones acústicas (nivel sonoro, potencia, intensidad, protectores auditivos, etc) y el American Society for Testing of Materials (ASTM), generador de normas para medir las características acústicas de los materiales, siendo ambos organismos normativos nacionales de Estados Unidos. Así mismo, la Canadian Standard Association (CSA), cumple la función combinada de impulsar normas tanto de medición, como de materiales en Canadá, mientras que la BS en Gran Bretaña y la NF en Francia, trabajan por separado en el marco de la CEE.

En el ámbito internacional, la International Standard Organization (ISO), produce normas resultantes de las experiencias comunes y conocimientos de los organismos nacionales asociados. Por su parte la International Electrical Commission (IEC) es también otra organización internacional que prepara las especificaciones en lo que a instrumentos acústicos se refiere (tolerancia, funcionamiento, calibración, etc) (DELGADILLO, 1998).

En México, existen actualmente instrumentos jurídicos apenas suficientes para obtener una protección efectiva y adecuada del medio ambiente y de los elementos naturales, ya que todavía existe un importante déficit de recursos humanos y financieros para el estudio y diseño de nuevos esquemas jurídicos que se ajusten más a las necesidades y realidades del país en materia ecológica y ambiental, teniendo en cuenta que los primeros esfuerzos gubernamentales para la protección al ambiente datan de hace poco menos de treinta años.

Apenas el decenio pasado, empezó a cobrar importancia el desarrollo de un sistema normativo para controlar la contaminación. Este esfuerzo significó un avance muy importante, tanto en el aspecto de crear condiciones específicas de emisión de contaminantes hacia los diferentes medios, como en términos de dotar a la autoridad ambiental de un mecanismo de regulación simultánea para un gran número de agentes productivos.

Surgieron inicialmente las Normas Técnicas Ecológicas (NTE) a raíz de la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, muchas de las cuales se han convertido en Normas Oficiales Mexicanas (NOM), elaboradas desde 1992 bajo los lineamientos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (Internet, INE, 2001).

En la Ley Federal sobre Metrología y Normalización se define a la Norma Oficial Mexicana como una regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias de la administración pública federal.

Para la elaboración de las NOMs en materia de protección ambiental, la SEMARNAP ha constituido el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental integrado por dependencias del sector público, sector industrial y sector académico. El diseño de la política ecológica general y la aplicación de sus diversos instrumentos de regulación y gestión ambiental, esta a cargo del Instituto Nacional de Ecología, un órgano desconcentrado de la SEMARNAP.

Para el desempeño de las tareas de normalización, el Comité Consultivo cuenta a su vez, con ocho Subcomités encargados de discutir los anteproyectos de normas, elaborados por el INE, autoridad normativa y regulatoria en materia ambiental.

De los subcomités que integran el Comité Consultivo, el subcomité VII de Ruido y Energía contaminante, es el responsable de establecer los límites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las bocinas y cláxones de los vehículos automotores. Dicho subcomité tiene como objetivo regular el ruido emitido por los cláxones de los automotores, con el fin de proteger el ambiente, con fundamento en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; artículos 5, fracciones V y XV, 36 y 155, así como en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, artículo 38 fracción II, 40 fracción X, 46 y 47.

Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, además de permitir a la autoridad establecer límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a diferentes medios y condiciones para su verificación, desempeñan un papel fundamental en la generación de una atmósfera de certidumbre jurídica y una función no menos importante de promover el cambio tecnológico (Internet, INE, 2001).

Entre los primeros ordenamientos jurídicos de protección al ambiente, relacionados con las emisiones de ruido, se encuentran los siguientes:

- **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de enero de 1988; reformada mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 13 de diciembre de 1996.

Entre otros, tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; la preservación y protección de la biodiversidad, el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas, el aprovechamiento sustentable, la preservación y la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad sean compatibles con la preservación de los ecosistemas (desarrollo sustentable).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en su Título Cuarto de Protección al Ambiente, Capítulo VII del Ruido Vibraciones, Energía Térmica y Lumínica, Olores y Contaminación Visual, declara:

"ARTICULO 155.- Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes.

En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.

ARTICULO 156.- Las normas oficiales mexicanas en materias objeto del presente Capítulo, establecerán los procedimientos a fin de prevenir y controlar la contaminación por ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores, y fijarán los límites de emisión respectivos.

La Secretaría de Salud realizará los análisis, estudios, investigaciones y vigilancia necesarias con el objeto de localizar el origen o procedencia, naturaleza, grado, magnitud y frecuencia de las emisiones para determinar cuándo se producen daños a la salud. La Secretaría, en coordinación con organismos públicos o privados, nacionales o internacionales, integrará la información relacionada con este tipo de contaminación, así como de métodos y tecnología de control y tratamiento de la misma."

- **Ley Orgánica de la Administración Pública Federal**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 29 de diciembre de 1976; reformada por última vez en relación directa con la materia ambiental mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de diciembre de 1994, a través del cual se creó la SEMARNAP.

Tiene por objeto establecer las bases de organización de la Administración Pública Federal centralizada y paraestatal. Cabe aclarar que, en lo particular, el Artículo 32 Bis establece que corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca el despacho de los siguientes asuntos, entre otros: administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que correspondan a la federación, con excepción del petróleo y todos los carburos de hidrógeno líquidos, sólidos y gaseosos, así como minerales radioactivos; establecer, con la participación que corresponda a otras dependencias y a las autoridades estatales y municipales, normas oficiales mexicanas sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente, sobre los ecosistemas naturales, sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de la flora y fauna silvestre terrestre y acuática, sobre descargas de aguas residuales, y sobre el manejo de materiales peligrosos y residuos sólidos y peligrosos; así como proponer al Ejecutivo Federal el establecimiento de áreas naturales protegidas, y promover para su administración y vigilancia, la participación de autoridades federales o locales y de universidades, centros de investigación y particulares.

- **Ley Federal sobre Metrología y Normalización**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 1º de julio de 1992, reformada mediante decretos publicados en el Diario Oficial de la Federación los días 24 de diciembre de 1996 y 20 de mayo de 1997, respectivamente.

Tiene por objeto en materia de normalización, certificación, acreditamiento y verificación, fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas; establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal, y coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de la administración pública federal, entre otros.

Es conveniente especificar que de conformidad con lo dispuesto en los artículos 38, fracción II, y 40, fracción X, a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca le corresponde expedir normas oficiales mexicanas para regular las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales.

Las siguientes, son la NOMs vigentes en materia de Ruido:

Clave	Regulación	Fecha de Publicación
NOM-079-ECOL-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.	12-ene/1995
NOM-080-ECOL-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	13-ene/1995
NOM-081-ECOL-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. (Aclaración: 3-mar/1995)	13-ene/1995
NOM-082-ECOL-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta, y su método de medición. (Aclaración: 3-mar/1995)	16-ene/1995

**Norma Oficial Mexicana
NOM-079-ECOL-1994**

**Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.
(Publicada en el D.O.F. de fecha 12 de enero de 1995)**

GABRIEL QUADRI DE LA TORRE, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, con fundamento en los artículos 32 fracciones XXIV y XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones I y VIII, 8o. fracciones I y VII, 36, 37, 155, 156, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 46, 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Primero y Segundo del Acuerdo mediante el cual se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de vivienda y ecología, respectivamente, y

Ingeniería Acústica Spectrum, S.A. De C.V.

1. OBJETO

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición.

2. CAMPO DE APLICACION

La presente norma oficial mexicana es de observancia obligatoria para los fabricantes e importadores de vehículos automotores nuevos en planta conforme a su peso bruto vehicular.

3. REFERENCIAS

NMX-AA-40 Clasificación de ruidos.

NMX-AA-59 Sonómetros de precisión.

NMX-I-101/4 Terminología empleada en electroacústica.

NMX-AA-37 Determinación del nivel sonoro emitido por vehículos automotores.

4. DEFINICIONES

4.1 Anemómetro

Es el aparato para medir la velocidad de circulación de un gas.

4.2 Calibrador acústico

Es el aparato el cual genera por una cavidad mediante un pequeño altavoz un nivel de presión acústica estable y conocido que es producido por un oscilador eléctrico.

4.3 Gobernador

Es el mecanismo que controla la inyección del combustible en motores diesel para evitar el incremento de revoluciones por minuto (r.p.m.) por encima del máximo especificado.

4.4 Lugar de la medición

Es la instalación o local establecido por la autoridad competente o autorizado por ésta, en el que se llevará a cabo la medición del nivel sonoro proveniente de los vehículos automotores nuevos en planta.

4.5 Micrófono

Es un instrumento mecano electrónico que transduce las señales acústicas aéreas en señales eléctricas.

4.6 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).

4.7 Nivel sonoro

Es el nivel de presión acústica ponderado por una red normalizada, o sea, el nivel de presión acústica ponderado por una curva. Se mide en decibelios (dB).

4.8 Nivel sonoro de fondo

Es el nivel de presión acústica ponderado por una curva, producido por todas las causas excepto del vehículo automotor que pretenda medirse y que está presente en torno a dicho vehículo automotor durante el período de observación.

4.9 Peso bruto vehicular

El peso real del vehículo expresado en Kilogramos (Kg), sumado al de su máxima capacidad de carga conforme a las especificaciones del fabricante y al de su tanque de combustible lleno.

4.10 Pistófono

Es el instrumento en el cual un pistón rígido puede estar animado de un movimiento alternativo de frecuencia y de amplitud conocidas, y que permite obtener una presión acústica conocida en una cámara de pequeñas dimensiones.

4.11 Ruido

Todo sonido indeseable que moleste o perjudique a las personas.

4.12 Sonómetro

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

4.13 Tacómetro

Es el instrumento para medir la velocidad de rotación de un motor, medida en revoluciones por minuto (r.p.m.).

4.14 Temperatura normal de operación

Es la que alcanza el vehículo automotor después de operar en un período de 10 minutos.

4.15 Vehículo automotor

El vehículo de transporte terrestre de carga o de pasajeros que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

4.16 Velocímetro

Es el instrumento que mide e indica la velocidad por tiempo de desplazamiento de un vehículo expresado en unidades de distancia recorrida por tiempo.

5. ESPECIFICACIONES

5.1 La emisión de ruido que producen los vehículos automotores se obtiene midiendo el nivel sonoro en ponderación "A", expresado en dB (A).

5.2 El equipo de medición consta de:

5.2.1 Un sonómetro que cumpla con la norma mexicana vigente a que se refiere el punto 3, el cual deberá poseer un certificado oficial de calibración.

5.2.2 Un calibrador acústico o pistófono específico al sonómetro seleccionado.

5.2.3 Un cable de extensión del micrófono del sonómetro con longitud mínima de 3 m.

5.2.4 Un protector de micrófono contra viento.

5.2.5 Un tripie para el micrófono o equipo receptor.

5.2.6 Un tacómetro de pulsación con precisión de ± 50 r.p.m.

5.2.7 Un anemómetro que mida velocidades en un ámbito de 5 a 50 Km/h.

5.3 Preparación del vehículo.

5.3.1 Los neumáticos deben inflarse a la presión indicada por el fabricante del vehículo.

5.3.2 El vehículo debe encontrarse a la temperatura normal de operación.

5.3.3 El vehículo debe encontrarse sin carga y con dos ocupantes como máximo.

5.3.4 Aquellos vehículos que incorporen doble tracción, se deben probar únicamente con tracción sencilla.

5.3.5 Para vehículos de hasta 3,000 Kg de peso bruto vehicular, el engranaje de la transmisión a utilizar, se determina de la siguiente manera:

5.3.5.1 Se debe usar el engranaje de la transmisión más alto tal que, cuando el frente del vehículo alcance el punto final (a 7.5 m después del punto de proyección del micrófono) el motor no exceda su velocidad de potencia máxima o velocidad máxima gobernada, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

5.3.5.2 En caso de alcanzar las revoluciones por minuto (r.p.m.) de potencia máxima antes del punto final, debe seleccionarse el engranaje de la transmisión más bajo inmediato al anterior. Para los vehículos con transmisión automática se podrá ajustar el mecanismo de cambio, para evitar que se rebasen las r.p.m. de potencia máxima.

5.3.6 Para vehículos de más de 3,000 Kg de peso bruto vehicular y con el propósito de alcanzar la velocidad de máxima potencia o máxima gobernada dentro de la zona crítica con la relación más alta de transmisión y eje, el engranaje de la transmisión a utilizar se determina de la siguiente manera:

5.3.6.1 Se aproxima el vehículo al punto de aceleración, estabilizado a 2/3 partes de la velocidad de máxima potencia o máxima gobernada, en dicho punto se acelera al máximo debiendo alcanzar la velocidad de máxima potencia o máxima gobernada dentro de la zona crítica, sin excederse de 56 Km/h antes de llegar al punto final.

5.3.6.2 En caso de alcanzar la velocidad de máxima potencia o máxima gobernada del motor antes de llegar a la zona crítica se disminuyen las r.p.m. de aproximación en decrementos de 100, hasta obtener dentro de la zona crítica las r.p.m. de máxima potencia o máxima gobernada.

5.3.6.3 En caso de no alcanzar la velocidad de máxima potencia o máxima gobernada del motor dentro de la zona crítica, se aumentan las r.p.m. de aproximación en incrementos de 100, hasta obtener dentro de la zona crítica las r.p.m. de máxima potencia o máxima gobernada.

5.3.6.4 Si las r.p.m. de máxima potencia o máxima gobernada no se obtienen dentro de la zona crítica, se selecciona la relación de engranes de la transmisión inmediata que tenga una relación más alta. Para los vehículos con transmisión automática se podrá ajustar el mecanismo de cambio, para evitar que se rebasen las r.p.m. de potencia máxima.

5.4 Preparación del lugar de la medición

5.4.1 El lugar de la medición debe ser un espacio abierto con dimensiones mínimas de 60 m, plano, nivelado y libre de superficies reflejantes. Tendrá una superficie de rodamiento asfaltada con un mínimo de 6 m de ancho por 100 m de largo. El terreno circundante a la pista debe estar libre de cualquier clase de objetos que absorban o reflejen el sonido.

5.4.2 Únicamente el tomador de la lectura del sonómetro, el operador del registrador magnético y un observador, en el caso de que se emplee un equipo directo de medición, pueden estar en el lugar de la medición; los cuales deben colocarse en línea recta perpendicular a la trayectoria del vehículo sobre el punto de proyección del micrófono. En el caso de existir otros, estos observadores se deben encontrar a una distancia mínima de 45 m de la trayectoria del vehículo.

5.5 Procedimiento para vehículos automotores con peso bruto vehicular de hasta 3,000 kg.

5.5.1 Se aproxima el vehículo al punto de aceleración a una velocidad de 50 Km/h de acuerdo a la relación de engranes seleccionada en el punto 5.3.5 de esta norma, se acelera al máximo cuando el frente de éste se encuentre sobre el punto de aceleración (7.5 m del punto de proyección del micrófono); hasta que el vehículo se encuentre a una distancia mayor de 38 m del punto de proyección del micrófono, cuidando de no exceder las r.p.m. máximas del motor recomendadas por el fabricante.

5.5.2 Se debe evitar que patinen las ruedas del vehículo.

5.6 Procedimiento para vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,000 Kg.

5.6.1 En estos vehículos se efectúan pruebas de aceleración y desaceleración.

5.6.2 Para la prueba de aceleración se aproxima el vehículo al punto de aceleración empleando la velocidad del motor y la relación de engranes que se seleccionó en el punto 5.3.6, se acelera a fondo cuando el frente del vehículo se encuentre sobre el punto de aceleración, continuándose hasta alcanzar la velocidad de máxima potencia o máxima gobernada del motor. Se considera el frente del vehículo como punto de referencia, excepto en los siguientes casos:

5.6.2.1 Cuando la distancia horizontal desde el frente del vehículo a la salida del tubo de escape sea mayor a 5.08 m, las pruebas se hacen usando el frente y la parte posterior del vehículo como puntos de referencia.

5.6.2.2 Cuando el motor se encuentre en la parte posterior del vehículo, el punto de referencia es la parte posterior del mismo.

5.6.3 Se debe evitar que patinen las ruedas del vehículo

5.6.4 Para la prueba de desaceleración, se aproxima el vehículo, al punto de proyección del micrófono a la velocidad de máxima potencia o máxima gobernada del motor y en el engranaje seleccionado para la prueba de aceleración. Cuando el frente del vehículo se encuentre en el punto de proyección del micrófono se deja de accionar el acelerador, permitiendo al vehículo alcanzar la mitad de su velocidad de máxima potencia o máxima gobernada. Si el vehículo está equipado con freno de motor, esta prueba se debe hacer con el freno del motor aplicado, inmediatamente después de liberar el acelerador.

5.7 Mediciones.

5.7.1 El medidor de nivel de presión sonora se debe ajustar para respuesta rápida y en la ponderación "A".

5.7.2 La calibración externa del equipo en campo para diferentes altitudes se efectúa de acuerdo a las instrucciones del fabricante del mismo. El equipo deberá ser verificado anualmente por un laboratorio autorizado, el que expedirá un certificado.

5.7.3 El nivel sonoro de fondo (incluyendo los efectos del viento) que provengan de fuentes diferentes al vehículo a medir, debe estar cuando menos 10 dB(A) abajo del nivel sonoro del vehículo de prueba.

5.7.4 Las mediciones se deben efectuar únicamente cuando la velocidad del viento sea menor de 19 Km/h.

5.7.5 Se deben efectuar cuando menos 4 mediciones de cada lado del vehículo, o del lado donde se obtenga la mayor lectura si esto es obvio con base en las corridas iniciales.

5.8 Los límites máximos permisibles de emisión de ruido expresados en dB (A) que generen los vehículos automotores, son los establecidos en la Tabla 1.

TABLA 1

PESO BRUTO VEHICULAR Kg	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES dB(A)
Hasta 3,000	79
Más de 3,000 y hasta 10,000	81
Más de 10,000	84

6. CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS.

6.1 La lectura a considerar es la más alta obtenida en la corrida de pruebas. En caso de existir picos debido al ruido ambiental debe repetirse la corrida.

