

1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO CUALITATIVO DE RUIDO AMBIENTAL  
EN UNA INSTITUCION EDUCATIVA

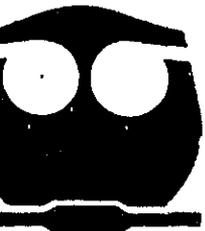
**TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS  
DE EDUCACION CONTINUA**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Q U I M I C O

P R E S E N T A :

MIGUEL ANGEL AGUILAR ESTRADA



MEXICO, D. F.

1999



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

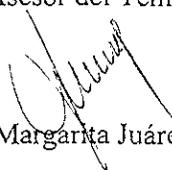
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

Jurado asignado:

|               |   |
|---------------|---|
| Presidente    | Q. Guillermina Sánchez Salinas            |
| Vocal         | M. En I. Margarita Juárez Nájera          |
| Secretario    | Q. Irma Cruz Gavilán García               |
| 1er. Suplente | I.Q. José Antonio Castañeda Cid Del Prado |
| 2º. Suplente  | I.Q. Mario Martínez Martínez              |

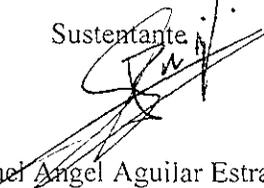
Sitio donde se desarrolló el tema  
Colegio Vista Hermosa

Asesor del Tema



M. en I. Margarita Juárez Nájera

Sustentante



Miguel Ángel Aguilar Estrada

# INDICE

## PROLOGO

### CAPITULO I

#### FUNDAMENTOS Y PRINCIPIOS BASICOS DE LA ACUSTICA

- 1 Definición
- 2 Características del sonido.
- 3 Velocidad del sonido.
- 4 Intensidad del sonido.
- 5 Niveles de intensidad. Decibeles.
- 6 La altura o el tono de un sonido.
- 7 El timbre.

### CAPITULO II

#### FISIOLOGIA DE LA AUDICION

- 1 Oído externo.
- 2 Oído medio.
- 3 Oído interno.
- 4 Pérdida del oído.

### CAPITULO III

#### LEGISLACION SOBRE EL RUIDO

- 1 Disposiciones generales. Ley General Del Equilibrio Ecológico Y La Protección Al Ambiente .
- 2 Reglamento Para la Protección Del Ambiente Contra La Contaminacion Originada Por La Emisión Del Ruido.
  - 2.1 De la emisión del ruido.
  - 2.2 De las medidas de orientación y educación
  - 2.3 De la vigilancia e inspección de ruido
- 3 Niveles de ruido.
  - 3.1 Niveles de ruido para vehículos según el peso bruto
  - 3.2 Niveles de ruido permitidos en México, Suecia, Alemania, Austria y Suiza.
  - 3.3 Niveles de ruido permitido en Estados Unidos de Norteamérica

### CAPITULO IV

#### FUNDAMENTOS DEL RUIDO

- 1 Definición
- 2 Características del ruido
- 3 Ruido provocado por el transporte terrestre
- 3.1 El concepto de nivel

## CAPITULO V

### RECOMENDACIONES PARA REDUCIR EL RUIDO.

|     |   |
|-----|---|
| 1   | Antecedentes Descripción del problema y su análisis.        |
| 2   | Encuesta sobre ruido en las aulas del Colegio Vista Hermosa |
| 3   | Control de ruido y recomendaciones                          |
| 3 1 | Pantallas antirruído  |
| 3 2 | Absorción del ruido.  |
| 4   | Recomendaciones   |

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFÍA GENERAL.

### ANEXO I

### GLOSARIO

### INDICE DE FIGURAS

|        |   |
|--------|---|
| Fig. 1 | Generación de ondas de presión en el aire por una membrana vibratoria |
| Fig. 2 | Partes del oído humano  |
| Fig. 3 | Gráfica del ruido común   |
| Fig. 4 | Ejemplos para la reducción del ruido.                                 |
| Fig. 5 | Nomogramas para obtener en forma teórica la reducción del ruido       |
| Fig. 6 | Ruido característico de camiones vs distancia de tres tipos de camino |
| Fig. 7 | Sección transversal de la barda del Colegio Vista Hermosa             |

### INDICE DE CUADROS

|          |   |
|----------|---|
| Cuadro 1 | Velocidad del Sonido En Algunos Gases, Líquidos Y Sólidos   |
| Cuadro 2 | Niveles e Intensidades De Los Sonidos Más Comunes.  |
| Cuadro 3 | Niveles de ruido permitidos en México para vehículos según el peso bruto  |
| Cuadro 4 | Niveles de ruido permitidos en México, Suecia, Alemania, Austria y Suiza  |
| Cuadro 5 | Niveles de ruido permitidos en Estados Unidos   |
| Cuadro 6 | Reducciones que se obtienen en los niveles de ruido por el tipo de estructura y las condiciones en las ventanas |
| Cuadro 7 | Coefficientes de absorción de diversos materiales   |

## PRÓLOGO

Este trabajo se elabora para contribuir con las instituciones educativas y otras organizaciones a las que por su ubicación dentro de las grandes ciudades como la Ciudad de México, se encuentran rodeadas de una serie de calles, avenidas y hasta autopistas por las que circulan una gran cantidad de vehículos en forma continua, provocando una contaminación al ambiente por la generación de ruido y por la emanación de gases derivados de los productos empleados en los sistemas de combustión interna. Los vehículos se denominan *fuentes móviles generadoras de contaminación por ruido*, mismas, que provocan una alteración considerable al buen funcionamiento en los centros de trabajo donde se ocasionan molestias importantes en las personas.

Para reducir la fuente, se necesita básicamente eliminarla, y si esto no es posible, por lo menos aislarla perfectamente, lo cuál resulta económicamente imposible si se trata de fuentes móviles ya que aquí se refiere a los vehículos que transitan sobre una avenida y cuya emisión sonora afecta el buen desarrollo de las clases que se imparten en las aulas del Colegio Vista Hermosa.

El objetivo del presente trabajo es el de dar a conocer un estudio cualitativo de ruido perimetral, y ofrecer algunas posibles soluciones al problema que provocan los vehículos automotores que afectan a una institución educativa.

En el Capítulo I, se describe en forma amplia, como se genera el sonido, sus características, de que forma se propaga en el medio, a que velocidades se transporta; y en que unidades se determina una medición sonora

Se describe la fisiología del oído humano en el Capítulo II, así como su funcionamiento y en que forma se protege ante el daño por sensaciones de ruido ambiental, cómo se percibe el ruido y los efectos que este provoca en el ser humano.

El Capítulo III presenta el marco legal que deben cumplir los responsables de los vehículos automotores para proteger a la población; así como permitir a las organizaciones tener una observancia de las normas para el funcionamiento en los centros de trabajo en donde se presenta una contaminación por ruido perimetral.

En el Capítulo IV se da la definición del ruido sus propiedades físicas y la relación que tiene con el transporte terrestre.

El Capítulo V menciona específicamente la problemática presentada en el Colegio Vista Hermosa ante la contaminación provocada por ruido perimetral, su análisis, y las medidas tomadas para reducir el ruido dentro de las aulas

Finalmente se presentan las conclusiones, y recomendaciones de este trabajo, un anexo y la bibliografía

## CAPITULO I

# FUNDAMENTOS Y PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ACÚSTICA

### I DEFINICIÓN

El sonido son pequeñas oscilaciones de presión, arriba y debajo de la presión atmosférica, las cuales pueden producir sensaciones auditivas. Estas sensaciones auditivas son causadas cuando las oscilaciones de presión llegan hasta la membrana auditiva provocando una vibración en esta última

Los fenómenos sonoros están relacionados con las vibraciones de los cuerpos materiales, esto se refiere que al momento de escuchar un sonido hay un cuerpo material que entra en vibración, por ejemplo, cuando una persona habla el sonido que emite es producido por sus cuerdas vocales, cuando se toca un tambor, un pedazo de madera o uno de metal, vibran estos cuerpos y lo que se escucha es un sonido producto de esa alteración en los cuerpos y en el aire o el medio de que se trate exceptuando el vacío en el que no es posible la transmisión del sonido.

Las cuerdas vocales, el parche del tambor, el metal etc. son cuerpos o fuentes sonoras que al vibrar producen ondas que se propagan en el medio material (sólido, líquido o gaseoso) situado entre ellas y nuestro oído y posteriormente se desarrolla un proceso en el interior del mismo y del cuerpo humano llegando hasta el cerebro, como se verá en el Capítulo II que trata de la fisiología del oído humano.

Según lo anterior, al sufrir un golpe un objeto metálico, este se pone en vibración y con ello se provoca en el aire una serie de compresiones y expansiones sucesivas que se propagan en dicho medio, en forma semejante a lo que sucede con un resorte cuando vibra en forma longitudinal.

Para que la persona perciba tal sensación es necesario que la frecuencia de la onda se encuentre en un rango que se conoce como umbral de la audición o rango audible, que en el caso del ser humano está determinado por los parámetros de los 20 a los 20,000 ciclo/s, también determinadas estas frecuencias en la unidad Hertz<sup>1</sup>, es decir que el rango de la audición del ser humano se encuentra entre los 20 Hz y los 20,000 Hz. Conocer este rango es de suma importancia ante las lesiones que presenta el oído provocadas por diferentes situaciones. Un sonido cuya frecuencia es menor a los 20 Hz o mayor a los 20,000 Hz no podrá producir ninguna sensación sonora en el oído de una persona.

En realidad las frecuencias audibles no están situadas rigurosamente entre los 20 Hz y los 20,000 Hz pues estos límites varían un poco entre las personas

<sup>1</sup> Un Hertz o Hz es un ciclo por segundo. Se nombra Hertz, en honor al físico alemán Heinrich Hertz (1857-1894)

Se concluye que el sonido es una onda longitudinal que se propaga en un medio material como líquido, sólido o gaseoso y cuya frecuencia se encuentra comprendida entre los 20 Hz. los 20.000 Hz. Contrariamente a lo que sucede con la luz, el sonido no se propaga en el vacío, es decir una persona no podrá percibir ninguna sensación sonora si existe vacío entre ella y la fuente generadora del sonido.

Las vibraciones que se propagan en un medio y cuya frecuencia se encuentra por debajo de los 20 Hz se conocen como infrasonidos, las vibraciones que se propagan con una frecuencia mayor a los 20,000 Hz se denominan ultrasonidos; existen experimentos que demuestran que algunos animales si logran percibir una sensación sonora con frecuencias de ultrasonido.