6.2 El nivel sonoro de cada lado del vehículo debe ser el promedio de las dos lecturas más altas que no difieran en más de 2 dB(A).

6.3 El valor a informar debe ser del lado más ruidoso, indicándose cual fue.

7. VIGILANCIA

7.1 La Secretaría de Desarrollo Social por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, es la dependencia competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

8. SANCIONES

8.1 El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana, será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9. BIBLIOGRAFIA

9.1 Code of Federal Regulations N° 40, EPA- Protection of Environment, parts 190 to 399, July 1st., 1987. (Código de Reglamentaciones Federales 40, Agencia de Protección Ambiental. Protección del Medio Ambiente. Partes de la 190 a la 399. 1o. de julio de 1987).

9.2 Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido. (D.O.F. 6 de diciembre de 1982)

10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

10.1 Esta norma oficial mexicana coincide parcialmente con la norma ISO-362. Acoustics-Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles-Engineering method. (Acústica-Medición del ruido emitido por vehículos en circulación-Método de Ingeniería).

11. VIGENCIA

11.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**Norma Oficial Mexicana
NOM-080-ECOL-1994**

**Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.
(Publicada en el D.O.F. de fecha 13 de enero de 1995)**

GABRIEL QUADRI DE LA TORRE, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, con fundamento en los artículos 32 fracciones XXIV y XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones I y VIII, 8o. fracciones I y VII, 36, 37, 155, 156, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 46, 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Primero y Segundo del Acuerdo mediante el cual se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de vivienda y ecología, respectivamente, y

CONSIDERANDO

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

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-080-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1994 con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de la publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, los análisis a que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, publicó las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica, Volumen VI, número especial de Diciembre de 1994.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 10 de noviembre del año en curso, he tenido a bien expedir la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-080-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE RUIDO PROVENIENTE DEL ESCAPE DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES, MOTOCICLETAS Y TRICICLOS MOTORIZADOS EN CIRCULACION Y SU METODO DE MEDICION.

PREFACIO

En la elaboración de esta norma oficial mexicana participaron:

- Secretaria de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología
- Secretaria de Salud
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, A.C.
- Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C.
- Sociedad Mexicana de Acústica
- Integración para la Cultura Ecológica y Ambiental, S.C.
- Ingeniería Acústica Spectrum, S.A. De C.V.

1. OBJETO

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.

2. CAMPO DE APLICACION

La presente norma oficial mexicana se aplica a vehículos automotores de acuerdo a su peso bruto vehicular, y motocicletas y triciclos motorizados que circulan por las vías de comunicación terrestre, exceptuando los tractores para uso agrícola, trascabos, aplanadoras y maquinaria pesada para la construcción y los que transitan por riel.

3. REFERENCIAS

NMX-AA-40 Clasificación de ruidos.

NMX-AA-47 Sonómetros para usos generales.

NMX-I-101/4 Terminología empleada en electroacústica.

4. DEFINICIONES

4.1 Calibrador acústico

El aparato el cual genera por una cavidad a través de un pequeño altavoz un nivel de presión acústica estable y conocido que es producido por un oscilador eléctrico.

4.2 Gobernador

El mecanismo que controla la inyección del combustible en motores diesel para evitar el incremento de r.p.m. (revoluciones por minuto) por encima del máximo especificado.

4.3 Lugar de la medición

Es la instalación o local establecido por la autoridad competente o autorizado por ésta, en el que se llevará a cabo la medición del nivel sonoro proveniente de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación.

4.4 Marcha lenta en vacío

Son las condiciones de prueba de un vehículo encendido sin aceleración.

4.5 Micrófono

Es un instrumento mecano electrónico que transduce las señales acústicas aéreas en señales eléctricas.

4.6 Motocicleta

Es el vehículo automotor de dos ruedas que puede alcanzar una velocidad máxima de al menos de 24 Km/h sobre una superficie nivelada de pavimento.

4.7 Nivel de presión acústica

Es la relación entre la presión de un sonido cualquiera y una presión sonora 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).

4.8 Nivel sonoro

Es el nivel de presión acústica cuando se utiliza una red de ponderación o sea, el nivel de presión acústica ponderado por una curva. Se mide en dB, en ponderación A; es decir, dB (A).

4.9 Nivel sonoro de fondo

Es el nivel de presión acústica sopesado en ponderación "A", producido por todas las causas, excepto del vehículo automotor que pretenda medirse y que está presente en torno a dicho vehículo automotor durante el período de observación.

4.10 Peso bruto vehicular

El peso real del vehículo expresado en Kilogramos (Kg), sumado al de su máxima capacidad de carga conforme a las especificaciones del fabricante y al de su tanque de combustible lleno.

4.11 Pistófono

Es el instrumento en el cual un pistón rígido puede estar animado de un movimiento alternativo de frecuencia y de amplitud conocidas, y que permite obtener una presión acústica conocida en una cámara de pequeñas dimensiones.

4.12 Ruido

Todo sonido indeseable que moleste o perjudique a las personas.

4.13 Sonómetro

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

4.14 Tacómetro

Es el instrumento para medir la velocidad de rotación de un motor, medida en revoluciones por minuto (r.p.m.).

4.15 Temperatura normal de operación

Es la que alcanza el vehículo automotor después de operar en un período de 10 minutos.

4.16 Triciclo motorizado

El vehículo automotor de tres ruedas.

4.17 Vehículo automotor

El vehículo de transporte terrestre de carga o de pasajeros que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

4.18 Vehículo en circulación

El vehículo automotor que transita en la vía pública.

5. ESPECIFICACIONES

5.1 La emisión de ruido que producen los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados se obtiene midiendo el nivel sonoro.

5.2 El equipo para medir el nivel sonoro de los vehículos automotores y triciclos motorizados será:

5.2.1 Un sonómetro que cumpla con la norma vigente a que se refiere el punto 3 de esta norma, el cual deberá poseer un certificado oficial de calibración.

5.2.2 Un calibrador piezoeléctrico o pistófono específico al sonómetro seleccionado.

5.2.3 Un cable de extensión del micrófono del sonómetro con longitud mínima de 3 m.

5.2.4 Un protector de micrófono contra viento.

5.2.5 Un tripié para el micrófono o equipo receptor.

5.2.6 Un tacómetro de pulsación con precisión de ± 50 r.p.m.; (Para todo tipo de vehículo automotor se acepta el equipo incluido en el tablero de control).

5.2.6.1 Para el caso de motocicletas y triciclos motorizados el tacómetro de pulsación debe ser con precisión de ± 100 r.p.m.

5.3 El lugar de la medición a que se refieren los puntos 5.5.1, 5.6.1 y 5.7.1 de esta norma, deberá tener recubierta la superficie del piso con asfalto, cemento u otro material duro y no deberán existir superficies reflejantes dentro de los tres metros del contorno perimetral del vehículo a medir, ya sean estos otros vehículos, paredes o techo.

5.3.1 El lugar de la medición para vehículos automotores con peso bruto vehicular inferior a 3,000 kg deberá de estar libre de superficies reflejantes dentro del radio de tres metros de distancia de la salida final del escape de los gases. Los vehículos automotores de hasta 3,000 kg que tengan colocada lateralmente la salida final del escape de los gases deberán ser medidos conforme al lugar de medición especificado en el punto 5.3.

5.3.2 El lugar de medición para vehículos con peso bruto vehicular superior a 10,000 kg no deberá tener techo reflejante.

5.4 Preparación del vehículo.

5.4.1 El vehículo debe contar con el sistema de escape en buen estado de operación y libre de fugas.

5.4.2. El vehículo deberá encontrarse a la temperatura normal de operación.

5.5 Procedimiento para vehículos automotores que consumen gasolina, gas licuado de petróleo (Gas L.P.), gas natural u otros combustibles alternos.

5.5.1 Con el vehículo estacionado en el lugar de la medición y el motor funcionando en marcha lenta en vacío, colocar el micrófono a una distancia de 1 m de la salida final del

escape, formando un ángulo de 45° con el eje longitudinal del mismo y por la parte exterior del vehículo a una altura no inferior de 0.5 m del piso o conforme a la posición de la salida del escape con respecto al nivel de piso.

5.5.2 Un observador desde la posición del conductor acelerará el motor del vehículo sin brusquedad hasta obtener 2500 r.p.m. \pm 100 r.p.m. y el otro observador registrará el nivel sonoro de esa condición.

5.5.3 Repetir lo descrito en el punto 5.5.2 en dos ocasiones, registrando las lecturas en cada una de ellas (hasta un total de 3 registros).

5.5.4 En el caso de vehículos con dos o más salidas de escape, medir todas y cada una de ellas.

5.6 Procedimiento para vehículos automotores que consumen diesel como combustible.

5.6.1 Con el vehículo estacionado en el lugar de la medición y el motor funcionando en marcha lenta en vacío, colocar el micrófono a una distancia de 1 m del orificio de la salida final de escape, formando un ángulo de 45° con el eje longitudinal del mismo y la parte exterior del vehículo a una altura no inferior de 0.5 m del piso o conforme a la posición de la salida final del escape con respecto al nivel de piso.

5.6.1.1 En escapes verticales, la altura del micrófono debe ser igual a la altura resultante de colocarlo a 45° y a un metro por encima de la salida final del escape.

5.6.1.2 En escapes horizontales, la altura del micrófono debe ser de 0.5 m con respecto al piso.

5.6.2 Una vez colocado el sonómetro en la posición indicada. Acelerar el motor del vehículo sin brusquedad, hasta que actúe el gobernador del mismo y registrar en 3 ocasiones el nivel sonoro.

5.7 Procedimiento para motocicletas y triciclos motorizados.

5.7.1 Con el vehículo estacionado en el lugar de la medición y el motor funcionando en marcha lenta en vacío, colocar el micrófono a una distancia de 0.50 m de la salida final del escape, formando un ángulo de 45° con su eje longitudinal y a la altura del mismo respecto al nivel del piso.

5.7.2 Un observador desde la posición del conductor acelerará el motor del vehículo sin brusquedad hasta obtener una aceleración que corresponda a las $x/2$ si $x > 5000$ r.p.m. ó $3x/4$ si $x < 5000$ r.p.m. de la potencia máxima y el otro observador registrará el nivel sonoro de esa condición.

Donde X = Las revoluciones por minuto de máxima potencia especificadas por el fabricante.

5.7.3 Realizar la operación indicada en el punto 5.7.2 de esta norma, registrando las lecturas en cada una de ellas (hasta un total de 3 registros).

5.8 Mediciones.

5.8.1 Ajustar el sonómetro en integración rápida y en la ponderación "A".

5.8.2 Calibrar el sonómetro, según lo indicado por el fabricante del equipo.

5.8.3 El nivel sonoro de fondo, incluyendo los efectos de viento, que provenga de fuentes diferentes del vehículo que esté siendo medido, debe ser registrado inmediatamente antes y después de efectuar la medición del referido vehículo. Dicho registro se efectuará en tres ocasiones requiriéndose que el más alto sea de 10 dB (A) inferior al registrado durante la medición del vehículo.

5.8.4 Si lo especificado en el punto 5.8.3 de esta norma no se cumple, se debe posponer la medición del nivel sonoro del vehículo en tanto dichas condiciones no sean satisfechas.

5.9 Los límites máximos permisibles de emisión de ruido para los vehículos automotores son:

5.9.1 Los límites máximos permisibles de los automóviles, camionetas, camiones y tractocamiones son expresados en dB(A) de acuerdo a su peso bruto vehicular y son mostrados en la Tabla 1

TABLA 1

PESO BRUTO VEHICULAR (Kg)	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES dB(A)
Hasta 3,000	86
Más de 3,000 y hasta 10,000	92
Más de 10,000	99

5.9.2 Los límites máximos permisibles de motocicletas y triciclos motorizados son expresados en dB(A) de acuerdo a la capacidad de desplazamiento del motor medido en centímetros cúbicos y son mostrados en la Tabla 2.

TABLA 2

Desplazamiento del Motor en Centímetros Cúbicos	Límites Máximos Permisibles en dB(A)
Hasta 449	96
De 450 en adelante	99

6. CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS.

6.1 El nivel sonoro emitido por el vehículo será aquel que resulte del promedio aritmético del nivel mayor y del nivel menor de los tres registrados.

Nivel de ruido

$$\text{del escape del vehículo} = \frac{\text{Nivel mayor} + \text{Nivel menor}}{2}$$

6.2 En caso de vehículos con más de una salida de escape el valor a informar debe ser el que corresponda al resultado del tubo de escape con mayor nivel sonoro, indicándose cual fue.

7. VIGILANCIA

7.1 La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como los Gobiernos del Distrito Federal y de los Estados y en su caso de los Municipios, de acuerdo a su competencia se encargarán de vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

8. SANCIONES

8.1 El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9. BIBLIOGRAFÍA

9.1 Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido. (D.O.F. 6 de diciembre de 1982).

9.2 Estudio Técnico a la Norma Mexicana NMX-AA-48-1977. Secretaría de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología. Abril, 1992.

9.3 Informe Técnico SMA-AA-48/92. Pruebas de campo de emisión de ruido de vehículos. Método estático.

9.4 More Stringent Requirements Concerning Noise Emission From Motor Vehicles in the Nordic Countries, Nordic Council of Ministres, 1988. (Requerimientos más estrictos relativos a la emisión de ruido de vehículos automotores en los países nórdicos. Consejo de Ministros de los Países Nórdicos. 1988).

9.5 Informe técnico de resultados de pruebas de campo de emisión de ruido realizadas a motocicletas de nueva fabricación. Método estático, Instituto Nacional de Ecología. Agosto de 1994.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

10.1 Esta norma oficial mexicana coincide parcialmente con la norma ISO 5130. Acoustics-Measurement of noise emitted by stationary road vehicles-Survey method.

11. VIGENCIA

11.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal a los quince días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y cuatro.

**Norma Oficial Mexicana
NOM-081-ECOL-1994**

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

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

(Aclaración: 3 de marzo de 1995)

GABRIEL QUADRI DE LA TORRE, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, con fundamento en los artículos 32 fracciones XXIV y XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones I y VIII, 8o. fracciones I y VII, 36, 37, 155, 156, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 8o., 9o., 29, 31 y 32 del Reglamento para la Protección del Ambiente Contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 46, 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Primero y Segundo del Acuerdo mediante el cual se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de vivienda y ecología, respectivamente, y

CONSIDERANDO

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

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-081-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de junio de 1994 con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de la publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, los análisis a que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, publicó las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica, Volumen VI, número especial de Diciembre de 1994.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 10 de noviembre del año en curso, he tenido a bien expedir la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-081-ECOL-1994, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE RUIDO DE LAS FUENTES FIJAS Y SU METODO DE MEDICION.

PREFACIO

En la elaboración de esta norma oficial mexicana participaron:

- Secretaria de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología
- Secretaria de Salud
- Secretaria de Turismo
- Cámara Nacional De La Industria de la Transformación
- Petróleos Mexicanos. Gerencia de Protección Ambiental
- Sociedad Mexicana de Acústica
- Integración Para La Cultura Ecológica Y Ambiental, S.C.
- Ingeniería Acústica Spectrum, S.A. De C.V.

1. OBJETO

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de las fuentes fijas y el método de medición por el cual se determina su nivel emitido hacia el ambiente.

2. CAMPO DE APLICACION

Esta norma oficial mexicana se aplica en la pequeña, mediana y gran industria, comercios establecidos, servicios públicos o privados y actividades en la vía pública.

3. REFERENCIAS

NMX-AA-40 Clasificación de ruidos.

NMX-AA-43 Determinación del nivel sonoro emitido por fuentes fijas.

NMX-AA-59 Sonómetros de precisión.

NMX-AA-62 Determinación de los niveles de ruido ambiental.

CUCBA

4. DEFINICIONES

4.1 Calibrador piezoeléctrico

Es un transductor que contiene un cristal piezoeléctrico de características estables capaz de transformar una señal eléctrica en una acústica uniforme en intensidad y frecuencia.

4.2 Desviación estándar

Es la raíz cuadrada de la varianza de una función estadística.

4.3 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.

4.3.1 La fuente fija se considera como un elemento o un conjunto de elementos capaces de producir ruido que es emitido hacia el exterior al través de las colindancias del predio por el aire y por el suelo.

4.3.2 La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o moral.

4.4 Media estadística

Es el promedio aritmético de los valores de todos los niveles sonoros presentes durante el período de observación.

4.5 Medición continua

Es la medición de un ruido fluctuante que se realiza sin interrupción durante todo el período de observación. Debe registrarse necesariamente en forma gráfica para su evaluación.

4.6 Medición semicontinua

Es la medición de un ruido fluctuante que se realiza mediante la obtención aleatoria de muestras durante el período de observación.

4.7 Muestra estadística

Es cualquier elemento del conjunto de valores aleatorios del nivel de ruido obtenido al azar en forma exclusiva, exhaustiva e igual.

4.8 Micrófono

Es un instrumento mecano electrónico que transduce las señales acústicas aéreas en señales eléctricas.

4.9 Nivel de emisión de fuente fija

Es el resultado de un proceso estadístico que determina el nivel de ruido emitido por la fuente fija a su entorno.

4.10 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).

4.11 Nivel de ruido

Es el nivel sonoro causado por el ruido emitido por una fuente fija en su entorno.

4.12 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).

4.13 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.

4.14 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} .

4.15 Nivel medio de emisión de fuente fija

Es la media estadística de los niveles de ruido emitidos por una fuente fija.

4.16 Nivel 10

Es el límite inferior de todos los niveles sonoros presentes durante un lapso igual al 10% del período de observación. (Percentil 10).

4.17 Nivel 50

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

4.18 Nivel 90

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

4.19 Percentil

Es el nivel que se rebasa durante un determinado por ciento del tiempo del período de observación.

4.20 Pistófono

Es el instrumento en el cual un pistón rígido puede estar animado de un movimiento alternativo de frecuencia y de amplitud conocidas, y que permite obtener una presión acústica definida en una cámara de pequeñas dimensiones.

4.21 Presión acústica

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

4.22 Registrador gráfico

Es un instrumento que permite capturar una señal acústica y representarla como una señal electromagnética producida por una señal acústica, en una gráfica.

4.23 Registrador magnético

Es un instrumento que permite grabar una señal acústica como una señal electromagnética.

4.24 Registrador óptico

Es un instrumento que permite fijar en una pantalla sensibilizada un conjunto de señales electromagnéticas producidas por correspondientes señales acústicas.

4.25 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 .

4.26 Ruido

Todo sonido indeseable que moleste o perjudique a las personas.

4.27 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.

4.28 Varianza

Es la suma de las desviaciones cuadráticas de un nivel sonoro cualquiera, respecto a la media, dividida entre el número de muestras menos 1.

4.29 Zonas Críticas

Son las áreas aledañas a la parte exterior de la colindancia del predio de la fuente fija donde ésta produce las mayores emisiones de energía acústica en forma de ruido. Se indican como ZC.

5. ESPECIFICACIONES

5.1 La emisión de ruido que generan las fuentes fijas es medida obteniendo su nivel sonoro en ponderación "A", expresado en dB (A).

5.2 El equipo para medición el nivel sonoro es el siguiente:

5.2.1 Un sonómetro de precisión.

5.2.2 Un calibrador piezoeléctrico o pistófono específico al sonómetro empleado.

5.2.3 Un impresor gráfico de papel o un registrador de cinta magnética.

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

5.2.4.1 Un cable de extensión del micrófono, con longitud mínima de 1 m.

5.2.4.2 Un tripié para colocar el micrófono o equipo receptor.

5.2.4.3 Un protector contra viento del micrófono.

5.3 Para obtener el nivel sonoro de una fuente fija se debe aplicar el procedimiento de actividades siguiente: Un reconocimiento inicial; una medición de campo; un procesamiento de datos de medición y; la elaboración de un informe de medición.

5.3.1 El reconocimiento inicial debe realizarse en forma previa a la aplicación de la medición del nivel sonoro emitido por una fuente fija, con el propósito de recabar la información técnica y administrativa y para localizar las Zonas Críticas.

5.3.1.1 La información a recabar es la siguiente:

5.3.1.1.1 Croquis que muestre la ubicación del predio donde se encuentre la fuente fija y la descripción de los predios con quien colinde.

5.3.1.1.2 Descripción de las actividades potencialmente ruidosas.

5.3.1.1.3 Relacionar y representar en un croquis interno de la fuente fija el equipo, la maquinaria y/o los procesos potencialmente emisores de ruido.

5.3.1.2 Con el sonómetro funcionando, realizar un recorrido por la parte externa de las colindancias de la fuente fija con el objeto de localizar la Zona Crítica o zonas críticas de medición.

5.3.1.2.1 Dentro de cada Zona Crítica (ZC_i) se ubicarán 5 puntos distribuidos vertical y/u horizontalmente en forma aleatoria a 0.30 m de distancia del límite de la fuente y a no menos de 1.2 m del nivel del piso.

5.3.2 Ubicados los puntos de medición conforme a lo señalado en el punto 5.3.1.2.1 se deberá realizar la medición de campo de forma continua o semicontinua, teniendo en cuenta las condiciones normales de operación de la fuente fija.

5.3.2.1 Mediciones continuas

5.3.2.1.1 De acuerdo al procedimiento descrito en el punto 5.3.1 se elige la zona y el horario crítico donde la fuente fija produzca los niveles máximos de emisión.

5.3.2.1.2 Durante el lapso de emisión máxima se elige un período no inferior a 15 minutos para la medición.

5.3.2.1.3 En la zona de emisión máxima se ubicarán aleatoriamente no menos de 5 puntos conforme al procedimiento descrito en el punto 5.3.1.2.1. Se aconseja describir los puntos con las letras (A, B, C, D y E) para su identificación. La zona de emisión máxima se identificará con las siglas ZC y se agregará un número progresivo en el caso de encontrar más zonas de emisión máxima (ZC1, ZC2, etc.).

5.3.2.1.4 Se ajusta el sonómetro con el selector de la escala A y con el selector de integración lenta.

5.3.2.1.5 En caso de que el efecto del viento sobre la membrana del micrófono sea notorio se debe cubrir ésta con una pantalla contra el viento.

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

5.3.2.1.7 En toda medición continua debe obtenerse un registro gráfico en papel, para lo cual debe colocarse el registrador de papel al sonómetro de medición y registrar la señal de cada punto de medido y el registro de la señal de calibración antes y después de la medición de cada Zona Crítica.

5.3.2.2 Mediciones semicontinuas

5.3.2.3 ...

5.3.2.3.1 Aplicar el procedimiento descrito en los puntos 5.3.2.1.1, 5.3.2.1.2, 5.3.2.1.3, 5.3.2.1.4 y 5.3.2.1.5 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.2.3.2 Debe colocarse el sonómetro o el micrófono del sonómetro en cada punto de medición apuntando hacia la fuente y efectuar en cada punto no menos de 35 lecturas, procurando obtener cada 5 segundos el valor máximo observado. Antes y después de las mediciones en cada Zona Crítica debe registrarse la señal de calibración.

5.3.2.3.3 En el caso de que se emplee el registro gráfico, debe tenerse una tira de papel continua por cada punto de medición.

5.3.2.4 Ubicación de puntos de medición

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

5.3.2.4.2 Si el elemento constructivo a que se refiere el punto 5.3.2.4.1 no divide totalmente la fuente de su alrededor, el elemento es considerado como parcial, por lo que debe buscarse la zona de menor sombra o dispersión acústica. Si el elemento divide totalmente la fuente de su alrededor deberá seguirse lo establecido en el punto 5.3.2.6.

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

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

5.3.2.5 Medición del ruido de fondo

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

5.3.2.5.2 Debe medirse el nivel sonoro de fondo en cada uno de los puntos determinados conforme a los procedimientos señalados en los puntos 5.3.2.1 ó 5.3.2.2 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.2.6 Determinación de la reducción acústica de un elemento constructivo en una Zona Crítica.

5.3.2.6.1 Para determinar el aislamiento producido por un elemento constructivo común a la fuente fija y a un recinto aledaño debe procederse como sigue:

5.3.2.6.1.1 Elegir 5 puntos en el interior de la fuente a 2 m de distancia del elemento constructivo común coincidente con alguna de las zonas críticas medidas y realizar la medición de conformidad a lo descrito en los puntos 5.3.2.1 y 5.3.2.2 dirigiendo el micrófono o el sonómetro hacia los generadores.

5.3.3 Procesamiento de datos de medición

5.3.3.1 Si la medición se realiza de forma continua:

5.3.3.1.1 Debe obtenerse el tiempo transcurrido en la medición para cada punto.

5.3.3.1.2 Debe calcularse el nivel sonoro equivalente del período de observación medido por medio de la fórmula:

$$\Delta_{50} > 0.75dB$$

5.3.3.1.3 Deben anotarse los valores de los niveles máximo absoluto y mínimo absoluto registrados en cada punto.

5.3.3.1.4 Debe obtenerse el área bajo la curva registrada en la tira de papel continua para cada punto de medición. (Las ordenadas deben considerarse a partir del origen).

5.3.3.1.5 Debe hacerse el cociente entre los valores obtenidos en los puntos 5.3.3.1.3 y 5.3.3.1.1. Este valor es la media de los niveles medidos y equivale al nivel 50 (N_{50}).

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

5.3.3.1.7 Por una interpolación lineal de los 2 valores más cercanos a N_{10} resultantes de los puntos 5.3.3.1.5 debe obtenerse el nivel 10 (N_{10}) (nivel que estuvo presente durante más del 10% del lapso total registrado).

5.3.3.1.8 Debe calcularse la desviación estándar de la medición en cada punto por la fórmula (8).

$$\sigma = \frac{N_{10} - N_{50}}{1.2817} \quad (2)$$

5.3.3.1.9 Debe calcularse el promedio de los niveles N_{50} y N_{10} obtenidos en cada punto

$$\bar{N}_{50} = \frac{\sum N_{50}}{n} \quad (3)$$

$$\bar{N}_{10} = \frac{\sum N_{10}}{n} \quad (4)$$

y obtenerse el promedio para todos los puntos σ .

5.3.3.2 Si la medición se realiza de forma semicontinua.

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

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

Donde:

N_i = nivel de observación i

y n = número de observaciones por punto de medición

5.3.3.2.2 Debe calcularse el nivel equivalente para las observaciones en cada punto por la fórmula (8).

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

Donde:

m = Número total de observaciones

N = Nivel observado

5.3.3.2.3 Debe calcularse el nivel equivalente de los niveles equivalentes obtenidos para cada punto por la fórmula (8).

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

5.3.3.2.5 Si las mediciones son hechas con un registrador gráfico, deben señalarse en la tira de papel continua para cada punto de medición un mínimo de 35 valores observados seleccionándolos en forma aleatoria (de preferencia con una tabla de números aleatorios) y seguirse lo señalado en los puntos 5.3.3.1.1, 5.3.3.1.3, 5.3.3.1.4, 5.3.3.1.5 y 5.3.3.1.6 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.3.2.6 Si las mediciones son hechas con un registrador óptico, deben seleccionarse en forma aleatoria por lo menos 35 valores del registro de medición total en cada punto y seguirse lo señalado en los puntos 5.3.3.1.1, 5.3.3.1.3, 5.3.3.1.4, 5.3.3.1.5 y 5.3.3.1.6 de la presente norma oficial mexicana.

5.3.3.2.7 Si las mediciones fueron hechas con un sonómetro integrador o con registrador magnético deben seguirse todas las actividades señaladas en el punto 5.3.2.1.

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

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

Donde:

R = reducción acústica del elemento en dB.

N_d = nivel medido en el interior de la fuente por 5.3.2.6.

N_{eq} = nivel equivalente en la Zona Crítica ZC_i coincidente.

S = área del elemento común.

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

5.3.3.3 Correcciones

5.3.3.3.1 Obténgase la corrección por presencia de valores extremos por medio de la fórmula (10):

$$C_e = 0.9023 \bar{\sigma} \quad (10)$$

Donde:

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

5.3.3.3.2 Obténgase la diferencia del promedio de los N_{50} de la fuente fija y del ruido de fondo.

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

5.3.3.3.3 Si $\Delta_{50} > 0.75 \text{ dB}$, obténgase la corrección por ruido de fondo por medio de la fórmula:

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

5.3.3.4 Determinación del nivel de fuente fija.

5.3.3.4.1 Corrijase el N_{50} medio por extremos:

$$N'_{50} = \bar{N}_{50} + C_e \quad (13)$$

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

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

$$(N')_{ff} = N_{ff} + C_f \quad (14)$$

5.3.3.4.4 Si $\Delta_{50} < 0.75 \text{ dB}$, la fuente fija no emite nivel sonoro.

5.3.3.4.5 Si existe un elemento constructivo total entre la fuente y la zona crítica coincidente corríjase por aislamiento.

$$(N')_{ff} = (N')_{ff} + 0.5 \cdot R \quad (15)$$

5.3.3.4.5.1 La corrección por aislamiento a que se refieren los puntos 5.3.3.4.5 y 5.3.3.2.8 y la determinación de la reducción acústica referida en el punto 5.3.2.6 de la presente norma oficial mexicana puede ser obtenida por métodos alternos, los cuales deberán mostrar su justificación técnica y práctica.

5.3.3.4.6 Se determinará que la emisión de la fuente fija es contaminante si el nivel sonoro que resulte de la determinación realizada en el punto 5.3.3.4 de la presente norma oficial mexicana supera el límite máximo permisible correspondiente al que se establece en la Tabla 1 del punto 5.4 abajo mostrado.

5.3.4 Informe de medición

5.3.4.1 Identificación total de la fuente fija. (Nombre o razón social, responsable, dirección).

5.3.4.2 Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de colindancias, situación aproximada de la misma en el interior del predio y las zonas críticas de emisión máxima de nivel sonoro.

5.3.4.3 Localización aproximada de los puntos de medición en el croquis anterior.

5.3.4.4 Características de operación de la fuente fija indicando los horarios de emisión máxima y la eventualidad en fuentes móviles internas.

5.3.4.5 Tipo de medición realizada (continua o semicontinua).

5.3.4.6 Equipo empleado, incluyendo marcas y número de serie.

5.3.4.7 Nombres completos de las personas que realizaron la medición.

5.3.4.8 Fecha y hora en la que se realizó la medición.

5.3.4.9 Otras eventualidades descriptivas (condiciones meteorológicas, obstáculos etc.)

5.3.4.10 Valor de los niveles N_{50} , N_{10} y el nivel equivalente de N_{eq} si se trata de una medición semicontinua.

5.3.4.11 Nivel medio del ruido de fondo medido y además el nivel equivalente del ruido de fondo si se trata de una medición semicontinua.

5.3.4.12 Corrección por ruido de fondo.

5.3.4.13 Corrección por presencia de extremos.

5.3.4.14 Corrección por aislamiento.

5.3.4.15 Valor de nivel de emisión de la fuente fija.

5.3.4.16 En caso eventual, desviaciones respecto al procedimiento de la presente norma oficial mexicana, indicando la justificación teórica y la equivalencia con los valores que hubieran sido obtenidos por medio de esta norma.

5.4 Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación "A" emitido por fuentes fijas, son los establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1

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

6 VIGILANCIA

6.1 La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como los Estados y en su caso los Municipios, son las autoridades competentes para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

7 SANCIONES

7.1 El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana, será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

8 BIBLIOGRAFIA

8.1 Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido. (D.O.F. 6 de diciembre de 1982).

8.2 Burgess, J.C. How much data is enough? - JASA 93(4-2) 2325. 1993. (¿Cuanta información es suficiente?).

8.3 Fidell, S., Schultz, T.J., Green, D.M.- A theoretical interpretation of the prevalence rate of noise-induced annoyance in residential populations. JASA 84(6), 2109-2113, 1988. (Una interpretación teórica del nivel de prevalecencia de molestia de ruido incluido en poblaciones).

- 8.4 Fields, J.M.- The effects of numbers of noise events on people's reactions to noise: An analysis of existing survey data JASA 75(2), 447-467, 1984. (Los efectos de números de eventos de ruido, sobre las reacciones de la gente al ruido: un análisis de información existente)
- 8.5 Fisk, D.J.- Statical sampling in community noise measurements. J.Sound Vibr. 30, 221-236, 1969. (Muestra estática en las medidas de ruido en la comunidad).
- 8.6 Freund, J. E. Mathematical statistics.- Prentice-Hall, Inc.USA.- 1971. (Estadísticas matemáticas).
- 8.7 Gagliardini, L., Roland, J., Guyader, J.L.- The use of a functional basis to calculate acoustics transmission between rooms. J. sound vibr. 145(3), 457-478, 1991. (El uso de las bases funcionales para calcular la transmisión acústica entre cuartos).
- 8.8 ISO-1996-1982 (E). Acoustics - Determination and measurement of environmental noise. (Acústica -Determinación y medida del ruido ambiental).
- 8.9 ISO-140/1978. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. (Medida del aislamiento de sonido en edificios y sus elementos).
- 8.10 Job, R.F.S.- Community response to noise.- A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. JASA 83(3), 991-1001, 1988. (Respuesta a la comunidad al ruido. Una revisión de los factores que influyen en la relación entre la exposición y reacción de ruido).
- 8.11 Ward, W.D., Cushing, E.M., Burns, E.M.-Effective quiet and moderate T.T.S.- Implications for noise exposure standards.- JASA 59(1), 160, 165, 1976.

9 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

9.1 Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

10 VIGENCIA

10.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Dada en la ciudad de México, Distrito Federal, a los quince días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y cuatro.

**Norma Oficial Mexicana
NOM-082-ECOL-1994**

Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición.
(Publicada en el D.O.F. de fecha 16 de enero de 1995)
(Aclaración: 3 de marzo de 1995)

GABRIEL QUADRI DE LA TORRE, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, con fundamento en los artículos 32 fracciones XXIV y XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracciones I y VIII, 8o. fracciones I y VII, 36, 37, 155, 156, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 46, 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Primero y Segundo del Acuerdo mediante el cual se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de vivienda y ecología, respectivamente, y

CONSIDERANDO

Que la emisión de ruido proveniente de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta altera el bienestar del ser humano y el daño que le produce, con motivo de la exposición, depende de la magnitud y del número, por unidad de tiempo, de los desplazamientos temporales del umbral de audición. Por ello, resulta necesario controlar dicha emisión desde su fabricación en planta y establecer los límites máximos permisibles de emisión de este contaminante.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-082-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1994 con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de la publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, los análisis a que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, publicó las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica, Volumen VI, número especial de Diciembre de 1994.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 10 de noviembre del año en curso, he tenido a bien expedir la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-082-ECOL/1994, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE EMISION DE RUIDO DE LAS MOTOCICLETAS Y TRICICLOS MOTORIZADOS NUEVOS EN PLANTA Y SU METODO DE MEDICION.

PREFACIO

En la elaboración de esta norma oficial mexicana participaron:

- Secretaría de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología
- Secretaría de Salud
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, A.C.
- Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C.
- Sociedad Mexicana de Acústica
- Integración para la Cultura Ecológica y Ambiental, S.C.
- Ingeniería Acústica Spectrum, S.A. De C.V.

1. OBJETO

Esta norma oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta y su método de medición.

2. CAMPO DE APLICACION

La presente norma oficial mexicana es de observancia obligatoria para los fabricantes e importadores de motocicletas y triciclos motorizados de 2 y 4 tiempos nuevos en planta, conforme a su potencia en centímetros cúbicos.

3. REFERENCIAS

NMX-AA-40 Clasificación de ruidos.

NMX-AA-41 Determinación del nivel sonoro emitido por bicilos y triciclos motorizados.

NMX-AA-59 Sonómetros de precisión.

NMX-I-101/4 Terminología empleada en electroacústica.

NOM-008-SCFI Sistema general de unidades de medida.

4. DEFINICIONES

4.1 Anemómetro

Es el aparato para medir la velocidad de circulación de un gas.