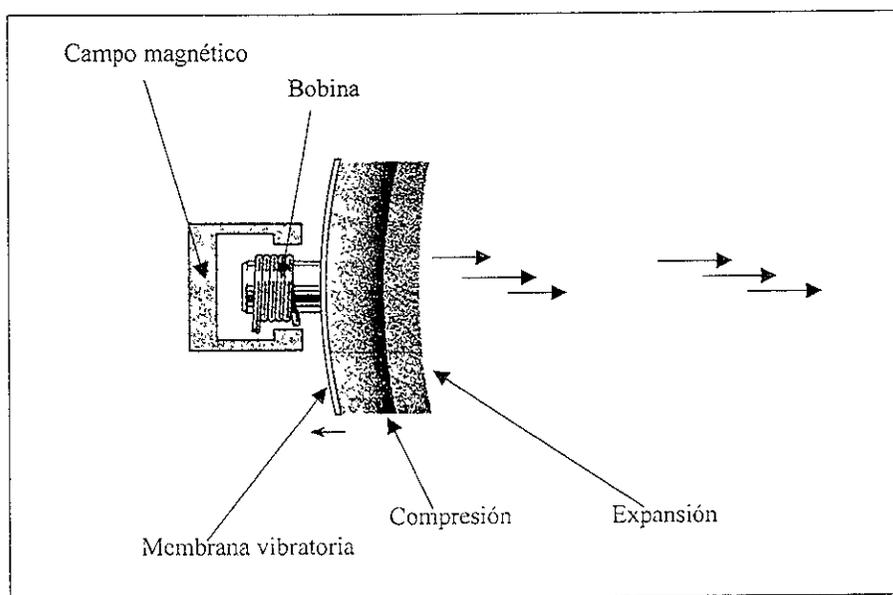


Fig 1 Generación de ondas de presión en el aire por una membrana vibratoria

Fuente Blatt Frank J Fundamentos de Física, 3ª edición, 1991. Prentice-Hall Hispanoamericana, S A pag 410

Las ondas sonoras se crean por la vibración de un objeto como se indicó anteriormente, esto hace que las moléculas del aire que se encuentran inmediatamente alrededor de dicho objeto se muevan al ritmo de dichas vibraciones (ver figura 1) y a través del medio se logran propagar estas como sucede con una perturbación ondulatoria normal en la que se tienen las características propias de una onda como son la longitud de la misma, la frecuencia, el periodo y su amplitud

En la figura 1 se observa un corte transversal de una bocina de audio en la que se localizan los elementos esenciales que la conforman y que son bobina, iman y membrana vibratoria

su funcionamiento se debe a la interacción entre la bobina y el imán provocando una vibración en la membrana que se mueve en primer término hacia la derecha y con ello se desplaza una cantidad de aire en el mismo sentido del movimiento de dicha membrana, de esta forma se aumenta la presión del aire; inmediatamente frente a la membrana medio ciclo después, el diafragma se mueve hacia la izquierda creando un vacío parcial en su lado derecho. Estas fluctuaciones de presión se propagan como una onda con una velocidad que depende del tipo de medio y de la temperatura.

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

A continuación se mencionan sólo cuatro de las características. más importantes del sonido: velocidad, intensidad, tono y timbre.

### 2.1 Velocidad del sonido.

En forma general las personas se han percatado que cuando existe una tempestad y hay relámpagos, se observa primero la luz emitida por el fenómeno y posteriormente se escucha el sonido provocado por éste, a pesar de que realmente se producen ambos en el mismo instante, sólo se oye el trueno después de haberse visto.

Se conoce que la velocidad de la luz es muy grande, alrededor de 300,000 km/s, y por lo tanto el relámpago se ve prácticamente en el mismo instante en que se produce, entonces el intervalo entre la percepción visual del relámpago y la percepción auditiva del trueno representa el tiempo que tarda en llegar hasta nuestro oído.

Una situación semejante a esta fue empleada por los científicos del siglo XVII para determinar la velocidad del sonido en el aire; una persona se colocaba a una distancia de 20 Km de un cañón, el cual era disparado observando la persona el fuego provocado por el artefacto y escuchando posteriormente el sonido de la detonación. De esta forma fue posible medir la velocidad sónica en el aire. Mediciones más recientes realizadas con mayor precisión, reportan que la velocidad del sonido en el aire a la temperatura de 20 ° C es de 340 m/s.

La especificación de la medición de la velocidad del sonido en el aire a la temperatura del experimento, se debe a que cuando la temperatura de un gas aumenta, la velocidad del sonido aumentará también por recibir las moléculas del gas una agitación que aumenta con la temperatura haciendo que la propagación de la onda sónica sea más rápida.

La velocidad con que se puede transmitir la información de las fluctuaciones locales de presión hasta un punto distante en un gas depende de alguna manera de las propiedades del propio gas. Como las moléculas de cualquier gas están en promedio muy alejadas en comparación con su tamaño, sólo mediante choques ocasionales al azar entre ellas participará en la transmisión de la onda sonora.

Para que el sonido pueda percibirse por el oído, este debe viajar o propagarse a una cierta distancia desde donde se originó. En general la velocidad del sonido en el medio de propagación dependerá de la masa y elasticidad del medio; por ejemplo en el cuadro 1 se presenta la velocidad del sonido para algunos medios gaseosos, líquidos y sólidos.

**Cuadro 1**

**VELOCIDAD DEL SONIDO EN ALGUNOS GASES, LÍQUIDOS Y SÓLIDOS**

| <b>GASES</b>              |                                 |                        |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------|
| <i>Medio</i>              | <i>Velocidad del sonido m/s</i> | <i>Temperatura ° C</i> |
| <i>Dióxido de carbono</i> | 259                             | 0                      |
| <i>Oxígeno</i>            | 316                             | 0                      |
| <i>Aire</i>               | 316                             | 0                      |
| <i>Aire</i>               | 340                             | 20                     |
| <i>Nitrógeno</i>          | 334                             | 0                      |
| <i>Helio</i>              | 965                             | 0                      |
| <b>LÍQUIDOS</b>           |                                 |                        |
| <i>Medio</i>              | <i>Velocidad del sonido m/s</i> | <i>Temperatura ° C</i> |
| <i>Alcohol</i>            | 1241                            | 0                      |
| <i>Mercurio</i>           | 1450                            | 25                     |
| <i>Agua</i>               | 1498                            | 25                     |
| <i>Agua de mar*</i>       | 1531                            | 25                     |

\* varía con la temperatura, la profundidad y la salinidad

## SÓLIDOS

| <i>Medio</i>  | <i>Velocidad del sonido m/s</i> |
|---|---------------------------------|
| <i>Caucho</i>   | <i>54</i>                       |
| <i>Corcho</i>   | <i>500</i>                      |
| <i>Hule</i>   | <i>1880</i>                     |
| <i>Plomo</i>  | <i>2100</i>                     |
| <i>Acrílico</i>                                       | <i>2700</i>                     |
| <i>Oro</i>  | <i>3000</i>                     |
| <i>Madera de pino</i>                                 | <i>3320</i>                     |
| <i>Cobre</i>  | <i>3560</i>                     |
| <i>Madera de maple</i>                                | <i>4110</i>                     |
| <i>Hierro</i>   | <i>5000 - 6000</i>              |
| <i>Madera de arce en el<br/>sentido de las fibras</i> | <i>4110</i>                     |
| <i>Aluminio</i>                                       | <i>5152</i>                     |
| <i>Vidrio</i>   | <i>6000</i>                     |
| <i>Granito</i>  | <i>6000</i>                     |
| <i>Tierra</i><br>a través de las capas terrestres     | <i>7000 - 13000</i>             |

Fuente. Blatt Frank J Fundamentos de Física, 3ª edición, 1991 Prentice-Hall Hispanoamericana,  
S A pag 410.

En los líquidos y de manera especial en los sólidos, los efectos de las fluctuaciones locales de la presión se transmiten mucho más rápidamente que en los gases porque el desplazamiento de un átomo se da interactuando con las moléculas vecinas debido a las propias fuerzas de interacción y no como resultado de interacciones al azar que se presenta en el caso de los gases donde las distancias entre las moléculas es mucho mayor que en los sólidos y los líquidos

## 2.2 Intensidad del sonido.

La intensidad o potencia de las ondas sonoras es la medida de la energía que produce un sonido al pasar cada segundo a través de un área determinada, dicha área se encuentra en posición perpendicular a la dirección de transmisión del sonido. Al igual que los diferentes movimientos ondulatorios, la intensidad de una onda depende de su amplitud y se expresa con la unidad del Sistema Internacional en  $\text{watt/m}^2$ . Otras unidades que son empleadas también para determinar la intensidad de una onda sonora son el microwatt y el decibel<sup>2</sup>

Para comprender mejor la unidad de intensidad del sonido conocida como microwatt, se puede indicar que el sonido generado en una conversación muy ruidosa es de 1,000 microwatt. a diferencia de hablar con susurro en la que se tiene hasta 0.1 microwatt, observándose una caída sustancial. de potencia

La unidad de intensidad sonora o potencia sonora llamada Bel, es la sonoridad de un sonido cuya intensidad es diez veces su valor umbral. El Bel es una unidad que se calcula con el logaritmo de base diez de la relación de una intensidad sonora con otra que es diez veces más débil. El decibel es la décima parte de un Bel, esta unidad es empleada en la acústica debido al umbral de percepción del oído humano, el sentido del oído no logra percibir diferencias de sonoridad inferiores a un decibel. Un decibel se expresa:

$$1 \text{ db} = 10 \log 10 I / I_0$$

donde  $I_0$  es la intensidad del sonido en el umbral de  $10^{-12} \text{ w/m}^2$ .

La intensidad  $I$  es considerada como una cualidad del sonido por medio de la cuál se pueden distinguir los sonidos fuertes de los sonidos débiles. Esta cualidad depende exclusivamente de la amplitud de la onda sonora, obteniéndose sonidos mas fuertes o de mayor potencia cuando la amplitud de las ondas sonoras aumenta, mientras que a menores amplitudes se tendrán sonidos más débiles

Por lo tanto la potencia transmitida por una onda viajera en una cuerda es proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda. Esta relación se observa con otras ondas mecánicas. Como es más sencillo medir fluctuaciones de presión que desplazamientos promedio de las moléculas de un gas se determina la intensidad de una onda sonora como proporcional al cuadrado de la amplitud de la misma onda.

Las variaciones de presión en el caso de la onda sonora transmitiéndose a través del aire son demasiado pequeñas como sucede en una conversación normal en la que se tiene una presión de  $3 \times 10^{-2} \text{ Pa}$  (Pascal <sup>3</sup>) en comparación con la presión atmosférica normal que <sup>3</sup>tiene una presión de  $10^5 \text{ Pa}$

---

<sup>2</sup> Alexander Graham Bell Físico norteamericano (1847-1922) invento un oído artificial y el teléfono en 1876 El decibel, unidad de intensidad sonora se nombra en su honor.

<sup>3</sup> Pa. Pascal unidad de presión en el sistema internacional de unidades que relaciona la fuerza de 1 Newton aplicada sobre un superficie de un metro cuadrado

Al apartarnos de una fuente de sonido de intensidad constante que emite energía sonora a velocidad continua, disminuye la intensidad sonora debido a dos factores: primero, la caída de la cantidad de energía sonora que por la interacción con el medio se presenta en una conversión gradual de calor y segundo, la intensidad es menor debido a que la potencia se distribuye sobre una superficie más amplia. aún cuando permanece constante la potencia total

### 2.1.1 Niveles de intensidad: decibeltes

El oído es un detector extremadamente sensible a las fluctuaciones de presión. Es más, puede responder a un límite fenomenal, por ejemplo; la intensidad más alta que la mayoría de las personas pueden soportar por breves períodos sin alteraciones o daños físicos es de aproximadamente  $10^{12}$  (un billón) de veces mayor de la que apenas se puede percibir.

Sin embargo es importante tomar en cuenta que la exposición prolongada a intensidades inferiores a la del umbral del daño al oído puede causar pérdida permanente de la agudeza auditiva, entre otras fuentes emisoras de intensidades de sonido que oscilan en el umbral al daño auditivo se encuentran los emitidos en conciertos de rock, discotecas, equipo de construcción, trenes subterráneos, plantas generadoras de energía eléctrica y grandes camiones diesel

**Cuadro 2**

### NIVELES E INTENSIDADES DE LOS SONIDOS MÁS COMUNES

| <i>Nivel sonoro<br/>db</i> | <i>Intensidad<br/>W/m<sup>2</sup></i> | <i>Sonido</i>                           |
|----------------------------|---------------------------------------|---|
| 0                          | $10^{-12}$                            | Umbral auditivo                         |
| 10                         | $10^{-11}$                            | Caída de las hojas                      |
| 20                         | $10^{-10}$                            | Murmullo, distancia<br>de un metro      |
|                            |                                       | Hojas de un árbol<br>que mueve la brisa |
| 30                         | $10^{-9}$                             | Hogar tranquilo                         |

|     |           |   |
|-----|-----------|---|
| 40  | $10^{-8}$ | Hogar promedio<br>Oficina tranquila   |
| 50  | $10^{-7}$ | Oficina promedio  |
| 60  | $10^{-6}$ | Conversación<br>normal  |
|     |           | Tráfico de vehículos<br>promedio  |
| 70  | $10^{-5}$ | Oficina ruidosa   |
| 80  | $10^{-4}$ | Tránsito intenso<br>dentro del automóvil                                      |
| 90  | $10^{-3}$ | Interior del tren<br>subterráneo  |
| 100 | $10^{-2}$ | Taller de<br>maquinados   |
| 120 | $10^0$    | Martillo neumático<br>distancia dos metros<br>Bocina de automóvil             |
| 140 | $10^2$    | Avión a reacción<br>a 30 m de distancia<br>Umbral de la<br>sensación dolorosa |

Fuente: Blatt Frank J Fundamentos de Física, 3ª edición, 1991. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A pag 415.

### 2.3 La altura o el tono de un sonido

La altura de un sonido es la cualidad que nos permite clasificarlo como grave o agudo, de manera general los hombres emiten sonidos graves o tienen lo que comúnmente se conoce como voz gruesa, en cambio las mujeres tienen voz fina o aguda. En el lenguaje musical un sonido grave es un sonido bajo en cuanto a la altura o tono y un sonido agudo es un sonido con una altura o tono alto.

La altura o tono del sonido se relaciona con la frecuencia que tiene la onda sonora de tal forma que cuanto más alto o agudo sea el tono, su frecuencia será también más alta. Las cuerdas vocales de los hombres vibran con menor frecuencia que las cuerdas vocales de las mujeres que tienen una voz más alta en tono. Las frecuencias que llegan a emitir las personas al hacer vibrar sus cuerdas vocales se encuentran en el rango de los 100 Hz a los 120 Hz.

*En conclusión. La altura de un sonido se caracteriza por la frecuencia de la onda sonora*  
Un sonido de baja frecuencia es grave o bajo y un sonido de alta frecuencia es agudo o alto.

## 2.4 El timbre.

Otra característica que tiene el sonido es el timbre, y este se comprende fácilmente al indicar que si una nota de la escala musical se genera con una frecuencia y una intensidad por un instrumento musical, esa misma nota se puede emitir por otro instrumento diferente teniendo el sonido generado la misma intensidad y frecuencia, sin embargo al escucharlas se puede distinguir perfectamente entre las dos por parte de los dos instrumentos que son diferentes y esto se debe a que tiene cada instrumento un mecanismo diferente para crear la nota. Esta diferencia se conoce como timbre y es precisamente lo que distingue a los instrumentos y a las voces de los cantantes y en sí a cualquier fuente generadora de un sonido.

En conclusión. El oído es capaz de distinguir dos sonidos de la misma frecuencia e intensidad, dado que la forma de las ondas sonoras correspondientes a ellos sean distintas; se dice que ambos sonidos son diferentes en su timbre.

Por esta razón se puede identificar a una persona por su voz, ya que ella tendrá una característica particular en las ondas sonoras que emite.

## CAPÍTULO II

### FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN

El oído de los mamíferos logra transformar ondas de presión en señales eléctricas e impulsos nerviosos, trabaja con una gran precisión y es sumamente sensible; su funcionamiento es similar al de un micrófono ordinario. Se han llevado a cabo una infinidad de investigaciones fisiológicas, psicológicas y físicas, sin embargo no se ha logrado conocer completamente como funciona el complejo sistema del oído, el nervio auditivo y la corteza auditiva.

A continuación se describen las partes del oído humano: oído externo, oído medio y oído interno, que se pueden observar en la figura 2.

#### 1. OÍDO EXTERNO

El oído externo es la parte que se ve de nuestra audición, y es un apéndice rugoso y cartilaginoso que se proyecta a cada lado de la cabeza, después se encuentra el canal auditivo que guía las ondas sonoras hacia la membrana del tímpano, el cuál tiene un área de  $60 \text{ mm}^2$  ( $0.6 \text{ cm}^2$ ) y un espesor de aproximadamente  $0.1 \text{ mm}$  que vibra en respuesta a las fluctuaciones de la presión en el extremo interior del canal auditivo.

El canal auditivo tiene aproximadamente  $2.5 \text{ cm}$  de longitud y ligeramente se asemeja a un tubo abierto en un extremo y cerrado en el otro. En esta zona del oído se presenta el fenómeno de resonancia con una frecuencia de alrededor de los  $3300 \text{ Hz}$ . Se reporta que el oído humano es más sensible a esta frecuencia, además la siguiente resonancia también tiene un efecto y causa un aplanamiento de la tendencia ascendente en la curva de respuesta al estímulo de la onda sonora entre los  $8000 \text{ Hz}$  y los  $10000 \text{ Hz}$ , es decir la siguiente resonancia debería presentarse en la tercera armónica<sup>4</sup> cerca de los  $10000 \text{ Hz}$  (véase el anexo 1).

Así el oído humano percibe intensidades de  $10^{-6} \text{ w/m}^2$  hasta  $10^{-4} \text{ w/m}^2$ , mayores intensidades causan daño al oído.

En el caso de presentarse la necesidad de encontrarse en un lugar donde se deban oír intensidades de sonido muy altas que pueden dañar el oído (disparos de cañones o armas de fuego, música tipo rock, turbinas de avión jet, etc), la mejor defensa consiste en proteger

<sup>4</sup> Se conoce como armónicos a los sonidos que acompañan al sonido más grave, llamado fundamental o generador, de la serie que se percibe de cualquier sonido producido por un cuerpo sonoro. Los armónicos se relacionan por un orden intervalico.

el oído con tapones especialmente diseñados para este efecto. también se recomienda abrir la boca para que las ondas de compresión y expansión que llegan a la membrana del tímpano se neutralicen ya que estas llegan al tímpano por diferentes lados interactuando las ondas que provienen del oído externo con las del oído medio equilibrándose con el efecto provocado por la trompa de Eustaquio y la boca.

## 2. OÍDO MEDIO

El oído medio es una cavidad llena de aire que se encuentra en el cráneo, al lado interno del tímpano, contiene los huesecillos auditivos: el martillo, el yunque y el estribo. Estos huesecillos son la liga mecánica entre la membrana del tímpano y otra membrana que cubre la ventana oval de la cóclea, que es un tubo de unos 5 mm de longitud enrollado como concha de caracol. El oído medio también está conectado a la faringe por medio de la trompa de Eustaquio cuya función es mantener las presiones equilibradas entre el aire del ambiente y el oído medio, para evitar daños a la membrana del tímpano. Normalmente la trompa de Eustaquio se encuentra cerrada, pero se abre al deglutir o bostezar. Las diferencias de presión, aunque sean relativamente pequeñas entre el oído medio y el oído externo, pueden ser muy dolorosas.

El sistema de palanca de la cadena de huesos reduce la amplitud de la vibración de la membrana oval, con el aumento correspondiente en la amplitud de la presión (fuerza) transmitida. Los músculos que sujetan a los huesos del oído medio, también actúan como control automático de volumen, cuando aumenta la intensidad del sonido hacen girar ligeramente a estos huesos volteando el estribo alejándolo de la ventana oval.

Simultáneamente otros músculos hacen que se ponga rígido el tímpano para evitar daños a esta delgada membrana. Estas respuestas totalmente autónomas requieren que se tenga una preparación por todos los elementos del sistema, de modo que un ruido fuerte y repentino puede causar más daño que un sonido de igual intensidad que se va presentando en forma gradual.

La ventana oval tiene un área de solo 3 mm<sup>2</sup>. Los tamaños relativos de las membranas del tímpano y la oval, el mecanismo de amplificación de presión de la cadena osicular y la longitud de resonancia del canal auditivo se combinan para proporcionar una amplificación adecuada del oído y explican en parte la notable sensibilidad del oído.