4.2 Calibrador acústico

Es el aparato el cual genera por una cavidad a través de un pequeño altavoz un nivel de presión estable y conocido que es producido por un oscilador piezoeléctrico.

4.3 Lugar de la medición

Es la instalación o local establecido por la autoridad competente o autorizado por ésta, en el que se llevará a cabo la medición del nivel sonoro proveniente de las motocicletas y triciclos motorizados nuevos en planta.

4.4 Micrófono

Es un instrumento mecano electrónico que transduce las señales acústicas aéreas en señales eléctricas.

4.5 Motocicleta

Es el vehículo de motor de 2 y 4 tiempos con dos o tres ruedas, con peso bruto vehicular de hasta 680 Kg y que puede alcanzar una velocidad máxima de al menos de 24 Km/h sobre una superficie nivelada de pavimento.

4.6 Nivel de presión acústica

Es la relación entre la presión acústica de un sonido cualquiera y la presión sonora 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).

4.7 Nivel sonoro

El nivel de presión acústica ponderado por una red normalizada, o sea, el nivel de presión acústica ponderado por una curva. Se mide en decibelios (dB).

4.8 Nivel sonoro de fondo

El nivel de presión acústica ponderado por una curva, producido por todas las causas excepto del vehículo automotor que pretenda medirse y que está presente en torno a dicho vehículo automotor durante el período de observación.

4.9 Pistófono

Es el instrumento en el cual un pistón rígido puede estar animado de un movimiento alternativo de frecuencia y de amplitud conocidas, y que permite obtener una presión acústica conocida en una cámara de pequeñas dimensiones.

4.10 Ruido

Todo sonido indeseable que moleste o perjudique a las personas.

4.11 Sonómetro

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

4.12 Tacómetro

Es el instrumento para medir la velocidad de rotación del árbol de una máquina.

4.13 Temperatura normal de operación

Es la que alcanza el vehículo automotor después de operar en un período de 10 minutos.

4.14 Triciclo motorizado

Es el vehículo automotor de más de dos ruedas.

4.15 Vehículo automotor

El vehículo de transporte terrestre de carga o de pasajeros que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

4.16 Vehículo en circulación

El vehículo automotor que transita en la vía pública.

4.17 Velocímetro

Es el instrumento que mide e indica la velocidad por tiempo de desplazamiento de un vehículo expresado en unidades de distancia recorrida por tiempo.

5. ESPECIFICACIONES

5.1 La emisión de ruido que producen las motocicletas y triciclos motorizados se obtiene midiendo el nivel sonoro.

5.2 El equipo para medir los niveles sonoros de las motocicletas y triciclos motorizados será:

5.2.1 Un sonómetro que cumpla con la norma vigente a que se refiere el punto 3 de esta norma, el cual deberá poseer un certificado oficial de calibración.

5.2.2 Un calibrador acústico o pistófono específico al sonómetro seleccionado.

5.2.3 Un cable de extensión del micrófono del sonómetro con longitud mínima de 3 m.

5.2.4 Un protector de micrófono contra viento.

5.2.5 Un tripié para colocar el micrófono o equipo receptor.

5.2.6 Un tacómetro de pulsación con precisión de ± 100 r.p.m. (se acepta el equipo incluido en el tablero de control del vehículo).

5.2.7 Un velocímetro, con exactitud de $\pm 3\%$.

5.2.8 Un anemómetro que mida velocidades en un ámbito de 5 a 50 Km/h.

5.3 Preparación del vehículo.

5.3.1 Los neumáticos deben inflarse a la presión indicada por el fabricante del vehículo.

5.3.2 El vehículo debe encontrarse a la temperatura normal de operación.

5.3.3 Deben ser probados únicamente con el operador sobre el vehículo.

5.3.4 El engranaje de la transmisión a utilizar durante la prueba es 2a. velocidad. En el caso de transmisiones automáticas se considera la velocidad en Km/h especificada en el punto 5.5.1.

5.4 Preparación del lugar de la medición.

5.4.1 El tomador de la lectura del sonómetro debe estar en el lugar de la medición, en la parte posterior a la dirección del micrófono de medición, junto a él puede estar un observador, pero sin que éste interfiera en la lectura observada. En caso de más observadores, estos deberán estar a una distancia mínima de 50 m de la trayectoria del vehículo.

5.4.2 El micrófono debe estar colocado a 1.2 m de altura sobre el nivel del suelo y a 7.5 m de la línea de trayectoria del vehículo, o medidos perpendicularmente a éste.

5.5 Procedimiento de medición.

5.5.1 Se aproxima el vehículo automotor al punto de aceleración a una velocidad de 40

Km/h para motocicletas con transmisión automática y a las $\frac{x}{2}$ partes de las revoluciones por minuto (r.p.m.) de máxima potencia del motor para motocicletas de transmisión estándar, se acelera al máximo cuando el frente de la rueda delantera se encuentre sobre el punto de aceleración (7.5 m del punto de proyección del micrófono)

Donde: $\chi = \text{revoluciones por minuto de máxima potencia}$

5.5.2 Cuando la parte trasera del vehículo se encuentre a 7.5 m después del punto de proyección del micrófono (punto final) se desacelera totalmente la motocicleta o el triciclo motorizado.

5.5.3 Se debe evitar que las ruedas patinen.

5.6 Mediciones.

5.6.1 El equipo medidor del nivel sonoro (sonómetro) se debe ajustar para respuesta rápida y en la ponderación "A".

5.6.2 La calibración externa del equipo para diferentes altitudes se efectúa de acuerdo a las instrucciones del fabricante del mismo.

5.6.3 El nivel sonoro de fondo (incluyendo los efectos del viento) que provengan de fuentes diferentes al vehículo a medir, debe estar cuando menos 10 dB (A) abajo del nivel del vehículo a medir.

5.6.4 Las mediciones se deben efectuar únicamente cuando la velocidad del viento sea menor de 19 Km/h.

5.6.5 Se deben efectuar cuando menos 4 mediciones de cada lado del vehículo, o del lado donde se obtenga la mayor lectura si esto es obvio con base a las corridas iniciales.

5.7 Los límites máximos permisibles de emisión de ruido expresados en dB (A) que generen las motocicletas y triciclos motorizados son los establecidos en la Tabla 1.

TABLA 1

Desplazamiento del motor en centímetros cúbicos (cm ³)	Límites Máximos Permisibles en dB(A)
Hasta 449	86
De 450 en adelante	89

6. CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS.

6.1 La lectura a considerar es la más alta obtenida en la medición. En caso de existir picos debido a niveles sonoros ambientales debe repetirse la medición.

6.2 El nivel sonoro de cada lado del vehículo debe ser el promedio de las dos lecturas más altas que no difieran en más de 2 dB (A).

$$\text{Nivel sonoro del escape del vehículo} = \frac{1er\ Nivel\ mayor + 2do\ Nivel\ mayor}{2}$$

6.3 El valor a informar debe ser el lado más ruidoso, indicándose cual fue en caso de que la motocicleta tenga doble escape.

7. VIGILANCIA

7.1 La Secretaría de Desarrollo Social por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, es la dependencia competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

8. SANCIONES

8.1 El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana, será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9. BIBLIOGRAFIA

9.1 Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido. (D.O.F. 6 de diciembre de 1982).

9.2 Code of Federal Regulations N° 40, EPA- Protection of Environment, parts 190 to 399, July 1st. 1987. (Código de Reglamentaciones Federales 40, Agencia de Protección Ambiental. Protección del Medio Ambiente, partes de la 190 a la 399. 1o. de julio de 1987).

9.3 Informe técnico de resultados de pruebas de campo de emisión de ruido realizadas a motocicletas de nueva fabricación. Método dinámico. Instituto Nacional de Ecología. Agosto de 1994.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

10.1 Esta norma oficial mexicana coincide parcialmente con la norma ISO-362. Acoustics - Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles - Engineering method. (Acústica-Medición del ruido emitido por vehículos en circulación- Método de Ingeniería).

11. VIGENCIA

11.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal a los quince días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y cuatro.

**REGLAMENTO PARA LA PROTECCION DEL AMBIENTE CONTRA LA CONTAMINACION
ORIGINADA POR LA EMISION DEL RUIDO**

(Publicado en el D.O.F. de fecha 6 de diciembre de 1982)

CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES

ARTICULO 1o.- El presente Reglamento es de observancia general en todo el Territorio Nacional y tiene por objeto proveer, en la esfera administrativa, al cumplimiento de la Ley Federal de Protección al Ambiente, en lo que se refiere a emisión contaminante de ruido, proveniente de fuentes artificiales.

ARTICULO 2o.- La aplicación de este Reglamento compete al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

En su aplicación también serán competentes en coordinación con la Secretaría de Salubridad y Asistencia, las Secretarías de Patrimonio y Fomento Industrial, Hacienda y Crédito Público, Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Comunicaciones y Transportes y de Trabajo y Previsión Social.

Para los fines indicados, son auxiliares de la autoridad sanitaria las demás dependencias del Ejecutivo Federal, de los Ejecutivos de los Estados y de los Ayuntamientos.

La Secretaría de Salubridad y Asistencia está facultada para crear y apoyar a los grupos que se formen para el desarrollo de programas de prevención y control del ruido, escuchando en su caso la opinión de la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental.

ARTICULO 3o.- Las autoridades mencionadas en el segundo párrafo del artículo anterior, dentro del ámbito de su competencia, y en coordinación con la Secretaría de Salubridad y Asistencia, expedirán los instructivos, circulares y demás disposiciones generales para proveer al cumplimiento de este Reglamento.

ARTICULO 4o.- El Ejecutivo Federal dictará o, en su caso, promoverá ante el Congreso de la Unión las medidas fiscales convenientes para procurar la descentralización industrial, con objeto de reducir la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, así como para facilitar a las industrias establecidas y a las que en lo futuro se establezcan, la fabricación, adquisición e instalación de equipos y aditamentos que tengan por objeto medir, controlar o abatir la contaminación provocada por la emisión de ruido.

CAPITULO II DE LAS DEFINICIONES

ARTICULO 5o.- Para los fines de este Reglamento, se entiende por:

FUENTE EMISORA DE RUIDO. Toda causa capaz de emitir al ambiente ruido contaminante.

BANDA DE FRECUENCIAS. Intervalo de frecuencia donde se presentan componentes preponderantes de ruido.

BEL. Índice empleado en la cuantificación de la diferencia de los logaritmos decimales de dos cantidades cualesquiera.

CICLO. Cada uno de los movimientos repetitivos de una vibración simple.

DECIBEL. Décima parte de un bel; su símbolo es dB.

DECIBEL "A". Decibel sopesado con la malla de ponderación "A"; su símbolo es dB (A).

FRECUENCIA. El número de ciclos por unidad de tiempo es un tono puro; su unidad es el Hertz, cuyo símbolo es Hz.

NIVEL DE PRESION ACUSTICA. Es la relación entre la presión acústica de un sonido cualquiera y una presión acústica de referencia. Equivale a diez veces el logaritmo decimal del cociente de los cuadros de la presión acústica señalada y la de referencia que es de 20 micropascales. Se expresa en dB re 20mPa.

NIVEL EQUIVALENTE. Es nivel de presión acústica uniforme y constante que contiene la misma energía que el ruido, producido en forma fluctuante por una fuente, durante un período de observación.

PRESION ACUSTICA. Es el incremento en la presión atmosférica debido a una perturbación acústica cualquiera.

PESO BRUTO VEHICULAR. Peso vehicular más la capacidad de pasaje y/o carga útil del vehículo, según la especificación del fabricante.

RESPONSABLE DE FUENTE DE CONTAMINACION AMBIENTAL POR EFECTOS DEL RUIDO. Toda persona física o moral, pública o privada, que sea responsable legal de la operación, funcionamiento o administración de cualquier fuente que emita ruido contaminante.

RUIDO. Todo sonido indeseable que molesta o perjudica a las personas.

DISPERSION ACUSTICA. Fenómeno físico consistente en que la intensidad de la energía disminuye a medida que se aleja de la fuente.

ARTICULO 6o.- Se consideran como fuentes artificiales de contaminación ambiental originada por la emisión de ruido las siguientes:

1.Fijas. Todo tipo de industria, máquinas con motores de combustión, terminales y bases de autobuses y ferrocarriles, aeropuertos, clubes cinegéticos y polígonos de tiro; ferias, tianguis, circos y otras semejantes;

II. **Móviles.** Aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses integrales, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinaria con motores de combustión y similares.

La Secretaría de Salubridad y Asistencia podrá adicionar a la lista de las fuentes antes mencionadas, escuchando la opinión de la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental.

CAPITULO III DE LA EMISION DE RUIDO

ARTICULO 7o.- La Secretaría de Salubridad y Asistencia, en coordinación, en su caso, con las demás dependencias del Ejecutivo Federal, dentro de sus ámbitos de competencia, realizará los estudios e investigaciones necesarios para determinar:

I. Los efectos molestos y peligrosos en las personas, por la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido;

II. La planeación, los programas y las normas que deban ponerse en práctica para prevenir y controlar las causas de contaminación ambiental originada por la emisión de ruido;

III. El nivel de presión acústica, banda de frecuencia, duración y demás características de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido en las zonas industriales, comerciales y habitacionales;

IV. La presencia de ruido específico contaminante del ambiente en zonas determinadas, señalando, cuando proceda, zonas de restricción temporal o permanente, y

V. Las características de las emisiones de ruido de algunos dispositivos de alarma o de situación que utilicen las fuentes fijas y las móviles.

ARTICULO 8o.- Los responsables de las fuentes emisoras de ruido, deberán proporcionar a las autoridades competentes la información que se les requiera, respecto a la emisión de ruido contaminante, de acuerdo con las disposiciones de este reglamento.

ARTICULO 9o.- Para determinar si se rebasan los niveles máximos permitidos de emisión de ruido establecidos en este reglamento, la Secretaría de Salubridad y Asistencia y las autoridades auxiliares competentes realizarán mediciones según los procedimientos que se señalan en el propio reglamento y en las normas oficiales aplicables.

ARTICULO 10.- La Secretaría de Salubridad y Asistencia en coordinación con la de Patrimonio y Fomento Industrial, determinarán los aparatos electromecánicos o maquinaria de uso doméstico, industrial, comercial o agropecuario, que por su destino o uso emitan ruido que cause daño a la salud, en cuyo caso los fabricantes estarán obligados a colocar en un lugar visible una etiqueta o señal que indique esa peligrosidad.

De igual manera se procederá en los sitios de reunión donde se considere que el ruido que ahí se emita puede causar daño a la salud, y en este caso el responsable de tal sitio deberá colocar un letrero en lugar visible, donde se indique la peligrosidad del lugar.

ARTICULO 11.- El nivel de emisión de ruido máximo permisible en fuentes fijas es de 68 dB (A) de las seis a las veintidós horas, y de 65 dB de las veintidós a las seis horas. Estos niveles se medirán en forma continua o semicontinua en las colindancias del predio, durante un lapso no menor de quince minutos, conforme a las normas correspondientes.

El grado de molestia producido por la emisión de ruido máximo permisible será de 5 en una escala Likert modificada de 7 grados. Este grado de molestia será evaluado, en un universo estadístico representativo conforme a las normas correspondientes.

ARTICULO 12.- Cuando por razones de índole técnica o socioeconómica debidamente comprobadas, el responsable de una fuente fija no pueda cumplir con los límites señalados en el artículo anterior, deberá obtener de la Secretaría de Salubridad y Asistencia una autorización para la fijación del nivel permitido específico para esa fuente, para lo cual presentará una solicitud dentro de un plazo de quince días hábiles después del inicio de la operación de dicha fuente, con los siguientes datos:

I. Ubicación;

II. Giro y actividad que realiza;

III. Origen y características del ruido que rebase los límites señalados en el artículo anterior;

IV. Razones por las que considere no poder reducir la emisión de ruido;

V. Horario en que operará dicha fuente, y

VI. Proposición de un programa de reducción máxima de emisión de ruido incluyendo un nivel máximo alcanzable y un lapso de ejecución.

ARTICULO 13.- La Secretaría de Salubridad y Asistencia para el caso previsto en el artículo anterior, fijará en forma provisional el nivel máximo permitido de emisión de ruido para cada fuente.

Hechos los estudios correspondientes, dictará resolución debidamente fundada en la que fijará el nivel máximo permitido, de emisión de ruido para la fuente fija en cuestión, estableciendo las medidas que deberá adoptarse para reducir la emisión de ruido a ese nivel.

El responsable de la fuente emisora deberá cumplir con el nivel máximo permitido de emisión de ruido para esa fuente, dentro del plazo que se le otorgue contado a partir de la notificación, el que no será mayor de un año. Al vencimiento del plazo se medirá el nivel de emisión de ruido para verificar su cumplimiento, sin perjuicio de las verificaciones tendientes a vigilar el desarrollo del programa propuesto.

ARTICULO 14.- Para fijar el nivel máximo permitido específico al que se refiere el segundo párrafo del artículo anterior, la Secretaría de Salubridad y Asistencia tomará en consideración los siguientes criterios:

I. El riesgo que signifique para la salud, la emisión del ruido proveniente de la fuente estudiando con especial cuidado aquellos casos en que exista contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, cuyo nivel máximo sea de 115 dB (A) más menos 3 dB durante un lapso no inferior a quince minutos, o de duración inferior a un segundo, cuyo nivel exceda a los 140 dB (A), observada en áreas donde exista la posibilidad de exposición personal inadvertida, no derivada de una relación laboral;

II. Las repercusiones económicas y sociales que ocasionaría la implantación de las medidas para abatir la emisión del ruido a los límites establecidos en el artículo 11 de este reglamento;

III. Las posibilidades tecnológicas control de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, proveniente de la fuente fija, y

IV. Las características de la zona circunvecina que se vea afectada por el ruido proveniente de la fuente fija.

ARTICULO 15.- Los establecimientos industriales, comerciales, de servicio público y en general toda edificación, deberán construirse de tal forma que permitan un aislamiento acústico suficiente para que el ruido generado en su interior, no rebase los niveles permitidos en el artículo 11 de este Reglamento, al trascender a las construcciones adyacentes, a los predios colindantes o a la vía pública, lo anterior sin perjuicio de las facultades que competen al Departamento del Distrito Federal.