A una frecuencia cercana a los 3,000 Hz la sensibilidad del oído se acerca al límite práctico; la fluctuación de la presión debido al movimiento al azar de las moléculas del aire, se le conoce como movimiento browniano, donde la presión es de unos  $5 \times 10^{-6}$  Pa, de modo que el ruido de fondo debido al movimiento browniano es de unos 15 db por debajo del límite de la audición. Con esta explicación se puede conocer porque un cambio relativamente pequeño en la presión atmosférica, como el que se experimenta en un elevador rápido, puede ocasionar dolores

### 3. OÍDO INTERNO

El oído interno contiene varios órganos de los que solo uno, la cóclea, interviene en la función auditiva. Una sección transversal de la cóclea pone al descubierto tres regiones tubulares separadas, los canales vestibular y timpánico y la rampa coclear. La membrana basilar separa el canal timpánico de los otros dos, y la membrana de Reisner forma la frontera entre el canal vestibular y el conducto coclear. Cerca del extremo del canal vestibular está la ventana oval y junto al extremo del canal timpánico está la ventana redonda, cubierto por otra ventana pequeña y delgada. Los dos canales se conectan en el extremo lejano de la cóclea mediante una abertura pequeña llamada, la heliotrema, y están llenos con fluido linfático. La rampa de Corti está fija a la membrana basilar del lado que da el frente a la rampa coclear, y es el aparato fisiológico que transforma las vibraciones mecánicas en impulsos eléctricos nerviosos. La rampa de Corti contiene muchas células sensoriales que están conectadas al nervio auditivo. contaminación por ruido ya sea en forma gradual o súbita, son reacciones de ansiedad y de tensión. Estas reacciones se acompañan generalmente por un cambio en el contenido de hormonas en la sangre, lo que a su vez, produce cambios en el organismo, tales como un aumento en la velocidad del latido del corazón, es decir cambia la frecuencia cardíaca, también se presenta una constricción en los vasos sanguíneos y una dilatación de las pupilas de los ojos.

Resulta difícil apreciar los efectos a largo plazo de semejante sobre estimulación, pero se sabe que en los animales, daña el corazón, el cerebro y el hígado, y se producen trastornos emocionales sobre las personas; estos últimos factores son por supuesto difíciles de medir. Existen reportes correspondientes a la salud en el trabajo en los que se indica que las personas afectadas por problemas auditivos debido a la presencia de ruido en sus lugares de operación, se ven disminuidos en la eficiencia en forma considerable, y esta deficiencia aumenta al aumentar el nivel del ruido que se presenta al operador o empleado.

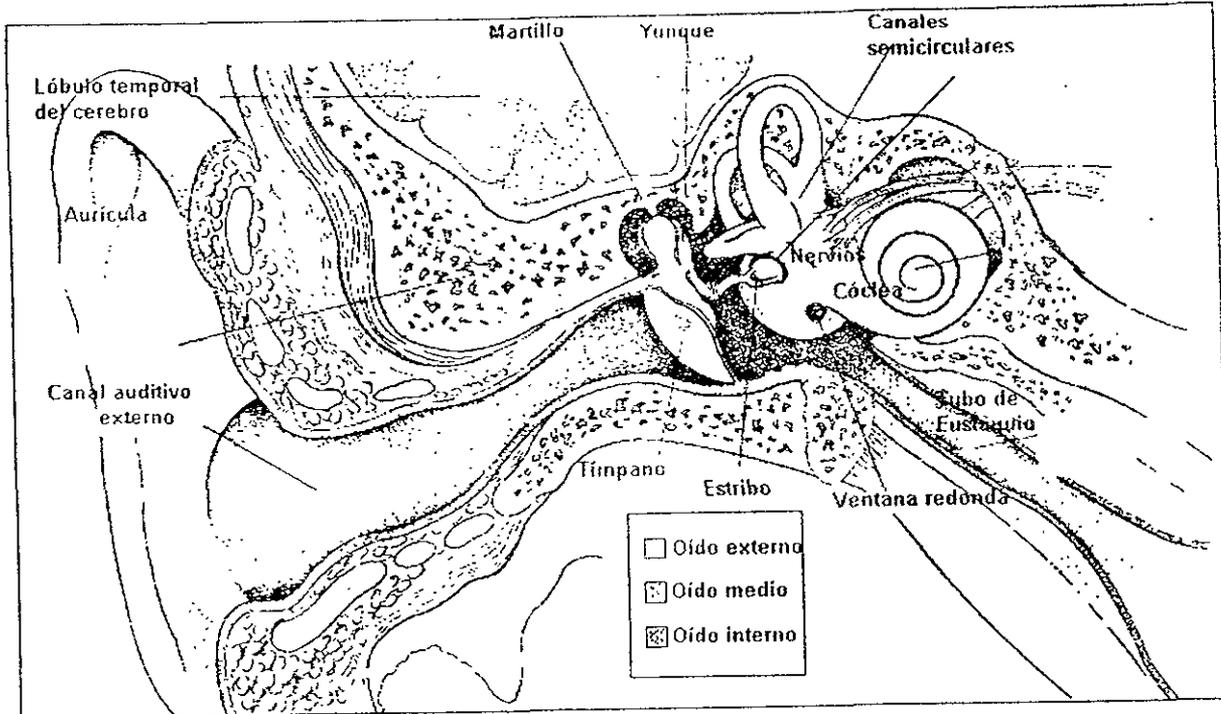
Varios investigadores consideran que existe una asociación entre niveles elevados de ruido ocupacional, es decir en los interiores de los centros de trabajo, y el desarrollo de ciertas neurosis e irritabilidad, y también entre ruido ambiental y salud mental. Herridge en 1972 sugirió que el ruido no era una causa directa de enfermedad mental, pero que tal vez acelere o intensifique el desarrollo de una neurosis latente.

Existen estudios de cerca de 124,000 personas que viven en una zona ruidosa muy cercana al aeropuerto de Heathrow, en Londres, Inglaterra y en una zona silenciosa situada a la misma distancia del aeropuerto; los estudios revelaron que en la zona ruidosa, los hospitales reciben mayores pacientes debido a problemas mentales. Sin embargo se encontró que estos pacientes en una gran mayoría ingerían diferentes clases de sedantes para poder conciliar el sueño y el abuso en este tipo de medicamentos también provoca trastornos de tipo mental.

Como se anotó, las molestias provocadas por el ruido, por lo general se relacionan con los efectos directos del ruido sobre las diversas actividades, como la interferencia en la conversación, la concentración mental, el descanso o la recreación

El grado de exposición física, y diversas variables, determinan la aparición y el grado de la sensación de molestia. Para llegar a una apreciación adecuada, se deben evaluar todas las variables en estudios experimentales o epidemiológicos.

# Esquema del oído humano



## CAPITULO III

### LEGISLACION SOBRE RUIDO

Para poder facilitar el campo de aplicación del reglamento mencionado en el título del capítulo se indican los artículos más significativos para ilustrar el presente trabajo.

#### 1. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE.

Esta ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente. Tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para que se garantice el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

#### 2. REGLAMENTO PARA LA PROTECCION DEL AMBIENTE CONTRA LA CONTAMINACIÓN ORIGINADA POR LA EMISIÓN DEL RUIDO

La aplicación de este reglamento compete al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), Secretaría de Salud, las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, Hacienda y Crédito Público, Comunicaciones y Transportes y del Trabajo y Previsión Social.

##### 2.1 DE LA EMISIÓN DE RUIDO.

A continuación se mencionan los artículos más importantes del Reglamento de ruido. La SEMARNAP 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 Sancamiento Ambiental, a su vez esta Secretaría hace los estudios e investigaciones necesarias para determinar:

- I. 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 del 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.

Art. 10 La Secretaría de Salud en coordinación con la de Comercio 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 considera 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:

Art 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

Art.14. Para fijar el nivel máximo permitido la Secretaría de Salud 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.

Art 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

Art. 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

Art. 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

Art. 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.

Art. 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 habitacionales, 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

Art. 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.

Art. 27. Los operadores de ferrocarriles restringirán el uso de silbatos, bocinas, 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

Art. 28. Las autoridades de tránsito competentes, tomarán en cuenta la opinión de la Secretaría de Salud previamente a la fijación de rutas, horarios y límites de velocidad y los

servicios públicos de autotransporte conforme a las disposiciones de este reglamento, con objeto de prevenir y controlar la contaminación por ruido.

Art. 29. Para efectos de prevenir y controlar la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido, ocasionada por automóviles, camiones, autobuses, tractocamiones y similares, se establecen los siguientes niveles permisibles expresados en dB (A)

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

Fuente: LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE  
Decimotercera edición pag 266 Editorial Porrúa

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

Art. 31. La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, de acuerdo a sus facultades, prohibirán la fabricación, ensamble, importación o distribución de vehículos automotrices que rebasen los niveles máximos permisibles de emisión de ruido, establecidos en el artículo 29 de este reglamento

Art. 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.

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

Art. 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.

Art 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.

Art. 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.

Art. 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.

Art. 40 Los carrillones, campanas y demás dispositivos similares que emitan ruido a la vía pública, sólo podrán operarse entre las seis y las veintidós horas

### 2.3. DE LAS MEDIDAS DE ORIENTACIÓN Y EDUCACIÓN.

Art. 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

Art. 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.

### 2.4. DE LA VIGILANCIA E INSPECCIÓN

Art. 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, coadyuvarán en la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de este reglamento

Art. 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:

### 3. NIVELES DE RUIDO

#### Cuadro 3

#### NIVELES DE RUIDO PERMITIDOS EN MÉXICO PARA VEHÍCULOS SEGÚN EL PESO BRUTO.

##### México

| Peso bruto vehicular en Kg     | Nivel máximo permisible dBA |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Hasta 3,000                    | 79                          |
| Mas de 3,000 y<br>Hasta 10,000 | 81                          |
| Más de 10,000                  | 84                          |

Los valores anteriores serán medidos a 15m de distancia de la fuente y se encuentran en El reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido.

#### Cuadro 4

#### NIVELES DE RUIDO PERMITIDOS EN: MÉXICO, SUECIA, ALEMANIA, AUSTRIA Y SUIZA.

| País       | Tipo de zona | Niveles en dBA |       |
|------------|--------------|----------------|-------|
|            |              | día            | noche |
| México     | todas        | 68             | 65    |
| Suecia *   | todas        | 55             | 45    |
| Alemania * | residencial  | 55             | 40    |
|            | zona mixta   | 60             | 45    |

|           |             |    |    |
|-----------|-------------|----|----|
| Austria * | residencial | 51 | 43 |
|           | zona mixta  | 56 | 50 |
| Suiza *   | residencial | 60 | 50 |
|           | zona mixta  | 65 | 50 |

\* Estos valores se miden en el exterior de la ventana de la zona afectada.

### Cuadro 5

#### NIVELES DE RUIDO PERMITIDOS EN ESTADOS UNIDOS

| Zonas afectadas  | Nivel de ruido permitido en dBA |
|--|---------------------------------|
| Donde el silencio es de gran importancia   | 60                              |
| Residencial, auditorios públicos, escuelas<br>iglesias, hospitales, bibliotecas, | 70 exterior                     |
| Residencial, auditorios públicos, escuelas<br>iglesias, hospitales, bibliotecas, | 55 interior                     |

Estos valores se determinan por la Federal Highway Administration.

Fuente: Manual de la Federal Highway Administration

## CAPITULO IV

### FUNDAMENTOS DEL RUIDO

#### 1. DEFINICION

Se define el ruido como un conjunto de sonidos audibles e indeseables provenientes de tráfico vehicular en calles, construcciones de edificios o cualquier otro tipo de construcción, tránsito aéreo, industrias y muchas otras actividades que ejercen un efecto dañino y no placentero al organismo humano, este se mide generalmente en decibeles.

El ruido es una cantidad de energía mecánica proveniente de superficies vibratorias, transmitido en forma intermitente o estadísticamente fortuita o como un sonido no deseado, existen sonidos que son agradables a las personas, y otros que son importantes de oír como: la voz humana, la música, el silbar de un pájaro, el sonido del agua en el mar o al caer en la fuente, una advertencia de peligro, etc

Las personas desean oír todos estos sonidos a un nivel adecuado en el que el oído no se lastima, no duele, además es muy importante oír todos estos sonidos sin interferencia de otros sonidos o ruido. El ruido distrae por lo tanto es molesto, no permite escuchar claramente lo que la gente quiere oír.

El ruido afecta; el descanso, el sueño y la comunicación de las personas, el ruido, también puede dañar la audición y generar otras reacciones psicológicas y fisiológicas, que en algunos casos llegan a ser una patología. Se conoce también que la eficiencia en el trabajo se ve seriamente disminuida con la presencia del ruido, ya sea que esté clasificado como ruido laboral y también por el ruido perimetral o circundante, ya que produce fatiga en las personas.

En la industria, lugares de trabajo y los centros de estudio son los sitios donde se presenta el problema de ruido y en donde se deben desarrollar programas para abatirlo, y proteger a las personas contra este tipo de contaminante. El tránsito en las ciudades grandes como la Ciudad de México es la principal fuente de ruido para la comunidad y puede causar molestias a amplios sectores de la población urbana. También el ruido provocado por los aviones, es motivo de preocupación general, sobre todo en las cercanías de los aeropuertos

#### 2. CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO

Una característica importante del ruido por transporte terrestre es que se desplaza con la fuente que lo está generando, una persona situada en un punto fijo, no escucha el ruido de

manera uniforme. Cuando la velocidad y el nivel del ruido son uniformes, la intensidad de ruido que recibe la persona tiene una envolvente del tipo de la curva normal de Gauss<sup>5</sup>.

Existen diversas variables que se toman en cuenta al presentarse el ruido como son la frecuencia de distribución, la dirección, el grado de intensidad, el tiempo de fluctuación y las condiciones de operación.

El ruido presenta una variación en su frecuencia, a diferencia del sonido que es totalmente homogénea, encontrándose amplitudes de onda que varían sin una secuencia aparente como se puede apreciar en la siguiente figura.

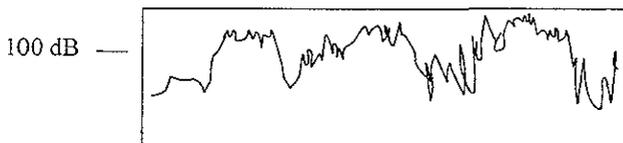


Fig. 3 Gráfica del ruido común  
Fuente: Física Enrique Contreras Campos Ed Herrero.

### 3. RUIDO PROVOCADO POR TRANSPORTE TERRESTRE

Los vehículos automotores son las fuentes que contribuyen en forma determinante a la existencia de altos niveles de intensidad acústica en las zonas urbanas.

El ruido provocado por motores diesel no cambia significativamente con la velocidad, ya que las revoluciones por minuto (rpm) son relativamente constantes a cualquier velocidad. Otro factor importante es que, aunque los vehículos estén diseñados para que al funcionar no sean rebasados los parámetros permisibles de acuerdo a las normas, los operadores no les dan el mantenimiento correcto o inclusive los llegan a alterar colocando dispositivos que dan la sensación de mayor potencia en los motores por el ruido emitido de los vehículos que conducen o hasta llegan a prescindir del silenciador en el escape de los gases generados por el motor de combustión interna.

#### 3.1 EL CONCEPTO DE NIVEL.

Para poder comparar decibeles, es decir, hacerlos equivalentes, por ejemplo al evaluar la presión acústica producida por dos fuentes de ruido de igual naturaleza, se utiliza el concepto de nivel, que siendo matemáticamente un cociente, físicamente representa un símbolo diferente. Se caracteriza porque al denominador se le asigna un valor constante, previamente establecido, que se conoce como cantidad de referencia o nivel cero y el numerador constituye la cantidad variable a la que se le determina el nivel.

<sup>5</sup> Un honor de Karl Friedrich Gauss (1777-1855), destacado matemático alemán del siglo XIX, se nombra curva normal de Gauss a la gráfica que representa valores máximos en su zona central y valores mínimos en el inicio y término de la misma.

El ruido en determinadas áreas es una combinación de un ruido de fondo, que para este trabajo se identificará como nivel estable, y picos esporádicos o instantáneos. El ruido que producen los vehículos automotores es generado fundamentalmente por el motor y la fricción causada por el contacto del vehículo con el suelo y el aire, en general el ruido por contacto con el suelo supera al del motor cuando las velocidades sobrepasan los 60 Km/h.

El nivel de ruido proveniente del tránsito vehicular se relaciona con el número o la cantidad de vehículos que circulan en un momento dado. El ruido de automotores pesados tanto de carga como de pasajeros y de servicios municipales, así como, con las motocicletas, llegan a producir una cantidad de ruido que es dos veces mayor al ruido provocado por los automóviles. Cuando es necesario por los cruces, topes, semáforos, curvas y peraltes de las calles y avenidas, que los vehículos cambien de velocidad y tengan que imprimir mayor potencia a los motores o mayor aceleración por el propio diseño de la calle, da por resultado una generación de ruido más intenso

Ciertos estudios realizados en los Estados Unidos han enseñado que en las zonas residenciales que se encuentran cerca de una autopista o avenidas con carga considerable de tráfico vehicular, niveles mayores a los 70 dBA generan algunas quejas por ruido, arriba de los 75 dBA las quejas aumentan, y a los 80 dBA se presentan cartas, manifestaciones escritas o peticiones de protesta ante las autoridades correspondientes y ante los representantes de vecinos.

Como resultado de una encuesta social elaborada en la ciudad de Londres, Inglaterra en el año 1968 se creó el Índice de Ruido causado por Tránsito identificado con las siglas IRT en la literatura científica, se basa este índice en la combinación ponderada de los niveles acústicos en decibel, ponderación de tipo A<sup>6</sup> superados durante el 10, 50 y 90 % del tiempo de la determinación. Se propone la siguiente relación para el cálculo del índice de ruido causado por tránsito vehicular:

$$IRT = N_{50} + 4 (N_{10} - N_{90})$$

Donde  $N_{50}$ ,  $N_{10}$  y  $N_{90}$  se refieren a los niveles acústicos durante 10, 50 y 90 por ciento del tiempo de aplicación. Este índice de ruido causado por tránsito, refleja que las molestias causadas no depende solo del nivel medio  $N_{50}$ , sino también de la magnitud de la fluctuación  $N_{10} - N_{90}$ . Sin embargo, nuevas investigaciones revelaron que, a causa de las dificultades prácticas para precisar el  $N_{90}$  con un grado adecuado de confiabilidad, es muy probable cometer errores al establecer el valor del IRT. Por consiguiente, se reemplazó este índice por el de  $N_{10}$  en los reglamentos para reducir el ruido por tránsito, a pesar de que se comprobó que la correlación  $N_{10}$  con las molestias había sido inferior a la del IRT en la encuesta inicial. Tomando en cuenta la correlación entre distintos índices que son sensibles a los niveles máximos producidos en el período examinado, se puede razonablemente dar

<sup>6</sup> La mayoría de los sonómetros de precisión tienen tres filtros A, B y C, al seleccionar estos se reproducen las curvas de respuesta del oído humano en las sonoridades, baja, moderada y alta respectivamente. La experiencia demuestra que el uso del filtro A permite la máxima correlación entre las mediciones físicas y las evaluaciones subjetivas de la sonoridad del ruido. Se reporta la medición con la unidad dBA.

por hecho que cualquiera de ellos permite pronosticar las reacciones de molestia que cause el ruido del tránsito.

La importancia de los niveles máximos de ruido se demostró en las investigaciones realizadas en Inglaterra durante el año 1976 por Langdon y en Suecia por Rylander et al, también en el año 1976. En estas investigaciones se encontró que el grado de molestia estaba correlacionado con los niveles de ruido generados por vehículos pesados, la correlación entre el Nivel equivalente Neq y las molestias era relativamente baja en el segundo de esos estudios. En lo revisado por Lang en 1965 se observó una gran correlación entre el Neq del ruido de tránsito urbano y el grado de molestia experimentado por la población expuesta a este ruido.

Recientemente durante los trabajos efectuados por un grupo de integrantes de la Organización Internacional de Unificación de Normas ha efectuado una reevaluación detallada de los datos disponibles sobre molestias y exposición al ruido de tránsito vehicular. Se estableció la correlación entre varios índices ya existentes y otros recién propuestos, en su mayoría basados en el Neq y las respuestas subjetivas y aunque se reconoció que se carecía de todos los datos necesarios para tener conclusiones sólidas, se recomendó que, por el momento se utilice el Neq según indica el ISO de 1971 para evaluar el ruido de tránsito.

En determinados sitios de ambiente laboral el ruido ponderado es una combinación del ruido generado por una fuente fija y un ruido de fondo, que para este trabajo se identificará como nivel estable, y picos esporádicos o instantáneos.