En caso de que técnicamente no sea posible conseguir este aislamiento acústico, dichas construcciones deberán localizarse dentro del predio, de tal forma que la dispersión acústica cumpla con lo dispuesto en el citado artículo.

ARTICULO 16.- La Secretaría de Salubridad y Asistencia y el Departamento del Distrito Federal, en el ámbito de su competencia, vigilarán que en la construcción de obras públicas o privadas no se rebase el nivel máximo permitido de emisión de ruido que establece este reglamento. Como consecuencia de lo anterior el responsable deberá proporcionar a la Secretaría de Salubridad y Asistencia dentro de un plazo de quince días antes del inicio de la obra los siguientes datos:

I. Ubicación y tiempo de duración de la operación;

II. Número y naturaleza de las posibles fuentes productoras del ruido;

III. Localización de las mismas durante el lapso que dure la obra, y

IV. Horario en que operarán dichas fuentes.

ARTICULO 17.- La Secretaría de Salubridad y Asistencia dictará las medidas pertinentes, para que en la planificación y ejecución de obras urbanísticas se observen las disposiciones de este reglamento, para evitar daños ecológicos por la emisión de ruido; para ese efecto se coordinará con la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas y el Departamento del Distrito Federal o la autoridad estatal o municipal competente.

ARTICULO 18.- En las fuentes fijas se podrán usar silbatos, campanas, magnavoces, amplificadores de sonido, timbres y dispositivos para advertir el peligro en situaciones de emergencia, aun cuando se rebasen los niveles máximos permitidos de emisión de ruido correspondientes, durante el tiempo y con la intensidad estrictamente necesarios para la advertencia.

ARTICULO 19.- Los circos, ferias y juegos mecánicos que se instalen en la cercanía de centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos, lugares de descanso y otros sitios donde el ruido entorpezca cualquier actividad, se deberán ajustar a un nivel máximo permisible de emisión de ruido de 55 dB (A). Este nivel se medirá en forma continua o semicontinua en las colindancias del predio afectado durante un lapso no menor de quince minutos, conforme a las normas correspondientes.

ARTICULO 20.- Las autoridades competentes, de oficio o a petición de parte, podrán señalar zonas de restricción temporal o permanente a la emisión de ruido en áreas colindantes a centros hospitalarios, o en general en aquellos establecimientos donde haya personas sujetas a tratamiento o a recuperación, sin perjuicio de la aplicación de lo dispuesto por el artículo 15 de este reglamento.

ARTICULO 21.- Las zonas de restricción a que se refiere el artículo anterior se fijarán para cada caso particular, conforme a la dispersión acústica a que se refiere el artículo 15 de este Reglamento, oyendo previamente a los interesados, a fin de señalar su extensión, los niveles máximos permitidos de emisión de ruido originado en las mismas zonas, medido en las colindancias del predio que se desee proteger, así como las medidas de prevención y control recomendables.

ARTICULO 22.- Los aparatos amplificadores de sonido y otros dispositivos similares que produzcan ruido en la vía pública o en el medio ambiente de la comunidad, sólo podrán ser usados en caso de servicio de beneficio colectivo no comercial y requerirán de permiso, que otorgará la autoridad competente, siempre que no exceda un nivel de 75 dB (A), medido de acuerdo a las normas correspondientes.

ARTICULO 23.- Para autorizar la ubicación, construcción y funcionamiento de aeródromos, aeropuertos y helipuertos públicos y privados, las autoridades competentes tendrán en cuenta la opinión de la Secretaría de Salubridad y Asistencia a fin de determinar:

I. La distancia a las áreas urbanas de la población;

II. Las soluciones de ingeniería que resulten convenientes, en particular las distancias y ubicación de las pistas de despegue y aterrizaje, así como de su intersección con las pistas de carretero y las áreas de estacionamiento de los aviones, y

III. Las características de construcción de los servicios auxiliares, con objeto de evitar o disminuir el ruido.

ARTICULO 24.- Queda prohibido sobrevolar aeronaves de hélice a una altura inferior a trescientos metros, y de turbina a una altura inferior a quinientos metros sobre el nivel del suelo en zonas habitaciones, excepto en operación del despegue, aproximación, estudio, investigación, búsqueda, rescate o en situaciones de emergencia.

Los niveles máximos de emisión de ruido producidos por las aeronaves que sobrevuelan el territorio nacional, así como la regulación de rutas, callejones de vuelo y de aproximación y operaciones, deberán estar sujetas a las normas establecidas en tratados internacionales y por las que se provean en coordinación con las autoridades competentes.

ARTICULO 25.- Para prevenir y controlar la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, los organismos y empresas que presten servicios de transporte ferroviario, deberán cuidar el correcto mantenimiento de los rieles, ruedas, durmientes, balasto y, en general del sistema de rodamiento y de enganche, así como de que las maniobras de carga y descarga y las operaciones de patio se realicen en los términos que establecen las normas correspondientes.

ARTICULO 26.- Las nuevas instalaciones ferroviarias, incluyendo las vías y las estaciones dentro de las poblaciones, se ubicarán de conformidad con lo que señale la autoridad urbanística competente, en la población de que se trate y de acuerdo con el plano regulador, en su caso, en la inteligencia de que en la construcción de andenes, salas de espera y demás servicios auxiliares, deberán aplicarse las normas técnicas de arquitectura y de ingeniería que resulten convenientes para abatir y controlar el ruido.

ARTICULO 27.- Los operadores de ferrocarriles restringirán el uso de silbatos, bocinas, campanas, sirenas y demás aditamentos similares dentro de las zonas urbanas, de las veintidós a las seis horas del día, excepto en casos de emergencia, de conformidad con la velocidad máxima permitida y la reglamentación aplicable en el sistema ferroviario nacional.

Los servicios ferroviarios deberán mejorar o implantar las medidas necesarias para evitar se exceda el nivel máximo permitido de emisión de ruido.

ARTICULO 28.- Las autoridades de Tránsito competentes, tomarán en cuenta la opinión de la Secretaría de Salubridad y Asistencia previamente a la fijación de rutas, horarios y límites de velocidad a los servicios públicos de autotransporte conforme a las disposiciones de este reglamento, con objeto de prevenir y controlar la contaminación por ruido.

ARTICULO 29.- Para efectos de prevenir y controlar la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, ocasionada por automóviles, camiones, autobuses, tracto-camiones y similares, se establecen los siguientes niveles permisibles:

Peso bruto vehicular (Kg.)	Nivel máximo permisible dB (A)
Hasta 3,000	79
Más de 3,000 y hasta 10,000	81
Más de 10,000	84

Los valores anteriores serán medidos a 15 m. de distancia de la fuente por el método dinámica de conformidad con la norma correspondiente.

Para el caso de las motocicletas, así como de las bicicletas y triciclos motorizados, el nivel máximo permisible será de 84 dB (A). Este valor será medido a 7.5 m de distancia de la fuente por método dinámico, de conformidad con la norma correspondiente.

ARTICULO 30.- Cuando debido a las características técnicas especiales de los vehículos señalados en el artículo precedente, no sea posible obtener los valores del artículo anterior, el fabricante de vehículos o el responsable de la fuente deberá presentar ante la Secretaría de Salubridad y Asistencia un estudio técnico de la emisión de ruido de la misma, dentro de los quince días hábiles antes del inicio de sus operaciones o de su uso. Dicha dependencia señalará los niveles máximos permisibles de emisión de ruido, así como las condiciones particulares de uso u operación a que deberá sujetarse la fuente, previa la opinión de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.

ARTICULO 31.- Las Secretarías de Patrimonio y Fomento Industrial y de Comercio, de acuerdo a sus facultades, prohibirán la fabricación, ensamble, importación o distribución de vehículos automotores que rebasen los niveles máximos permisibles de emisión de ruido, establecidos en el artículo 29 de este Reglamento.

ARTICULO 32.- Cuando por cualquier circunstancia los vehículos automotores a los que se refiere el artículo 29, rebasen los niveles máximos permisibles de emisión de ruido, el responsable deberá adoptar de inmediato las medidas necesarias, con el objeto de que el vehículo se ajuste a los niveles adecuados.

ARTICULO 33.- Las competencias deportivas y sus entrenamientos con vehículos automotores de transportación terrestre o acuática requerirán de un permiso, que otorgará la autoridad competente y deberán contar con la aprobación de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

En dicho permiso se debe señalar:

- I. Sitio previsto, indicando limitantes y colindancias;
- II. Días y horarios en los que se realizarán las pruebas;
- III. Tipo y características de los vehículos a usar;
- IV. Nivel de emisión de ruido, conforme a la norma correspondiente; y
- V. Público al que pretende exponer el ruido.

Queda prohibido realizar estas actividades en calles o predios sin protección acústica adecuada, y en lugares donde puedan causarse daños ecológicos; asimismo, queda prohibido circular vehículos de carreras en zonas urbanas.

ARTICULO 34.- Para los efectos de este Reglamento, la construcción y operación de estaciones terminales de autotransporte, deberá ajustarse a los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en el artículo 11; asimismo deberá proveerse a la construcción de libramientos que eviten que los vehículos que usen las vías generales de comunicación atraviesen las ciudades.

ARTICULO 35.- Queda prohibida en áreas habitacionales la circulación de vehículos con escape abierto y de los que produzcan ruido por el arrastre de piezas metálicas o por la carga que transporten.

ARTICULO 36.- En toda operación de carga o descarga de mercancías u objetos, que se realice en la vía pública, el responsable de la operación no deberá rebasar un nivel de 90 dB (A) de las siete a las veintidós horas y de 85 dB (A) de las veintidós a las siete horas, medidos de acuerdo a las normas correspondientes.

ARTICULO 37.- Se prohíbe la emisión de ruidos que produzcan en las zonas urbanas, los dispositivos sonoros, tales como campanas, bocinas, timbres, silbatos o sirenas, instalados en cualquier vehículo, salvo casos de emergencia.

Quedan exceptuados de esta disposición los vehículos de bomberos y policía, así como las ambulancias cuando realicen servicios de urgencia. La Secretaría de Salubridad y Asistencia expedirá una circular sobre las características técnicas del dispositivo sonoro a usar.

Asimismo se prohíbe el uso de cornetas o trompetas instaladas en cualquier vehículo, que requieran para su funcionamiento compresor de aire y que produzcan melodías o sonidos musicales.

ARTICULO 38.- La Secretaría de Salubridad y Asistencia, en coordinación con las autoridades auxiliares dentro de su ámbito de competencia, promoverá la elaboración de normas oficiales que contemplen los aspectos básicos de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido.

ARTICULO 39.- El ruido producido en casas-habitación por la vida puramente doméstica no es objeto de sanción. La reiterada realización de actividades ruidosas que molesten a los vecinos no se considerarán como domésticas, y en tal caso, la autoridad competente, probados los hechos motivo de la queja, aplicará la sanción que corresponda.

ARTICULO 40.- Los carillones, campanas y demás dispositivos similares que emitan ruido a la vía pública, sólo podrán operarse entre las seis y las veintidós horas.

CAPITULO IV DE LAS MEDIDAS DE ORIENTACION Y EDUCACION

ARTICULO 41.- Las dependencias del Ejecutivo Federal, dentro de sus correspondientes ámbitos de competencia, se coordinarán con la Secretaría de Salubridad y Asistencia para la elaboración y ejecución de los programas, campañas y cualesquiera otras actividades tendientes a la educación, orientación y difusión del problema de la contaminación ambiental originada para la emisión de ruido, sus consecuencias, y los medios para prevenirla, controlarla y abatirla.

ARTICULO 42.- La Secretaría de Educación Pública incluirá en sus programas educativos y en los libros de texto gratuitos la enseñanza de los aspectos elementales del origen y prevención de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, así como de los casos en que signifique un peligro para la salud y el bienestar humano.

ARTICULO 43.- La Secretaría de Educación Pública promoverá ante las instituciones de educación superior del país, la realización de investigación científica y tecnológica sobre la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido y formas de combatirla, así como la inclusión del tema dentro de sus programas de estudio, prácticas y seminarios. Promoverá también la difusión de las recomendaciones técnicas y científicas para la prevención, disminución y control de la contaminación ambiental para la emisión de ruido, en tesis, gacetas y revistas.

ARTICULO 44.- Las Cámaras de Comercio y las de Industria, así como sus respectivas confederaciones, coadyugarán con las autoridades, orientando a sus asociados respecto al cumplimiento de las medidas que deban adoptar para la prevención de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido.

ARTICULO 45.- Las empresas públicas y privadas promoverán campañas educativas permanentes contra la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido

CAPITULO V DE LA VIGILANCIA E INSPECCION

ARTICULO 46.- La vigilancia del cumplimiento de las disposiciones del presente Reglamento, estará a cargo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

La Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial será la encargada del control de la producción de vehículos, fuentes móviles nuevas en las plantas de fabricación, armado o ensamble en los términos de este Reglamento.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, vigilarán su cumplimiento dentro de sus respectivos ámbitos de competencia.

El Departamento del Distrito Federal, y las demás dependencias del Ejecutivo Federal, de los Ejecutivos de los Estados y de los Ayuntamientos coadyugarán con la Secretaría de Salubridad y Asistencia, conforme a lo dispuesto por la Ley Federal de Protección al Ambiente.

ARTICULO 47.- La vigilancia relativa a fuentes móviles en operación se realizará directamente por la Secretaría de Salubridad y Asistencia. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como el Departamento del Distrito Federal y los gobiernos de las demás entidades federativas y de los Municipios, en su carácter de auxiliares de la autoridad sanitaria, coadyugarán en la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de este Reglamento.

ARTICULO 48.- En caso de presunción de una infracción a lo dispuesto por el artículo 29 del presente Reglamento, la autoridad de tránsito competente detendrán momentáneamente el vehículo y procederá a efectuar la medición del ruido emitido por el mismo, por medio del método estático de detección de acuerdo con la norma correspondiente.

ARTICULO 49.- Cuando los resultados de la medición a que se refiere el artículo anterior rebasen los niveles máximos expresados en dB (A) de la tabla siguiente:

Peso bruto vehicular (Kg.)	Nivel máximo permisible dB (A)
Hasta 3,000	86
Más de 3,000 y hasta 10,000	92
Más de 10,000	99
<i>Motocicletas</i>	89

El conductor o responsable del vehículo deberá llevarlo al taller de su elección para que sea reparado y presentarlo dentro de los cinco días hábiles siguientes a una estación de medición autorizada a fin de que se proceda a la medición de sus emisiones por el método dinámico conforme a la norma correspondiente.

En caso de no presentar el vehículo dentro del término señalado en el párrafo anterior, se ordenará su detención para que previa medición, el propietario lo repare de inmediato o bien se solicite sea retirado de la circulación.

ARTICULO 50.- Las autoridades auxiliares competentes deberán, de acuerdo con el resultado de la medición por el método dinámico, conceder un plazo determinado al interesado para que ajuste las emisiones del vehículo contaminante a los límites establecidos en este Reglamento.

ARTICULO 51.- Las autoridades auxiliares que practiquen la medición a que se refiere el artículo anterior, previa identificación, deberán levantar el acta correspondiente debidamente motivada y fundamentada, en la que se asienten los hechos que constituyan la violación a los preceptos señalados en este Reglamento.

ARTICULO 52.- Para comprobar el cumplimiento de la disposiciones contenidas en este Reglamento, así como de aquéllas que del mismo se deriven, la Secretaría de Salubridad y Asistencia y las autoridades competentes de acuerdo a su competencia, realizarán visitas de inspección a las fuentes emisoras de ruido y de medición en los predios colindantes.

ARTICULO 53.- Los inspectores que se designen, deberán tener conocimientos técnicos en la materia y contar con los dispositivos adecuados para la medición de la emisión de ruido.

ARTICULO 54.- Las visitas de inspección a las fuentes emisoras de ruido y de medición en los predios colindantes, deberán sujetarse a las órdenes escritas de la autoridad competente, que en cada caso girará oficio en el que se precise el objeto y alcance de la visita.

ARTICULO 55.- Al efectuar las visitas a que se refiere el artículo anterior, el personal comisionado se identificará debidamente, exhibirá la orden para la práctica de la inspección y, después de efectuada, procederá a levantar el acta correspondiente.

ARTICULO 56.- Los propietarios, encargados u ocupantes del establecimiento objeto de la visita, y de los predios colindantes, están obligados a permitir el acceso y dar todo género de facilidades e informes al personal de la Secretaría de Salubridad y Asistencia para el desarrollo de su labor, debiendo éste advertirles de las sanciones a que se hacen acreedores quienes obstaculicen la diligencia ordenada por la autoridad competente.

ARTICULO 57.- Al iniciar la diligencia se requerirá al propietario, encargado u ocupante, que designen dos testigos, los que deberán permanecer durante el desarrollo de la visita. En caso de negativa o ausencia de testigos, el inspector podrá designarlos.

El inspector que practique la diligencia señalará las anomalías, deficiencias o irregularidades en materia de contaminación por la emisión de ruido, lo cual se hará constar en el acta.

ARTICULO 58.- Al finalizar la inspección, se dará oportunidad al propietario, encargado u ocupante, de manifestar lo que a su derecho convenga, invitándolo a firmar el acta; en caso de negativa, así se hará constar en la misma, lo que no afectará su validez; asimismo, le hará entrega de una copia del acta, asentando este hecho en el original.

ARTICULO 59.- El personal que haya practicado la diligencia deberá entregar o enviar, en su caso, el acta levantada a la autoridad que ordenó la inspección, dentro de un plazo de veinticuatro horas hábiles.

ARTICULO 60.- Para los efectos de este Reglamento no serán objeto de inspección las casas-habitación, salvo que existan elementos que hagan suponer fundadamente, que se les esté dando un uso distinto o simulado al de habitación.