Es un error muy común creer que el ruido producido por los vehículos es solamente el que es transmitido del motor por el escape, cuando en realidad existen otros factores de gran importancia que influyen en la generación del ruido como son: la velocidad de los vehículos, la superficie de rodamiento y las condiciones meteorológicas; a continuación: se presenta una tabla en donde se relaciona la velocidad con el ruido provocado por los vehículos

\* **Velocidad del tráfico:** En un estudio de la National Research Council of Canada, A Brief Study of a Rational Approach to Legislative Control of Noise. Canada 1968., se encontraron los siguientes niveles de ruido a una distancia de 15 metros del camino:

| Km/h      | dBA |
|-----------|-----|
| 100 - 116 | 73  |
| 84 - 100  | 72  |
| 67 - 83   | 67  |
| 50 - 66   | 67  |

Se observa que al aumentar la velocidad los vehículos, se ve incrementado el nivel del ruido que estos mismos provocan tanto por imprimir un desarrollo de mayor potencia en el motor como por el choque más violento que se crea con el aire. Así mismo, en los estudios realizados por Johnson y Saunders; si se dobla la velocidad promedio del tráfico de 50 a 100 Km/h el nivel del ruido debe incrementarse en 9 dB.

**Superficie de rodamiento.** Según Rathe, el ruido que se produce por circular sobre una carpeta asfáltica es aproximadamente de 5 dBA menor que el producido por esta misma acción sobre una carpeta de concreto hidráulico. También nos dice que en una carpeta mojada es de aproximadamente 7 dBA más ruidosa que en la carpeta sin agua. En el caso de material asfalto o concreto hidráulico.

**Condiciones metereológicas:** El viento y la temperatura son importantes factores en la generación del ruido perimetral a una instalación, para distancias mayores de los 400 o 500 metros. Estos fenómenos metereológicos son variables y por lo tanto muy difíciles de calcular. Como regla general, lo que es importante de tomar en cuenta en el análisis del ruido perimetral, es la consideración en las ondas de sonido ya que estas son mucho más difíciles de verse disminuidas puesto que viajan con el mismo viento a diferencia que si tienen una dirección opuesta a la del viento. De la misma manera, los cambios en las capas de temperatura pueden hacer que el sonido se eleve o se dirija hacia la Tierra.

Lejos de la fuente emisora del ruido, las condiciones metereológicas pueden llevar a cambios considerables en la intensidad del sonido hasta un máximo de 20 dB, y con vientos muy fuertes se puede llegar a disminuir el ruido hasta 30 dB. Pero por otro lado, en distancias menores a los 400 metros prácticamente no influyen en una disminución ni en un aumento en los niveles de ruido.

## CAPITULO V

### RECOMENDACIONES PARA REDUCIR EL RUIDO

#### 1. ANTECEDENTES DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y SU ANALISIS

El Colegio Vista Hermosa se construyó al principio de los años sesenta al poniente de la Ciudad de México, D.F., en el fraccionamiento Lomas De Vista Hermosa quedando registrado con el número oficial 221 de la Avenida Lomas De Vista Hermosa; el único acceso en aquella época a dicho fraccionamiento era desde la carretera federal México Toluca. A través del tiempo creció albergando entre sus aulas a 2,000 estudiantes en los niveles Preescolar, Primaria, Secundaria y Preparatoria, mismos que son atendidos por 180 profesores y 132 empleados administrativos y de intendencia.

Este colegio se ubica en un predio de 50,000 m<sup>2</sup> de superficie, 40 % de zonas verdes y 12,800 m<sup>2</sup> de construcción rodeado por una barda perimetral de 1,000 m, que colinda al norte con el Colegio Israelita de México, al sur con la Avenida Lomas De Vista Hermosa, y al poniente con casas habitación.

Durante los últimos años se ha presentado un problema de ruido en algunas aulas del colegio por el aumento del tránsito vehicular en la Avenida Vista Hermosa debido a que en la Delegación Cuajimalpa de Morelos se generó un desarrollo importante al construirse una gran cantidad de edificios, condominios horizontales, casas habitación, colegios, clubes deportivos y centros comerciales en los últimos 15 años, por lo que los servicios urbanos como son las vialidades, fueron afectados notablemente. El parque vehicular que transita por esta zona se vió incrementado en un 500 %, todo esto, sin haberse realizado ninguna obra de ampliación en las avenidas y calles. Los vehículos colectivos, particulares, taxis, camiones urbanos y de servicios provocaron un aumento en la densidad vial.

En la Avenida Lomas De Vista Hermosa, principal arteria del fraccionamiento Vista Hermosa se llega a presentar un flujo vehicular de 80 a 100 unidades por minuto en horas pico; esta avenida, tiene un aforo de dos carriles en doble sentido oriente - poniente con una pendiente en esta dirección de 22°, además de dos topes provocando que tengan que frenar y acelerar los vehículos generando ruido por el esfuerzo de sus motores.

Uno de los edificios del Colegio Vista Hermosa (donde se encuentran albergados laboratorios, aulas de dibujo constructivo, inglés y matemáticas) de la sección Bachillerato esta ubicado a 2.5 m de esta vialidad. Por lo antes expuesto el ruido aumentó, al grado de no escuchar dentro de algunas aulas las instrucciones que los profesores daban a los alumnos. En reuniones académicas se ha hecho notar que el rendimiento académico disminuye ante interferencias de esta índole, así como, el estado psicológico de los alumnos y profesores.

Debido a que el problema del ruido en las aulas de la institución antes mencionada es ocasionado por el transporte terrestre únicamente, se dejará de lado el análisis del ruido provocado por el transporte aéreo ya que en las ocasiones en que se presentó ruido por transporte aéreo proveniente de helicópteros, ha sido eventual, generalmente relacionado con fines de propaganda, comercialización y alguna noticia que se está cubriendo por reporteros de los medios de comunicación. Según información recabada en los tres últimos años los helicópteros han sobrevolado a baja altura dejando caer propaganda.

Las molestias causadas por el ruido en un salón de clase no se presentan únicamente en el ámbito auditivo, éstas llegan a generar un conflicto en la comunicación entre el docente y el educando, es decir el ruido se convierte en una interferencia importante de la comunicación, conduciendo al profesor a subir el nivel de voz o emplear otro tipo de argumentaciones para dar a conocer la instrucción, o el tema que se está estudiando, y por parte del alumno al no escuchar adecuadamente se presentan dudas.

Cabe mencionar que el presente trabajo se refiere en particular al ruido como una importante interferencia en los centros educativos del nivel medio superior en donde asisten a las diferentes instituciones, personas con una edad promedio entre los 14 y los 19 años, etapa en la que psicológicamente, existen una serie de cambios y necesidades de adaptación a los sistemas establecidos socialmente, y por supuesto en los centros educativos, a través de la observación de un reglamento.

¿Cuántas veces se escucha, en las aulas durante una clase, decir al profesor ¡SILENCIO!, y esto sucede no por otra circunstancia, sino por la provocada por los mismos educandos, que son los generadores de ruido, sin embargo cuando el ruido proviene de una fuente como es el caso de vehículos automotores, se da un incremento del ruido en el interior de las aulas, disminuyendo la concentración que se requiere en los estudiantes para el buen desarrollo del ejercicio docente.

Dado que los vehículos automotores son las fuentes que contribuyen en forma determinante a la existencia de altos niveles de intensidad acústica en las zonas urbanas, se investigó más sobre el problema de ruido que se presentó en el colegio y que se conoció por las quejas de los alumnos

Primero, se llevó una acción que consistió exclusivamente en interrogatorios directos planteados a los quejosos y en segundo término se aplicó una encuesta a los usuarios de las aulas donde se presentaba el problema para conocerlo en forma amplia y después de evaluarlo, encontrar alternativas que solucionaran esta dificultad dentro de la institución.

La encuesta que se aplicó a 140 alumnos de 230 corresponde al 60.8 % de los estudiantes que regularmente asisten al edificio nombrado de laboratorios es la siguiente.

## 2. Encuesta sobre ruido en las aulas del Colegio Vista Hermosa

Sección Bachillerato

Grupo \_\_\_\_\_

fecha \_\_\_\_\_

hora de clase \_\_\_\_\_

### Instrucciones

El presente cuestionario tiene por objeto conocer tu opinión acerca del ruido que se presenta dentro de tu salón de clase, y de esta manera encontrar la forma de poder eliminarlo o disminuirlo para que puedas mejorar tu aprendizaje.

- Todas las preguntas que se formulan en el presente cuestionario tienen tres respuestas posibles.
- Contesta marcando con una cruz en la respuesta que tu consideras correcta.
- Solo se podrá contestar en una de las tres opciones, en el caso de tener dos o más opciones marcadas, la pregunta se eliminará.
- Este cuestionario es anónimo y confidencial.
- Se agradece de antemano la cooperación que te sirvas tener al contestar la presente.

### PRIMERA PARTE

1. ¿En las clases escuchas una cantidad de ruido que no te permite entender algún tema que se está estudiando?.

siempre

algunas veces

nunca

2. ¿El ruido que hay dentro del salón de clase proviene del exterior?.

siempre

algunas veces

nunca

3. ¿El ruido que hay dentro del salón de clase es generado por autos, camiones y motocicletas?.

siempre

algunas veces

nunca

4. ¿El ruido que hay dentro del salón de clase es generado por los propios alumnos que ahí se encuentran?.

siempre  algunas veces  nunca

5. ¿Durante la clase de Dibujo Constructivo, escuchas ruido que proviene de la calle? .

siempre  algunas veces  nunca

6. ¿En el laboratorio escuchas ruido que generan los camiones y autos de la calle?.

siempre  algunas veces  nunca

7. ¿En el laboratorio tus compañeros generan una cantidad de ruido que no te permite comunicarte adecuadamente durante el desarrollo de la práctica?.

siempre  algunas veces  nunca

8. ¿En los salones de clase se presenta una cantidad de ruido; esto ocurre en las materias impartidas entre las 10.00 y las 12.00 h.?

siempre  algunas veces  nunca

9. ¿En los salones de las clases de inglés el ruido no te deja escuchar correctamente la pronunciación de las palabras en el idioma que estás aprendiendo?.

siempre  algunas veces  nunca

10. ¿En el salón de Música, el ruido que proviene de la calle es muy bajo?.

siempre  algunas veces  nunca

11. ¿En las clases existe un ambiente que te permite escuchar perfectamente todas las comunicaciones que hace el profesor?.

siempre  algunas veces  nunca

12. ¿En los salones de clase se presenta una cantidad de ruido, esto ocurre en las materias impartidas entre las 12 00 y las 15 00 h?

siempre  algunas veces  nunca

13. ¿El ruido que existe en el salón de clase se debe al motor de camiones que transitan por la calle?