CAPITULO VI DEL PROCEDIMIENTO PARA APLICAR LAS SANCIONES

ARTICULO 61.- Turnada el acta de inspección a la autoridad competente, se procederá a su calificación, cuyo resultado deberá ser notificado personalmente al interesado o por correo certificado con acuse de recibo. En caso de infracción se le concederán quince días hábiles para que formule su defensa por escrito, ofrezca, rinda pruebas y alegue lo que a su derecho convenga.

ARTICULO 62.- Una vez presentado el escrito de defensa, pruebas y alegatos, dentro del término fijado en el artículo anterior, previo desahogo de las pruebas que así lo ameriten, deberá dictarse resolución definitiva fundada y motivada, dentro de los treinta días hábiles siguientes, la cual será notificada al interesado en forma personal o por correo certificado con acuse de recibo.

ARTICULO 63.- Para la calificación de las infracciones a que se refiere este Reglamento, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- I. El carácter intencional o imprudencial de la acción u omisión;
- II. Las consecuencias que la contaminación origine, tomando en cuenta el daño que cause o el peligro que provoque;
- III. La actividad desarrollada por el infractor;
- IV. Las condiciones económicas del infractor; y
- V. La reincidencia.

CAPITULO VII DEL RECURSO ADMINISTRATIVO DE INCONFORMIDAD

ARTICULO 64.- El recurso de inconformidad se interpondrá por escrito directamente ante la autoridad que haya impuesto la sanción o por correo certificado con acuse de recibo, dentro del término de quince días hábiles contados a partir del día siguiente de la notificación de la resolución o acto impugnado. En el caso de interponerse por correo se tendrá como fecha de presentación, la del día en que haya sido depositado el escrito correspondiente en la oficina de correos.

ARTICULO 65.- En el escrito a que se refiere el artículo anterior, se deberá precisar el nombre y domicilio de quien promueve la inconformidad, los agravios que le cause la resolución o acto impugnado y la autoridad que haya dictado la resolución u ordenado o ejecutado el acto.

Asimismo deberán anexarse los documentos que acrediten la personalidad del promoviente así como las pruebas que se estimen pertinentes.

ARTICULO 66.- El infractor o interesado, dispondrá de un término de treinta días hábiles contados a partir de la fecha del ofrecimiento de las pruebas, para el desahogo de las mismas.

ARTICULO 67.- Al resolverse el recurso, la infracción que hubiere motivado la resolución o acto impugnado se apreciará tal como aparezca probada ante la autoridad correspondiente, fuera de los casos de aplicación de medidas de seguridad. Por consiguiente, con la salvedad establecida, no se admitirán pruebas distintas a las rendidas durante la tramitación del procedimiento relativo a la aplicación de las sanciones, a no ser que las propuestas por el interesado le hubieran sido desechadas indebidamente o no hubieran sido desahogadas o perfeccionadas por motivos no imputables al oferente. En este caso, se concederá un término de quince días para el desahogo de las mismas

ARTICULO 68.- Admitido el recurso y, en su caso, desahogadas las pruebas a que se refiere el artículo anterior, la autoridad competente dictará resolución fundada y motivada, la cual deberá notificarse al interesado personalmente o por correo certificado con acuse de recibo.

ARTICULO 69.- La interposición del recurso suspenderá la ejecución de las sanciones pecuniarias si el infractor garantiza el interés fiscal en cualesquiera de las formas que establece el Código Fiscal de la Federación.

Se comunicará a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público la imposición de sanciones pecuniarias para que en caso de que no se paguen dentro del plazo correspondiente se proceda a su ejecución.

CAPITULO VIII DE LA ACCION POPULAR

ARTICULO 70.- La acción popular para denunciar la existencia de algunas de las fuentes de contaminación a que se refiere este Reglamento, podrá ejercitarse por cualquier persona ante la Secretaría de Salubridad y Asistencia o ante cualquier autoridad de acuerdo al ámbito de su competencia, requiriendo para darle curso los siguientes datos:

I. Nombre y domicilio del denunciante;

II. Ubicación de la fuente de contaminación, indicando calle, número, colonia, zona postal y ciudad, o en caso de sitios no urbanizados, la localización con datos para su identificación;

III. Lapso en el que se produce la mayor emisión de ruido, y

IV. Datos o clase de ruido.

ARTICULO 71.- La autoridad competente deberá efectuar las inspecciones necesarias para la comprobación de la existencia de la contaminación denunciada, su localización, clasificación y evaluación y procederá en consecuencia.

ARTICULO 72.- A petición del interesado, la autoridad correspondiente le informará sobre el curso de su denuncia.

CAPITULO IX DE LAS SANCIONES

ARTICULO 73.- Las infracciones a lo dispuesto en artículos 10, 22, 27, 29, 30, 35, 36, 37 y 40 se sancionarán con multa de doscientos a mil pesos.

ARTICULO 74.- Las infracciones a lo dispuesto en los artículos 8, 49 y 56 se sancionarán con multa de quinientos a diez mil pesos.

ARTICULO 75.- Las infracciones a lo dispuesto en los artículos 11, 12, 13, 15, 16, 19, 24, 31 y 33 se sancionarán con multa de mil a cincuenta mil pesos.

ARTICULO 76.- Los casos de infracción a las disposiciones de este Reglamento que no estén comprendidos en los artículos anteriores, se sancionarán con multa hasta de quince mil pesos.

ARTICULO 77.- En caso de reincidencia podrá sancionarse con multa hasta de veinte mil pesos, tratándose de violaciones a las disposiciones contenidas en el artículo 74, hasta de cien mil pesos en el caso de violaciones a las disposiciones contenidas en el artículo 75 y hasta de treinta mil pesos en los casos previstos en el artículo 76 de este Reglamento.

ARTICULO 78.- Independientemente de las sanciones a que se refiere el artículo anterior, podrá sancionarse al infractor con clausura temporal o definitiva de los establecimientos que emitan contaminantes.

ARTICULO 79.- El personal de inspección que no observe lo dispuesto en este Reglamento, será sancionado de acuerdo a la gravedad de la falta. La sanción será aplicada previa audiencia del interesado.

TRANSITORIOS

ARTICULO PRIMERO.- Este Reglamento entrará en vigor a los sesenta días de su publicación en el *Diario Oficial* de la Federación.

ARTICULO SEGUNDO.- Se abroga el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Originada por la Emisión de Ruido del diecinueve de septiembre de 1975, publicado en el *Diario Oficial* de la Federación el 2 de enero de 1976 y se derogan todas las disposiciones que se opongan al presente Reglamento.

ARTICULO TERCERO.- Se concede a los responsables de fuentes móviles, un plazo de tres meses, contados a partir de que entre en vigor este Reglamento, para ajustar dichas fuentes a los niveles señalados en el artículo 29 del mismo.

Dado en la residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la ciudad de México, Distrito Federal, a los veintinueve días del mes de noviembre de mil novecientos ochenta y dos.- José López Portillo.- Rúbrica.- El Secretario de Salubridad y Asistencia, Mario Calles López Negrete.- Rúbrica.- El Secretario de Comunicaciones y Transportes, Emilio Mújica Montoya.- Rúbrica.- El Secretario de la Defensa Nacional, Félix Galván López.- Rúbrica.- El Secretario de Hacienda y Crédito Público, Jesús Silva Herzog.- Rúbrica.- El Secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Francisco Merino Rábago.- Rúbrica.- El Secretario de Marina, Ricardo Cházaro Lara.- Rúbrica.- El Secretario de Comercio, Jorge de la Vega Domínguez.- Rúbrica.- El Secretario de Patrimonio y Fomento Industrial, José Andrés Oteyza.- Rúbrica.- El Secretario de Educación Pública, Fernando Solana Morales.- Rúbrica.- El Secretario de la Reforma Agraria, Gustavo Carvajal Moreno.- Rúbrica.- El Secretario de Trabajo y Previsión Social, Sergio García Ramírez.- Rúbrica.- El Jefe del Departamento del Distrito Federal, Carlos Hank González.- Rúbrica.

A pesar de las normas, reglamentos y disposiciones legales actuales en materia de ruido, persisten algunas limitaciones y vacíos existentes, por lo que resulta necesaria una revisión en varios sentidos, tanto para lograr un mayor alcance como para corregir sesgos tecnológicos implícitos que permitan proteger eficientemente de las emisiones de ruido.

El desarrollo de nuevas legislaciones debe contemplar las vinculaciones con otros instrumentos regulatorios e incorporar los tiempos de ajuste que requieran los sectores afectados. Así mismo, se deberá tomar en consideración las tecnologías de proceso, control y medición disponibles, así como el costo de las mismas, sin que favorezcan tecnologías particulares ni constituyan un obstáculo para la adopción de tecnologías emergentes (Internet, INE, 2001).

6.2 ALGUNOS ESTUDIOS DE RUIDO EN MÉXICO

Integran este anexo cinco estudios extraídos de las memorias de los congresos, como una muestra representativa y tangible del esfuerzo de un gran número de personas e instituciones, no sólo en materia de ruido, ya que en cada congreso se abordan diversos temas relacionados con la Acústica en general, tales como Análisis Estructural, Arquitectura, Audio Analógico, Audio Digital, Audiología, Calibración de Transductores, Comunicaciones, Electroacústica, Foniatría, Grabación, Infrasonidos, Instrumentación, Medicina, Multimedia, Música, Normalización Acústica, Proceso Digital de Señales, Psicoacústica, Radiodifusión, Ruido Industrial, Sismología, Sonorización, Ultrasonidos y Vibraciones Mecánicas.

El Instituto Mexicano de Acústica fue fundado en Noviembre de 1987 en la Ciudad de México, ante la necesidad de agrupar a los especialistas del ramo del país con el objeto de mantenerlos informados, actualizados y de propiciar su continua superación, a través de eventos, publicaciones e intercambios con colegas nacionales y extranjeros.

El Instituto tiene como objetivos la realización de congresos; la edición de libros y revistas; investigación y desarrollo en el ámbito de la acústica y sus ramas afines; promoción, revisión y actualización de normas relativas a los diversos campos asociados; propiciar el intercambio de experiencias entre sus miembros a través de generar los foros apropiados y de impulsar el desarrollo profesional y personal de cada uno de ellos.

Dado que en en estos tiempos la capacitación y la actualización no son un lujo, sino la base indispensable de la competitividad necesaria para afrontar los retos del presente y del futuro, la realización anual de los congresos representa el deseo de los organizadores de continuar propiciando el intercambio de experiencias entre los estudiosos de la Acústica y la actualización entre los participantes, mediante las contribuciones de aquellos que amablemente ceden un poco de su tiempo para realizar tan importantes eventos, que afortunadamente alcanzan cada vez mas difusión. (Internet, Instituto Mexicano de Acústica, 2000).

Ruido

Vite Saldaña, Lino H.

Ponencia No.1 en la Sesión 3 del
Segundo Congreso Mexicano de Acústica

Ruido, etimológicamente viene del indoeuropeo "reug", bramar, y del latín "rugitus" rugir. Técnicamente, ruido queda definido como un sonido inarmónico resultante de una mezcla de vibraciones heterocíclicas. El sonido es una sensación registrada por el oído, mientras que el ruido es un sonido registrado por el oído.

Actualmente, un ruido se valora con base a una medición en términos de decibeles (dB). El valor umbral aceptado como no peligroso para la salud del tracto auditivo, queda en 68 DB en el día y 65 DB en la noche. Lo que esta por debajo de estos valores, esta permitido y caso contrario, queda sujeto a restricción legal. El criterio utilizado para fijar los valores umbrales se basa en personas normalmente sanas.

En numerosos escritos publicados en periódicos, médicos especializados en la materia, indican que el ruido, además de causar daño físico a la estructura auditiva, afecta la frecuencia cardiaca, altera la presión arterial, provoca secreción gástrica, irrita al colon, altera la memoria, causa fatiga y altera la conducta social.

Por su parte, el departamento de ciencias ambientales del centro universitario de ciencias biológicas y agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, informa: "... El ruido es una amenaza para la calidad de vida, la tranquilidad y la salud de los pobladores expuestos. Disminuye la capacidad auditiva, interfiere en el sueño y en la comunicación oral, produce estrés y altera el sistema nervioso, causando daño psicológico. Es una de las causas de la poca concentración de las personas, reduciendo por tanto, los niveles de rendimiento laboral..."

Las definiciones anteriores, obligan a contemplar un problema multivariable. De una parte, esta el ruido y, por la otra, el que lo escucha; a partir de lo cual, un reglamento útil que sirva para regular la emisión ruidosa, debe proteger a quien sufre el impacto del ruido, y no únicamente autorizar o desautorizar con base a un número fijo, inamovible.

Un ruido se puede clasificar por el tono, la intensidad y el timbre que lo caracterizan, se le puede clasificar también, según sea continuo o intermitente, así como por la función social que cumple y por el lugar en que está ubicado. Asimismo, el individuo receptor puede ser: el enfermo, el anciano, el trabajador nocturno que descansa de día, el bebé, el trabajador intelectual, el sensible al sonido, el estudiante, etc., todos ellos personas que requieren de un ambiente tranquilo, reparador y saludable. A partir de estos conjuntos, formados por ese universo de subconjuntos, se deben definir las variables que formulen la ecuación que satisfaga la salud del más desvalido, siendo el médico quien defina este último resultado, el cual inevitablemente, será variable para cada caso. Esto implica la necesidad de formular un reglamento muy flexible, tanto, que pueda adaptarse a la complejidad de un agrupamiento humano.

Un caso real actual, es el de la torre de una capellanía de una secta vaticana, la cual tiene instalado un reloj al que le han acoplado un equipo electrónico de sonido, rematado con cuatro bocinas montadas en el techo de la torre. A todo volumen se escuchan los cuartos, las medias, los tres cuartos y las horas, estas antecedidas por un trocito del Ave María de Schubert.

Se ha solicitado la intervención de la procuraduría federal de protección al ambiente, para que ese ruido que ha destruido el ambiente tranquilo en que se vivía, sea callado para retomar el tranquilo ambiente anterior. Lamentablemente, la procuraduría está sujeta al reglamento que contiene los valores umbrales de 68 y 65 dB, y no es posible variar la aplicación de la ley.

Por parte de las víctimas de esa agresión ruidosa, se propone que, el ruido, dada la función social que cumple, sea emitido únicamente para anunciar misas y rosarios en los días que se celebren las fiestas patronales de la capellanía, y que el ruido no exceda un valor tal, que sea tolerado por enfermos y trabajadores nocturnos.

En estos términos, está inscrita la lucha que sostienen quienes necesitan vivir en un ambiente civilizado, esto es, aquel en el que esté protegida la salud. Para lograrlo, siendo éste el argumento del presente trabajo, se requiere una reglamentación ágil y flexible, no así el reglamento actual, rígido, inexpressivo y totalmente fuera de la realidad social.



Contaminación por Ruido Ambiental

Soriano López, Cynthia

Ponencia No.2 en la Sesión 3 del
Segundo Congreso Mexicano de Acústica

Existe hoy en día un gran problema, el cual parece invisible ante los ojos de la sociedad en general; se trata de la contaminación por ruido ambiental, el cual es uno de los contaminantes más sutiles, por no tener olor ni sabor y por que normalmente se presenta en las grandes ciudades. A diario vivimos en su presencia, a veces lo generamos sin tomar conciencia del daño que hace, siendo este a veces irreversible.

El siguiente trabajo, explica cómo este contaminante esta presente en una zona importante de la ciudad de México, el paradero de camiones y colectivos Indios Verdes. La finalidad de la lucha contra el ruido, es la de proteger a los seres humanos expuestos a este contaminante, ya que los límites de las normas existentes permiten emisiones sonoras podrían llegar a causar daño auditivo.

El ruido que consideramos como contaminante, es para nuestro caso en especial, el que proviene de los vehículos presentes en esa zona, llámense automóviles, camiones de carga, combis, camionetas, autobuses foráneos, camiones "chimecos", entre otros.

Para la toma de lecturas, fue utilizada la ponderación A del sonómetro, ya que, además de ser la indicada por la norma, es la que da la respuesta más cercana a la del oído humano.

Se escogió una semana de lunes a viernes, para tomar lecturas a las 7:00 a.m., 9:00 a.m., 13:00 p.m. y 15:00 p.m. De las 5 fuentes fijas denominadas A, B, C, D, y E, se encontró que los puntos B y C tienen los niveles mas altos (B= pendiente de subida de un puente, C= crucero), fue posible observar que estos niveles están por encima de lo permitido, y que causan daños físicos al oído, sistema nervioso central y sistema cardiovascular, asimismo producen aumento de la presión arterial, aumento del ritmo respiratorio, alteraciones del aparato digestivo, en la visión y alteraciones psicológicas que se manifiestan en una conducta antisocial y en la disminución de la eficacia laboral.

Se pudo observar que, las consecuencias de este contaminante altamente dañino, son lo bastante severas como para atacarlas, ya que en el paradero de Indios Verdes, aparte de la gente que espera aproximadamente media hora por el transporte, se encuentran allí personas trabajando permanentemente, como los oficiales de policía, vendedores en puestos y los checadores, por mencionar algunos.

Algunas posibles soluciones a este problema son: el uso de protectores auditivos y alternancia de tiempos, para las personas que laboran en actividades ruidosas, así como la optimización de la circulación vehicular, la planificación en la construcción de zonas de estacionamiento y similares, y principalmente fomentar en la población en general, una actitud de respeto y responsabilidad en el cumplimiento y la vigilancia constantes de las normas de control de ruido, a través de la educación.

*Análisis en Frecuencia de Ruido
en la Ciudad de México y Zona Metropolitana*

Domínguez García, Alberto
López Ledesma, Osiris Alejandra
Ponencia No.3 en la Sesión 3 del
Segundo Congreso Mexicano de Acústica

El ruido es un sonido complejo, cuya amplitud varía en forma aleatoria, por lo que está compuesto de señales de diferentes frecuencias.