siempre  algunas veces  nunca

14. ¿En el salón de Matemáticas, el ruido que proviene de la calle es muy alto?

siempre  algunas veces  nunca

15. ¿En los salones de clase se presenta una cantidad de ruido; esto ocurre en las materias impartidas entre las 8.00 y las 10.00 h?

siempre  algunas veces  nunca

## SEGUNDA PARTE

- a). En su clase logra tener un nivel de concentración óptimo  sí  no
- b). Durante la clase escuchas ruido de motocicleta.  sí  no
- c). Durante la clase escuchas ruido de automóvil.  sí  no
- d). Durante la clase escuchas ruido de camión.  sí  no
- e). Durante la clase escuchas ruido de avión  sí  no
- f). Durante la clase escuchas ruido de máquinas de construcción.  sí  no
- g). El ruido del exterior te permite escuchar al (la) profesor(a).  sí  no
- h). Debido al ruido del exterior no comprendes algunos temas.  sí  no
- i). Si existe ruido exterior, este te provoca fatiga.  sí  no
- j). En su salón percibes algunas veces ruido del exterior  sí  no

## 3 CONTROL DEL RUIDO Y RECOMENDACIONES.

Para resolver el problema de ruido perimetral, que se presente en cualquier institución educativa se debe partir de la forma como controlarlo tomando en cuenta que en general los planteles educativos se encuentran inmersos en la ciudad de México y por ende, rodeados

por avenidas comúnmente llamadas principales y calles alternas que tienen una densidad vial considerable, en donde se generan niveles de ruido altos, en diferentes horas conocidas como *horas pico* y que no permiten al docente o al educando desarrollarse en un ambiente adecuado.

El ruido se transmite desde su lugar de origen hasta el oído de un receptor. Por consiguiente, para controlar el ruido una forma es reducir la propia fuente emisora, interrumpir el medio que favorece su desarrollo o su conducción y finalmente proteger el oído del receptor.

Si se considera la alternativa de proteger al receptor del ruido, por supuesto que se resuelve el problema de evitar daños auditivos por emisión de ruido. Sin embargo, recordemos que se trata de personas ubicadas en aulas de estudio en donde se requiere una comunicación verbal para la práctica docente.

Eliminar el medio que transmite el ruido, se torna prácticamente imposible sin embargo, se pueden aplicar una serie de factores que no favorecen la transmisión del ruido como son los materiales absorbentes y aislantes de ruido, logrando con ello disminuir la intensidad del ruido perimetral.

Es recomendable llevar a cabo un estudio de ruido perimetral y hacer un diseño adecuado de control de ruido en las instalaciones educativas, dentro de los horarios, y días de funcionamiento, por medio del cual se verifique que se encuentran los niveles de ruido que se especifican en la norma y el reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido. Se recomienda entre otras alternativas, aislar acústicamente las estructuras existentes en las edificaciones de los planteles educativos, cambiar el diseño arquitectónico y materiales y complementando toda esta adecuación con las pantallas antirruído que a continuación se describen sus ventajas y desventajas:

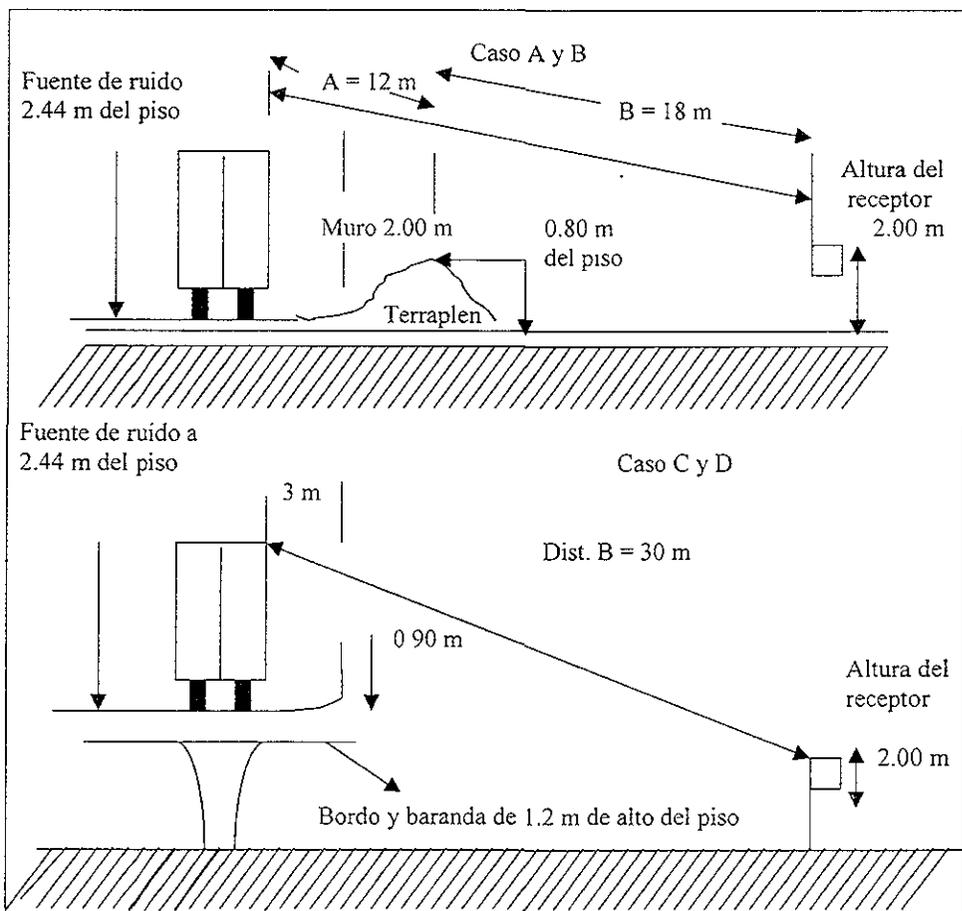
### 3.1 PANTALLAS ANTIRRUÍDO.

Existe la creencia de que las pantallas construidas con árboles son una excelente solución al problema del ruido exterior a una construcción, pero en realidad esto no es tan cierto, aún plantaciones densas y profundas absorben aproximadamente 5 dBA. Se necesitarían varios cientos de metros de fondo de árboles para tener alguna reducción apreciable. La absorción de la vegetación está muy ligada con la frecuencia del sonido, frecuencias altas se absorben más que frecuencias bajas.

Las pantallas de árboles se recomiendan en casos de que los niveles de ruido no sean muy altos y sobre todo porque llegan a proveer un cojín psicológico importante.

Las barreras más efectivas son los terraplenes de tierra o muros sólidos de concreto o mampostería. Estos absorben el sonido y reducen substancialmente los niveles de ruido que se generan alrededor de los planteles educativos.

En las figuras 4 y 5 se presenta información sobre el ruido en carreteras y la disminución de este, obtenida en base a una extensa serie de mediciones por el personal de la California Division of Highways.



| CASO | DESCRIPCIÓN      | V/H  | REDUCCION |
|------|------------------|------|-----------|
| A    | terraplen y muro | 0.18 | 15.0      |
| B    | terraplen        | 0.18 | 3.0       |
| C    | muro de 2.00 m   | 0.17 | 12.0      |
| D    | bordo y baranda  | 0.17 | 3.0       |

Fig. 4 Ejemplos empleados para la reducción del ruido  
 Fuente Libro Highway Engineering.

La figura 4 presenta cuatro casos ilustrativos de dos diferentes propuestas para la reducción de ruido. La primera a base de un terraplen y un muro, la segunda a base de un terraplen únicamente, la tercera con una banera de 3 metros a la orilla de la avenida o vialidad donde pasan los vehículos, y la cuarta opción con una baranda de 1.20 metro localizada en el mismo punto

Los resultados que se presentan al final de la figura 4 se obtienen de los nomogramas que se encuentran en la figura. 5; estos nomogramas permiten obtener en forma teórica la reducción del ruido para los diferentes casos. Dadas las distancias de las barreras a la fuente (A) y de la barrera al receptor (B), se obtiene un factor V/H de la tabla de la izquierda; con este factor V/H y la posición vertical de la barrera en relación a una línea recta entre la fuente y el receptor, se puede obtener la reducción de ruido de la tabla correspondiente según sea el caso. Las líneas trazadas representan los cuatro diferentes casos

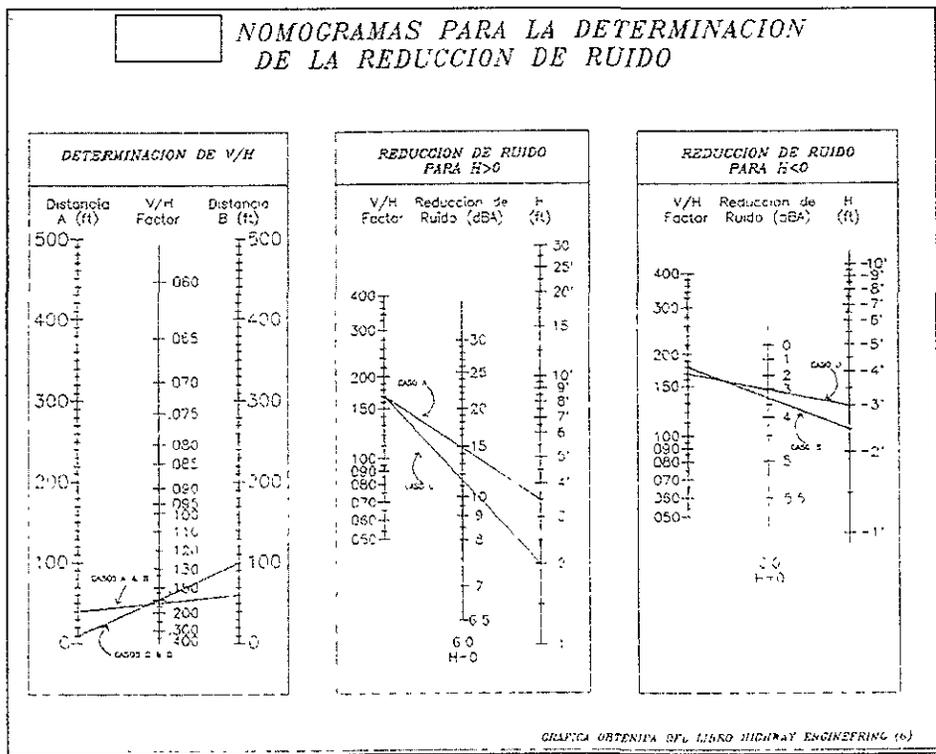


Fig 5 Nomogramas para obtener en forma teorica la reduccion del ruido para los diferentes casos. Dadas las distancias de las barreras a la fuente .Fuente: Libro Highway Engineering.