El objetivo de esta investigación, es conocer el espectro del ruido en puntos claves del Distrito Federal y su área Metropolitana. Los puntos elegidos, fueron aquellos donde el Leq medido con anterioridad alcanzó los valores más altos. Se usaron dos sonómetros que cumplen con las normas mexicanas AA-47 y AA-59, el sonómetro digital Brüel & Kjær modelo 2230, y el sonómetro analógico CEL modelo 228. Se realizaron las mediciones en tres puntos del centro histórico del Distrito Federal, 1. Calle Madero esquina con Palma, 2. José Ma. Izazaga esquina con Pino Suárez y 3. Zócalo, así como en tres vías de comunicación: 1. Calzadas Ignacio Zaragoza, 2. Calzada de Tlalpan y 3. Boulevard Manuel Ávila Camacho, además de analizar las líneas del sistema de Transporte Colectivo (metro). Para el área metropolitana, fueron seleccionados los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec, realizando mediciones en tres puntos de cada municipio. Las mediciones proporcionaron el promedio del nivel de presión sonora y el Leq, en un lapso de tiempo determinado.

Los resultados obtenidos fueron:

- La calzada Ignacio Zaragoza, presenta una considerable concentración de ruido, mientras que el Boulevard Ávila Camacho, una menor cantidad de ruido en todas las frecuencias.
- En el centro histórico, la calle Madero se identificó como el lugar donde la concentración de ruido alcanza valores considerablemente mayores en todas las frecuencias, no así para el Zócalo donde el ruido tiene mayor aportación de energía en las bajas frecuencias.
- Para el caso de las líneas del metro, se encontró que, en bajas frecuencias, las líneas 7 y A, así como el tren ligero, son las más afectadas.

En conclusión, es posible afirmar que una de las causas del alto índice de ruido en nuestra ciudad, es la sobrepoblación, la cual aunada al estado deplorable de la mayor parte de los vehículos y al inapropiado diseño arquitectónico, constituyen a empeorar el problema.

Análisis del Ruido Ambiental,
Desarrollo Residencial Colinas Country Club
Orozco Medina, Martha G.
Delgadillo Santos, Alan
Ponencia No.4 en la Sesión 3 del
Segundo Congreso Mexicano de Acústica

El ruido es un término que se puede definir como un sonido molesto e intempestivo, que produce efectos fisiológicos y psicológicos no deseados. Desde el punto de vista físico, el sonido es una alteración mecánica, que se propaga en forma de movimiento ondulatorio a través del aire.

El proceso de generación de una onda sonora, por lo general, tiene su origen en un sólido en vibración que arrastra partículas de aire en contacto con el mismo, produciendo de forma alternativa, depresiones y sobre presiones que se van transmitiendo a las capas de aire adyacente, dando lugar a una onda de presión que se propaga con movimiento ondulatorio en todas direcciones, alejándose del foco.

La exposición al ruido ambiental, es causa de preocupación en la actualidad, por las graves molestias que origina y los efectos que tiene sobre la salud, el comportamiento de los individuos y sus actividades, así como por las consecuencias psicológicas y sociales que conlleva.

La población en general, esta expuesta a niveles de ruido que oscilan entre los 35 y los 85 decibeles, aunque no todos los individuos de una población perciben la molestia del ruido de la misma forma, ello se debe tanto a las propias condiciones físicas del ruido, como a complejas reacciones subjetivas que no permiten prever de antemano la importancia de la molestia para una persona determinada.

RESUMEN

Los promotores del Proyecto Habitacional Colinas Country Club, vienen apoyando la realización de una serie de estudios de índole ambiental, que tiende a promover en sus actividades, un sentido ecológico que permita conocer la situación de la zona, respecto a los niveles de ruido ambiental presentes, para con ello conformar una base de datos, sobre la que posteriormente se valoren opciones para canalizar acciones que atiendan tal situación.

El principal objetivo del estudio es la evaluación del ruido ambiental, con el fin de conocer los niveles presentes y proyectarlos para el futuro uso habitacional de la zona.

Secuencia de acciones:

1. Ubicación de los puntos de medida: los puntos se distribuyeron en una extensión lineal de 1.900 metros, aproximadamente en dirección al periférico, y 330 metros en la Av. 5 de Mayo, correspondiendo así a la distancia elegida para cubrir el total de las mediciones de ruido ambiental.
2. Realización de las medidas del ruido, en cada punto seleccionado para ello.
3. Caracterización de la fuente principal del ruido registrado: tráfico rodado.
4. Caracterización del área puntual en donde se tomó la medida: se describieron las características más sobresalientes de la vegetación, así como las especies dominantes, todo ello representado en un mapa, estableciendo su correlación con el ruido monitoreado en la zona.
5. Evaluación de datos de referencia. De 75 encuestas a choferes que transitan en el periférico, se obtuvo las siguientes respuestas: 58.6% de los vehículos son coches; 52% consideran como la fuente principal de ruido, al exceso de tráfico; 73% contestó que no hay elevados niveles de ruido; así como datos de la afluencia vehicular.
6. Recopilación de información y análisis de promedio de los valores obtenidos. En un periodo total de una semana, se obtuvieron valores promedio por lapsos de una hora, en cada punto de medida, asignados como mañana, tarde y noche.

7. Mapa sonoro. Síntesis y confluencia de toda la información recopilada:

PUNTOS	COBERTURA DE VEGETACIÓN	DECIBELES
SUR		
1 - 5	Secundaria	56.1 - 57.3
6 - 23	Pino y eucalipto	54.1 - 62.0
24 - 25	Nula	60.1 - 61.4
NORTE		
1 - 2	Secundaria Pino y pasto	56.1 - 58.3
3 - 5	Secundaria característica	57.2 - 57.5
6 - 23	Pino y eucalipto	54.1 - 62.1
24 - 25	Sin vegetación	60.1 - 61.4
5 DE MAYO		
A y B	Especies arbustivas y frutales	51.0 - 61.2
C y D	Secundaria y espacio carente de vegetación	53.4 - 59.8

La zona donde se ubica el proyecto del "Desarrollo Residencial Colinas Country Club", cuenta con unos valores de ruido que, en general, están dentro de los máximos permisibles en la normativa referida.

La vegetación presente en algunos de los puntos de medida, favorece la atenuación sonora, evitando así, la propagación del sonido con intensidad constante al interior del predio.

La lucha contra el ruido, es una tarea que inicia desde la planificación urbana y se manifiesta en elementos como la arquitectura y el diseño, para proporcionar al ser humano un factor de calidad ambiental, en el entorno que le rodea, obviamente es labor de cada entidad actuar dentro de sus posibilidades, pero la realización de estudios de ruido ambiental, da la pauta para conocer y de esta forma atender con todos los fundamentos técnicos necesarios, la problemática particular que implica el ruido dentro de las condiciones de Salud Ambiental.

Ruido en Ambientes Académicos.
Caso U.P. Adolfo López Mateos
Beristain, Sergio
ESIME, IMA
Cuarto Congreso Mexicano de Acústica

RESUMEN

En la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional en México, se ha venido desarrollando un proyecto con el tema de "Evaluación de ruido en Ambientes Académicos", a lo largo del cual se realizaron lecturas de ruido en el interior y exterior de escuelas a diversos niveles educativos. En este trabajo se analizan los niveles de ruido y condiciones encontrados en y alrededor de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos, ubicada al norte de la ciudad de México, en la colonia Lindavista. En general, puede decirse que el ruido de la institución hacia la comunidad es insignificante, sin embargo se identificaron algunas zonas, condiciones y momentos en que se cuenta con altos niveles de ruido que afectan la actividad académica.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de "Evaluación de ruido en Ambientes Académicos", el cual sirve de marco de referencia para el presente trabajo, tiene como objetivo fundamental el de determinar las condiciones actuales del ruido generado por la comunidad (zona habitacional, zona comercial y tráfico), hacia las instituciones educativas, así como del producido por la propia institución educativa, tanto por sus actividades normales, como por aquellas que no tengan que ver con el proceso de enseñanza - aprendizaje, y que puede afectar sus actividades normales o a las de la comunidad en la que se encuentre ubicada. En la Unidad Profesional Adolfo López Mateos del Instituto Politécnico Nacional, se realizó una serie de mediciones de niveles de ruido ambiente en el interior de salones y laboratorios, con y sin clases, en pasillos, oficinas y áreas verdes con y sin actividad, en la zona perimetral de la Unidad, y en zonas aledañas (para determinar el nivel de ruido de fondo).

En los salones, pasillos, oficinas, etc. se realizaron mediciones de ruido considerando los niveles instantáneos en db(A) con el fin de calcular el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE), además de los valores Máximos y Mínimos para establecer las variaciones típicas de octava para determinar la o las regiones del espectro de frecuencias audibles de los sonidos de mayor amplitud.

CONCLUSIONES

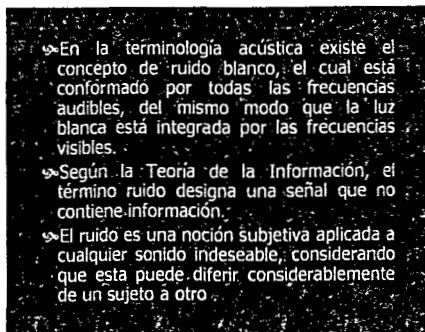
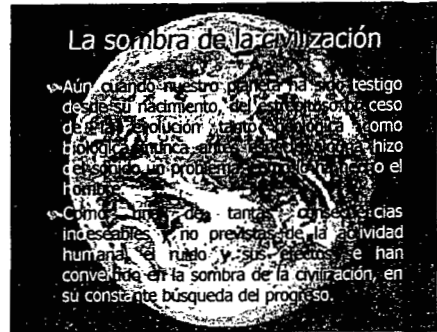
En el caso de la Unidad Profesional Adolfo López Mateos, no se encontraron niveles de ruido que constituyan un riesgo de daño a la sensibilidad auditiva de profesores y estudiantes. Tomando en cuenta que las escuelas se ubican a una distancia considerable de las calles y avenidas circundantes, el ruido de la comunidad resulta despreciable en la mayoría de los casos, salvo en la ESIA, la cual se encuentra localizada entre avenidas con tráfico pesado que incluye taxis, camiones y tráileres. El ruido más molesto para la comunidad está constituido por la actividad de jardinería, la cual muy bien podría realizarse en horarios fuera de clases, de 13:00 a 16:00 horas, entre semana y los fines de semana.

Hay a lo largo del día en horarios y en épocas variables del año, ruido producido por la algarabía o actividades "deportivas" y en ocasiones "culturales", en los pasillos externos y jardines de la unidad que también llegan a ser excesivos, pero de ocurrencia poco frecuente.

6.3 DIAPORAMA DE CONTAMINACIÓN POR RUIDO

El diaporama de este anexo pretende facilitar la enseñanza, instrucción y capacitación en torno al tema por ser un instrumento didáctico de exposición que incrementa la comprensión y retención de la información.

El diaporama está elaborado con base a la información e imágenes de la antología, de los libros citados en la bibliografía de la misma, de la enciclopedia Encarta 99 y de páginas especializadas en Internet.



¿Qué es el sonido?

- El sonido es una onda longitudinal, cuya energía vibratoria se transmite a las moléculas del medio moviéndolas hacia delante y hacia atrás, de forma paralela a la dirección de propagación. En otras palabras, es una variación de presión en el aire, el agua, o cualquier otro medio.
- Una vibración sonora que se propaga en el aire, puede estimular al oído humano, siempre que esta tenga una frecuencia comprendida entre 15 y 20.000 hertz.

Características físicas del sonido

- Cualquier sonido sencillo, como una nota musical, puede describirse especificando tres características de su percepción: tono, intensidad y timbre.
- Estas características corresponden exactamente a tres parámetros físicos: frecuencia, amplitud y composición armónica o forma de onda.
- Dado que el ruido es un sonido complejo, es decir una mezcla de diferentes frecuencias o notas sin relación armónica, su comprensión requiere del conocimiento de los parámetros citados.

Frecuencia y Tono

- La frecuencia de una onda de sonido es una medida del número de vibraciones por segundo de un punto determinado.
- Es la frecuencia la que determina el tono de un sonido, según el grado de elevación de un sonido. El tono es la diferencia que media entre una nota musical y la siguiente.

Amplitud e Intensidad

- La amplitud de un sonido es el grado de movimiento de las moléculas en la onda, que corresponde a la intensidad de las crestas y valles que la acompañan. Cuanto mayor es la amplitud de onda, más intensamente golpean las moléculas el tímpano y más fuerte es el sonido percibido.
- La distancia a la que se puede oír un sonido depende de su intensidad, que es el flujo medio de energía por unidad de área perpendicular a la dirección de propagación, teniendo en cuenta que las propiedades físicas del aire (temperatura, presión o humedad) producen amortiguación y dispersión de las ondas sonoras.

Composición Armónica y Timbre

- El sonido generalmente está compuesto por tonos secundarios, cuyas frecuencias guardan una relación armónica entre sí y determinan el timbre del sonido.
- Es difícil que los tonos puros o secundarios de un sonido lleguen al mecanismo interno del oído, sin sufrir cambios, por lo que el oyente percibe variaciones de timbre.

- El aire, por ejemplo, ejerce una atenuación sonora de 6 dB cada vez que se duplica la distancia a la fuente, debido a una relación inversamente proporcional entre la humedad relativa del aire y la intensidad sonora.
- La propagación de una onda sonora también puede ser alterada interponiendo un obstáculo o barrera en su trayectoria de propagación, con lo cual una parte de la energía sonora es absorbida por la barrera, mientras que el resto es reflejada o refractada.

Velocidad del sonido

El grado de elasticidad de cada por lo que depende de la velocidad de propagación de una onda sonora y es la densidad sonora, de cualquier modo, la velocidad del sonido se incrementa con el mismo grado a la misma temperatura.

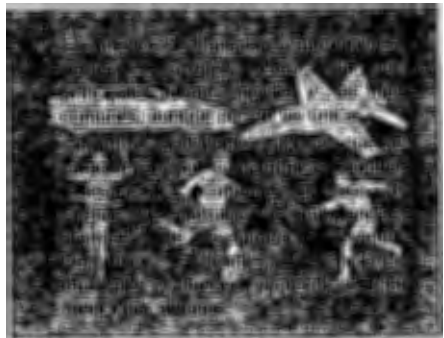
La velocidad de propagación del sonido en el aire seco a una temperatura de 0°C es de 331 m/s, y aumenta de 0.6 m/s por cada grado de temperatura.

- Generalmente, el sonido se propaga a mayor velocidad en líquidos y sólidos que en gases, debido al efecto de la densidad, ya que la velocidad del sonido varía de forma inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad.
- La velocidad también varía de forma proporcional a la raíz cuadrada de la elasticidad del medio. Por ejemplo, la velocidad del sonido en el agua es de unos 1.500 m/s a temperaturas ordinarias, pero aumenta mucho al subir la temperatura.
- En la mayoría de los gases, la velocidad del sonido también depende del calor específico que afecta a la propagación de las ondas de sonido.

Sistema de la Contaminación por Ruido

En nuestro mundo es bullicio, ruido y transformación. La naturaleza misma, es una fuente inagotable de ruidos: las explosiones volcánicas, los truenos, el viento, el oleaje del mar, las avalanchas, las cascadas, etc.

Sin embargo, son los sonidos de la actividad humana los que han dado lugar a problemas de contaminación por ruido, a través de dos tipos de fuentes bien identificadas, las fijas y las móviles.



¿ Cómo se mide el ruido ?

Es importante considerar que, desde el punto de vista físico, el sonido existe aún cuando no haya un receptor que lo perciba, a diferencia del ruido como sensación auditiva, que requiere la presencia de un receptor. De aquí que los denominados ruidos blancos (audibles) sean el centro de atención de las mediciones que realizan los investigadores para conocer y evaluar sus efectos.

La magnitud del sonido percibido o sonoridad, es una caracterización subjetiva de la sensación sonora que experimenta el oyente, y está determinada en parte, por el hecho de que el oído humano no tiene la misma sensibilidad a todas las frecuencias.

Debido a su aproximación satisfactoria a la percepción del oído humano, la escala de los decibeles (dB) permite cuantificar objetivamente la sonoridad de un ruido con base a su nivel de presión.

El flujo de energía mecánica asociada a una onda sonora, genera variaciones de presión en el aire, que pueden ser detectadas por el sonómetro, el cual determina en decibels la exposición global, es decir las propiedades físicas de un sonido y la percepción subjetiva del receptor.

Dado que el oído humano no tiene la misma sensibilidad a todas las frecuencias, potencias e intensidades acústicas, el sonómetro está equipado con varios circuitos electrónicos o sistemas de ponderación que determinan objetivamente la magnitud del sonido percibido, o sonoridad, con una sensibilidad similar a la del oído humano.

El oído y la capacidad auditiva

El aparato auditivo humano comprende tres regiones, el oído externo, el oído medio y el oído interno.

El oído externo comprende la oreja o pabellón auditivo, el conducto auditivo externo (de tres centímetros de longitud aproximadamente) y el tímpano.

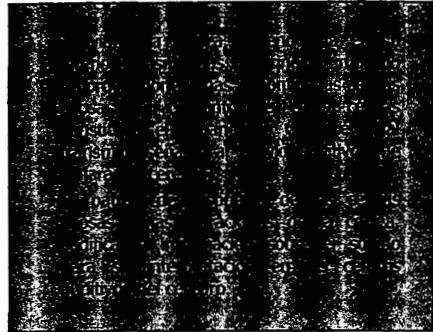
El oído medio en comunicación directa con la nariz y la gargata a través de la trompa de Eustaquio (alberga una cadena de huesecillos móviles (martillo, yunque y estribo) que conectan acústicamente al tímpano con el líquido del oído interno.

El oído interno está formado por la cóclea o caracol, los canales semicirculares y el vestíbulo, por los que fluye la endolinfa.

Los canales semicirculares conectados entre sí por el vestíbulo, son sensibles a la gravedad y a la aceleración, así como a la postura y movimientos de la cabeza.

Las ondas sonoras que llegan al pebellón auditivo, modifican la presión del aire dentro del conducto auditivo.

El tímpano vibra y las ondas que produce son amplificadas y transmitidas por los huesecillos del oído medio, hasta el líquido del oído interno, a través de la ventana oval de la cóclea.



Sordera ocupacional. Lesión del oído interno por exposición continua a ruidos de elevada intensidad en ambientes laborales.

Presbiacusia. Pérdida de la audición por envejecimiento del oído con el paso del tiempo.

No obstante, el oído no es el único órgano vulnerable al ruido, ya que este también afecta al resto del organismo generando alteraciones no auditivas, sino psicológicas o fisiológicas.

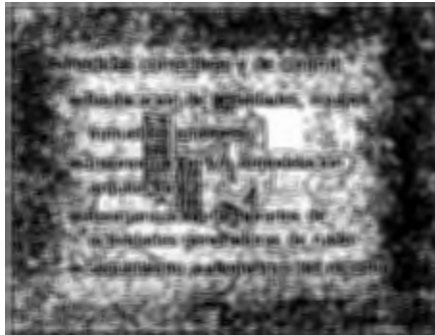
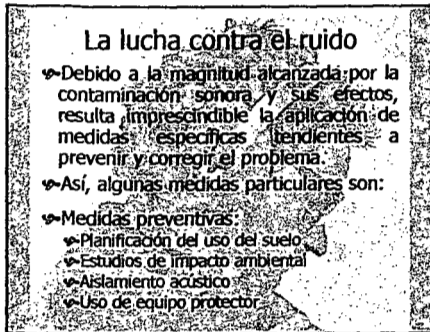
Entre los efectos psicológicos, destacan las alteraciones emocionales, como ansiedad, irritabilidad, inseguridad, agresividad, etc., además inteligencia como consecuencia de fatiga mental, falta de concentración, disminución del rendimiento y aumento de accidentes laborales.

Por su parte, los efectos fisiológicos se manifiestan en alteraciones del sistema nervioso central, como son trastornos de la conciencia, pérdida del conocimiento, aumento de la tensión vascular cerebral y disminución de la capacidad motriz e intelectual.

Asimismo, se presentan efectos en el sistema cardiovascular y el aparato digestivo, tales como alteraciones del ritmo cardíaco, hipertensión, acidez estomacal e incidencia de úlceras.

El ruido también puede provocar disminución del campo visual, modificaciones en la percepción de los colores, dilatación de pupilas y alteraciones de la visión nocturna.

En general, todos los efectos del ruido repercuten directamente sobre la calidad de vida del hombre y la armonía en sus relaciones.



6.4. TRÍPTICO DE CONTAMINACIÓN POR RUIDO Y SONOMETRÍA

El Tríptico de este anexo tiene como objetivo divulgar el marco teórico y algunas generalidades del tema, por ser un medio informativo accesible para cualquier persona.

El Tríptico también fue elaborado con base a la información de la antología y tiene por objetivo servir como medio de difusión y sensibilización, sencillo pero atractivo para la población en general, mediante una visión general del tema.

DIRECTORIO

M.C. Salvador Mena Munguía
Rector del CUCBA

M.C. Santiago Sánchez Preciado
Secretario Académico

Dr. Arturo Orozco Barocio
Director de la División de Ciencias
Biológicas y Ambientales

M.C. Víctor Bedoy Velázquez
Jefe del Departamento
de Ciencias Ambientales

Dr. Arturo Curiel Ballesteros
Director del Instituto de Medio Ambiente
y Comunidades Humanas

Dra. Martha Georgina Orozco Medina
Responsable del Proyecto
Contaminación por Ruido y Sonometría
morozco@cucba.udg.mx

Laura López Muñoz
Responsable de Edición
del Paquete Didáctico
reciclositas@hotmail.com

CONTAMINACIÓN

POR RUIDO

Y

SONOMETRÍA



LAURA LÓPEZ MUÑOZ

CENTRO UNIVERSITARIO
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Y

AGROPECUARIAS

RUIDOMETRO

Nivel de Presión Sonora, dB(A)	Presión Sonora, Pa
120	20
Taladro neumático	10
110	Concierto de Rock
Taller textil	5
100	2
Imprenta de periódico	1
90	0.5
Camión de diesel a 40 mph	Máquina fresadora
80	0.2
	Colector de basura
70	0.1
Automóvil a 50 mph	Clínica de vacunación
60	0.05
Conversación	Aire acondicionado
50	0.01
40	0.005
Habitación tranquila	0.002
30	0.001
20	0.0005
10	0.0002
0	0.0001
	0.00006
	0.00002

(Adaptado López, 2002)

Debido a su aproximación satisfactoria a la percepción del oído humano, la escala de los dB(A) permite cuantificar objetivamente la sonoridad de un ruido con base a su nivel de presión (BRÜEL & KJAER, 1984).



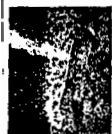
Aún cuando la naturaleza por si misma, es una fuente inagotable de



sonidos, es la actividad humana la que ha hecho del ruido el contaminante ambiental más molesto y difundido en nuestro mundo.



El ruido es una noción subjetiva aplicada a cualquier sonido audible indeseable, el cual será considerado como ruido, en función de la idiosincrasia del individuo receptor y sus reacciones de rechazo.

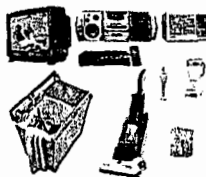


Según la fuente emisora, los ruidos pueden clasificarse como estacionarios o móviles.

Entre los primeros destacan las emisiones sonoras de:

- la industria
- la construcción
- el ruido de vecindad
-

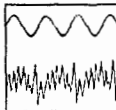
Este último es generado por el uso inadecuado de los distintos aparatos electrodomésticos, motivo por el cual también se denomina ruido comunitario.



Por su parte, los ruidos de fuentes móviles incluyen:

- medios de transporte en general
- eventos deportivos
- conciertos musicales
- sirenas de patrullas y ambulancias
- alarmas de seguridad
- desfiles
- fuegos pirotécnicos

El sonido es una onda longitudinal, cuya energía vibratoria se transmite a las moléculas del medio propagador.



El flujo de energía mecánica asociada a una onda sonora, genera variaciones de presión que pueden ser detectadas por el sonómetro, el cual determina en decibeles



la exposición global, es decir las propiedades físicas de un sonido y la percepción subjetiva del receptor.

Para ello, el sonómetro está equipado con varios circuitos electrónicos o sistemas de ponderación que reaccionan de manera similar al oído humano, que no tiene la misma sensibilidad a todas las frecuencias, potencias e intensidades acústicas.



Cuando la frecuencia y la intensidad de una onda sonora sobrepasan la capacidad receptiva del oído, pueden tener efectos como pérdida de la audición, desgarramiento del tímpano y sordera.

El ruido también tiene efectos no auditivos, ya que afecta igualmente al sistema nervioso central, al sistema cardiovascular y al aparato digestivo, provocando alteraciones psicológicas y fisiológicas.



Dado que los efectos del ruido repercuten directamente sobre la calidad de vida de hombre y la armonía en sus relaciones, la lucha requiere medidas preventivas, correctivas e incitativas.

No obstante, el punto de partida en la lucha contra el ruido radica en un comportamiento individual respetuoso y solidario, basado en el conocimiento y apego a los reglamentos correspondientes, con el fin de evitar infringirlos y fomentar su cumplimiento a través del compromiso social.



GLOSARIO

Acústica: Parte de la física que se ocupa de la formación y propagación de los sonidos.

Absorción: Reducción de la potencia de los sonidos al atravesar un medio al cual ceden parte de su energía o bien al disiparse sobre la superficie que separa dos medios diferentes.

Amortiguación: Disminución de la amplitud de una onda sonora, por la pérdida de energía que se genera en un cambio de medio.

Bel: Índice empleado en la cuantificación de diferencias de logaritmos. //Unidad para medir las variaciones de la potencia sonora.

Biaural: Capacidad de un oyente sano de percibir una señal sonora mediante ambos oídos.

Calor específico: Calor necesario para elevar 1° la temperatura de la unidad de masa del medio propagador.

CEE: Comunidad Económica Europea.

Decibel: Décima parte de un bel. Su símbolo es dB.

Decibel A: También dB(A), décima parte de un bel, con la malla de ponderación A, que responde de manera similar a la respuesta auditiva del oído humano.

Densidad: Relación entre la masa de un cuerpo sólido o líquido, y la masa de agua a 4° que ocupa el mismo volumen. Relación entre la masa de un gas y la masa de aire que, en idénticas condiciones de temperatura y presión, ocupa el mismo volumen.

Difracción (sonora): Fenómeno en virtud del cual las ondas luminosas, acústicas o radioeléctricas contornean los obstáculos como si no se propagaran en línea recta.

Dispersión (sonora): Separación de una onda acústica compleja en ondas elementales, al atravesar un medio en el cual sus velocidades son diferentes.

Elasticidad: Propiedad que tienen los cuerpos deformados por la acción de una fuerza externa, de recobrar su forma original al cesar dicha fuerza.

Interferencia: Efecto que se produce cuando dos o más ondas sonoras desfasadas, se entrecruzan produciendo distorsión.

Nivel equivalente (L_{eq}): Es el nivel de presión acústica uniforme y constante que contiene la misma energía, que el ruido producido en forma fluctuante por una fuente, durante un período de observación.

Pascal: Unidad de presión en el sistema internacional, equivalente a la presión que ejercería una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 m². Su símbolo es Pa.

Perilinfia: Líquido que llena los conductos vestibular y timpánico. Su función es transmitir los impulsos producidos por las vibraciones sonoras. Su composición es parecida a la del líquido cefalorraquídeo, y tiene una elevada concentración de sodio y baja de potasio.

Potencia acústica: Energía acústica total emitida por una fuente en una unidad de tiempo. Se mide en watts.

Reflexión (sonora): Reflexión. Fenómeno que se origina cuando las ondas sonoras chocan con una barrera impermeable al sonido y rebotan o se reflejan con una trayectoria diferente (ejem. Eco).

Refracción (sonora): Refracción. Desviación de las ondas sonoras de su trayectoria original, cuando en ella se interpone una barrera semipermeable al sonido.

Resonancia: Situación en la que un sistema mecánico, estructural o acústico vibra en respuesta a una fuerza aplicada con la misma frecuencia natural del sistema o con una frecuencia próxima.

Reverberación: Persistencia de los sonidos en un local, después de han dejado de ser emitidos. Resulta de numerosos ecos producidos al reflejarse las ondas sonoras repetidas veces en superficies poco absorbentes.

Sombra sonora: Zona de atenuación sonora creada por la presencia de obstáculos en la trayectoria de propagación del sonido.

Teoría de la Información: Teoría relacionada con las leyes matemáticas que rige la transmisión y el procesamiento de la información.

Viscosidad: Propiedad de los fluidos en los que el roce entre las moléculas, opone resistencia al movimiento uniforme de su masa. Estado de los líquidos espesos y pegajosos.

Zona muerta: Área donde ciertas gamas de frecuencias quedan eliminadas por efecto de la interferencia.

BIBLIOGRAFIA

- **ALAMAR, M.; GARCIA, A.** Estudio de ruido ambiental en Alcoi. Tecni-acústica. 1993, Valladolid, España.
- **ARANA, B.; GARCIA, A.** Estudio de ruido ambiental en Pamplona. Revista de Acústica. 1990, España.
- **BEHAR, A.** El Ruido y su Control, Trillas. 1994, México.
- **BRÜEL & KJAER.** Environmental Noise Measurement. Operating Technical Manual. Septiembre, 1984, Dinamarca.
- **BRÜEL & KJAER.** Las Mediciones del Ruido Urbano. 1980, Dinamarca.
- **BRÜEL & KJAER.** Measuring sound. Operating Technical Manual. Septiembre, 1984, Dinamarca.
- **CARDENAS, G.; HUERTA, T.; ADAME, W.** Ruido: el Punto de Vista de los Habitantes del Área Metropolitana de la Ciudad Monterrey. Memorias del 1er. Congreso Mexicano de Acústica. 1994, Monterrey, Nuevo León, México.
- **DOCUMENTOS HISTORICOS,** Legislación General Aplicada en el Municipio de Guadalajara, Volumen I, H. Ayuntamiento de Guadalajara, 1992-1995.
- **DOCUMENTOS HISTORICOS,** Legislación General Aplicada en el Municipio de Guadalajara, Volumen II, H. Ayuntamiento de Guadalajara 1992-1995.
- **DELGADILLO, S.** Contribución al Estudio de Ruido Ambiental, Fundamentos Teóricos y Problemática en la Zona Centro de la Ciudad de Guadalajara. Tesis Profesional. Abril, 1998. Zapopan, Jalisco, México.
- **DOMINGUEZ, G.; LOPEZ, L.** Análisis de Frecuencia del Ruido en la Cd. de México y Zona Metropolitana. Memorias del 2do. Congreso Mexicano de Acústica. 1995, Guadalajara, Jalisco, México.
- **DOMINGUEZ, G.** Ruido, El Contaminante Nuestro de Cada Día. Memorias del 1er. Congreso Mexicano de Acústica. 1994, Monterrey, Nuevo León, México.
- **ENCICLOPEDIA MICROSOFT ENCARTA 99.** 1993 - 1998, Microsoft Corporation.
- **FLORES, M.; VIDAL, L.** La Problemática de Ruido en el Área Metropolitana de la Cd. de Monterrey. Memorias del 1er. Congreso Mexicano de Acústica. 1994, Monterrey, Nuevo León, México.
- **GARCIA, A.** Algunas consideraciones sobre la contaminación acústica en zonas urbanas. Universidad de Valencia. 1993, Valencia, España.

- GARCIA, A. Estudio de la relación entre la presión arterial y la exposición laboral al ruido. Volumen 98, No. 1. Depto. de Salud Pública, Medicina Preventiva y Medicina Clínica. 1992, Valencia, España.
- GARCIA, A. Estudio del Ruido Ambiental en la Comunidad Valenciana. Departamento de Física Aplicada. 1994, Valencia, España.
- GARCIA, A.; GARRIGUES, J. Estudio de Ruido Ambiental en 2 ciudades pequeñas de la comunidad Valenciana. Laboratorio de Acústica. Universidad de Valencia. 1991, Valencia, España.
- GARCIA, A.; GARRIGUES, J. Respuesta de los Valencianos ante el ruido ambiental. Universidad de Valencia. 1994, Valencia, España.
- GARCIA, A.; MARCOS, A. Medida de Ruido Ambiental en la Comunidad Valenciana. Universidad de Valencia. 1994, Valencia, España.
- GARCIA, R. La evolución temporal de la contaminación sonora en la Ciudad de Valencia. Universidad de Valencia. 1992, Valencia, España.
- GARCIA, R. La contaminación acústica en zonas urbanas. 1986, Valencia, España.
- LIZANA, P.; NEGRETE, R. Sonómetro Digital. Memorias del 1er. Congreso Mexicano de Acústica. 1994, Monterrey, Nuevo León, México.
- LLANAS, P. La Conservación de la Audición. Memorias del 1er. Congreso Mexicano de Acústica. 1994. Monterrey, Nuevo León, México.
- MERCADO, D.; ORTEGA, A.; LUNA, L.; ESTRADA, R. El Sonido en Relación con la Percepción Dentro de la Vivienda. Memorias del 2do. Congreso Mexicano de Acústica. 1995. Guadalajara, Jalisco, México.
- MORALES, S.; LLOPIS, G. Evaluación de los efectos de ruido ambiental sobre los residentes en el Centro Histórico de Valencia. 1991. Valencia, España.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-080- ECOL-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. Secretaría de Desarrollo Social. Diario Oficial de la Federación, 13 Enero 1995, México.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-081-ECOL-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Secretaría de Desarrollo Social. Diario Oficial de la Federación, Enero 1995, México.

- **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-STPS-1993.** Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo en donde se genere ruido. Secretaría del Trabajo Y Previsión Social. Diario Oficial de la Federación, México.
- **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-080-STPS-1993.** Higiene Industrial - Medio Ambiente Laboral. Determinación del nivel sonoro continuo equivalente al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo. Secretaría del Trabajo Y Previsión Social. Diario Oficial de la Federación, México.
- **OCHOA, P.; BOLAÑOS, F.** Medida y Control del Ruido. Morcombo Editores. 1990, Barcelona, España.
- **OROZCO, M.; DELGADILLO, S. et al.** Estudio Preliminar de Ruido Ambiental en la Zona Centro de Guadalajara, 2do. Congreso Mexicano de Acústica, Septiembre, 1995. Guadalajara, México.
- **OROZCO, M.; DELGADILLO, S.; ROMERO L.; FRIAS, U.** Estudio de Ruido Ambiental, Desarrollo Residencial Colinas Country Club. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Desarrollo Residencial Colinas Country Club, 1995, Guadalajara, México.
- **OROZCO, M.; DELGADILLO, S.; SALINAS, B.; HERNANDEZ, P.; GARCIA, V.; BERISTAIN, MUÑOZ, A.** Apuntes para el curso de Contaminación por Ruido y Sonometría. Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, CUCBA, CUCS, U de G. Julio, 1997. Guadalajara, México.
- **PROGRAMA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA 1997-2001.** Gobierno del Estado de Jalisco, SEMARNAP, Secretaría de Salud. Guadalajara, Jal., México. Marzo de 1997.
- **PRO HÁBITAT.** La Zona Metropolitana de Guadalajara en Indicadores hacia el Desarrollo Sustentable. Guadalajara, Jal, 1997.
- **SANZ SA, José Manuel.** El ruido. M.O.P.U. 1987, Madrid, España.
- **SEBALLOS, S., Salazar, A.** Evaluación Diagnostica, Localización de un Colegio. Santiago, Chile. Memorias del 2do. Congreso Mexicano de Acústica. 1995, Guadalajara, Jalisco, México.
- **SEBALLOS, S., Salazar, M.** Ruido en Ambientes Académicos Ruido Ocupacional o Ruido No Ocupacional. Santiago, Chile. Memorias del 1er. Congreso Mexicano de Acústica. 1994, Monterrey, Nuevo León, México.
- **SERVIN, R.** Contaminación Ambiental por Ruido. Memorias del 1er. Congreso Mexicano de Acústica. 1994, Monterrey, Nuevo León, México.
- **SORIANO, L.** Contaminación por Ruido Ambiental. Memorias del 2do. Congreso Mexicano de Acústica. 1995, Guadalajara, Jalisco, México.