La figura No 5 presenta los resultados de mediciones de ruido practicadas sin pantallas contra ruido para carreteras en corte, planas o elevadas, habiendo sido realizados por la California Division of Highways. en la que se determinaron las distancias recomendables a las que tienen que estar los edificios para evitar tener problemas de ruido en diferentes zonas urbanas con sus vialidades y pasos de carreteras. Así mismo, señala en donde se encuentran los resultados de los cuatro diferentes casos presentados anteriormente, con unos pequeños círculos

En los últimos años se han instalado varias barreras especiales a lo largo de las diversas autopistas del mundo que sirven como pantallas absorbentes de ruido, de estas experiencias se puede deducir lo siguiente: La densidad de la barrera protectora debe ser por lo menos de 5 Kg por metro cuadrado. La altura se debe ajustar de manera que cada uno de los receptores no reciba el ruido en forma directa. La barrera necesita tener una longitud considerable, se recomienda que cada uno de los extremos horizontales de la barrera este por lo menos a una distancia del receptor de diez veces mayor que la distancia entre el receptor y el extremo vertical de la misma. Los niveles de ruido dados anteriormente se refieren a mediciones en el exterior de los recintos o también conocido como ruido perimetral.

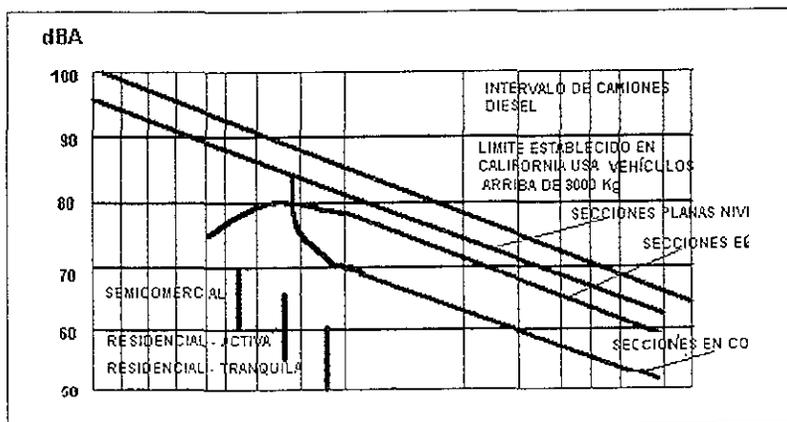


Fig 6 Ruido característico de camiones vs distancia de tres tipos de camino  
Fuente: Libro Highway Engineering

En la figura No 6 se observa la forma como se comporta a una distancia de tres metros de la fuente el ruido emitido por diferentes fuentes

### 3.2 ABSORCIÓN DEL RUIDO

De cualquier modo se debe tomar en cuenta que la propia estructura constructiva de los edificios en donde se albergan las aulas de estudio en el caso de los centros de enseñanza, también son una protección contra el ruido ya que absorben gran parte de este, en base a los propios materiales y ventanas empleados en las construcciones.

La información proporcionada por la Federal Highway Administration muestra las reducciones que se obtienen en los niveles de ruido dependiendo del tipo de estructura y la condición de la ventana (ver cuadro 6)

El nivel de ruido en cualquier posición de un cuarto está constituido por dos partes.

a) Sonido recibido directamente de la fuente

1 - El aula será menos ruidosa, excepto para las personas que se encuentren en el campo de ruido directo

- 2.- El sonido en general se reducirá.
- 3.- El tiempo de reverberación se reducirá, lo cuál es benéfico en las aulas de trabajo con ruidos ocasionales, ya que la reverberación de estos ruidos inesperados se reducirá. Además facilitará la ubicación de las fuentes de ruido, reduciendo así el sentimiento de confusión que se provoca por el ruido en el interior de las aulas.

### Cuadro 6

#### REDUCCIONES QUE SE OBTIENEN EN LOS NIVELES DE RUIDO

| Tipo De Estructura | Ventanas                    | Reducción del ruido nivel tipo dBA |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Todas              | Abiertas                    | 10                                 |
| Manpostería        | Cerradas<br>Vidrio Sencillo | 25                                 |
| Manpostería        | Cerradas<br>Vidrio doble    | 35                                 |

Fuente. Federal Highway Administration

El uso de tratamientos de absorción de ruido en salones de clase particularmente en las zonas destinadas a pisos y techos es sumamente importante, por la reflexión de la onda sonora en estas zonas. Normalmente en estos espacios se utilizan divisiones que no reducen el ruido, por consiguiente es importante que los ruidos sean disminuidos tan rápido como sea posible. El uso de materiales absorbentes es de gran utilidad en los espacios de circulación, como lo son, vestíbulos, lobbies, corredores y pasillos. Los pasillos largos, que no cuentan con un tratamiento acústico, suelen funcionar como unos tubos transmisores de ruido.

Si se usa un tratamiento acústico a lo largo de los techos, e inclusive de ser posible en las partes superiores de las paredes, se logra un confinamiento del ruido en el área inmediata de donde se produce, y reduce el nivel de ruido a lo largo del corredor que se trata de mejorar desde el punto de vista acústico. Los absorbentes deben instalarse lo más cerca posible a la fuente de ruido. Debido a que los coeficientes de absorción de los materiales acústicos varían con la frecuencia, esta debe considerarse al elegir un tratamiento de absorción adecuado.

A continuación se presenta un cuadro con diferentes coeficientes de absorción para diferentes frecuencias de diversos materiales

Cuadro 7

## COEFICIENTES DE ABSORCIÓN DE DIVERSOS MATERIALES

| DESCRIPCIÓN  | FRECUENCIA Hz |      |      |       |       |      |
|--|---------------|------|------|-------|-------|------|
|  | 125           | 250  | 500  | 1,000 | 2,000 | 4000 |
| MORTERO ACÚSTICO<br>PROMEDIO                                 | 0.07          | 0.17 | 0.50 | 0.60  | 0.68  | 0.66 |
| PLACA ACERO ACÚSTICO<br>nervadura 6 in                       | 0.58          | 0.64 | 0.71 | 0.63  | 0.47  | 0.40 |
| AIRE<br>Por cada 1000 ft cúbico<br>con humedad relativa 50 % |               |      |      | 0.90  | 2.90  | 7.40 |
| AIRE<br>Por cada 100 ft cúbico<br>con humedad relativa 25 %  |               |      |      | 0.30  | 0.90  | 2.40 |
| LADRILLO<br>aparente sin pintar                              | 0.03          | 0.03 | 0.03 | 0.04  | 0.05  | 0.07 |
| ALFOMBRA<br>gruesa sobre concreto                            | 0.02          | 0.06 | 0.14 | 0.37  | 0.60  | 0.65 |
| CONCRETO<br>sin pintar                                       | 0.01          | 0.01 | 0.02 | 0.02  | 0.02  | 0.03 |
| PISO<br>vinyl, linolium, hule<br>sobre concreto              | 0.02          | 0.03 | 0.03 | 0.03  | 0.03  | 0.02 |
| VENTANA<br>ordinaria   | 0.35          | 0.25 | 0.18 | 0.12  | 0.07  | 0.04 |

Tabla obtenida del libro de DAY, B. Building Acustics

#### 4. RESULTADOS

En el edificio de laboratorios del Colegio Vista Hermosa fué en donde se presentó el mayor número de comentarios y quejas sobre ruido dentro de las aulas, la fachada norte de este edificio se encuentra a una distancia promedio de dos metros de la barda perimetral de la institución.

Se aplicó una encuesta sobre el problema de ruido a los estudiantes que asisten a los salones ubicados en este edificio debido a que de todas las áreas y edificios de la planta de conjunto el edificio mencionado es el más cercano a la vialidad Av. Vista Hermosa en donde se presenta una densidad vehicular en el horario 7.00h a 15.00h de 26 hasta 73 vehículos/minuto. Los resultados de esta encuesta proporcionaron la información necesaria para conocer el problema de ruido que se presentaba en esta zona, así con este instrumento se cumplieron diferentes objetivos, que son:

- a). Identificar las zonas que presentan un problema de ruido.
- b). Conocer el horario en el que se presenta el ruido.
- c). Discriminar las aulas y puntos en donde no se presenta un problema por ruido.
- d). Evaluar las zonas afectadas por contaminación del ruido.
- e). Determinar las acciones correctivas que deben efectuarse para disminuir, desviar, y/o eliminar la contaminación por ruido.
- f). Elaborar un programa para llevar a cabo las modificaciones a los cuerpos, aulas o elementos de construcción que sirva para disminuir, modificar y/o eliminar la contaminación por ruido.
- g). Presentar a la Administración del Colegio un estudio económico con diferentes alternativas que permitan cumplir con los incisos anteriores considerando el costo, la mano de obra, y el tiempo necesario para hacer las modificaciones.
- h). Presentar proyecto para su aprobación y determinar fecha de inicio y conclusión de las obras de modificación, reforzamiento, y construcción necesarias para cumplir con los objetivos planteados.
- i). Es recomendable conocer el tipo de material de construcción de las instalaciones, las ventanas con que cuenta, y tanto en piso como en techos también conocer que material se tiene; todo lo anterior con el objeto de disminuir el ruido apoyándose con lo presentado en los cuadros 6 y 7 del presente trabajo.

Sobre la barda existente en el Colegio Vista Hermosa construida con piedra brasa de origen volcánico cuyas dimensiones son de 0.30 m de ancho por 2.00 m de altura; se construyó una nueva barda hasta una altura de 4.5m con materiales que disminuyen la intensidad del nivel de ruido, como es el panel w covintec, que esta formado con dos mallas unidas por medio de guías en línea quebrada de la forma w del mismo material electrosoldada colocando en forma intermedia una cama de 0.05 m de unicec

A este panel w covintec una vez que se colocó se le aplicó en ambos caras una capa de mezcla de cemento , arena y agua que permite una rigidez en la barda y disminuye el ruido que se presenta; por la altura a la que se elevó el injerto de la barda con este nuevo material fue necesario a recomendación del constructor dearrollar una serie de castillos a cada 3.5 m de distancia anclados en la barda de piedra lava que formaba la barda original, de esta manera se reforzó la barda, finalmente el acabado de la misma depende de diversos factores porque existe en el mercado de materiales de construcción una gran cantidad de resinas , pinturas, plásticos, cintilla, etc . que se emplean para los acabados en las bardas.

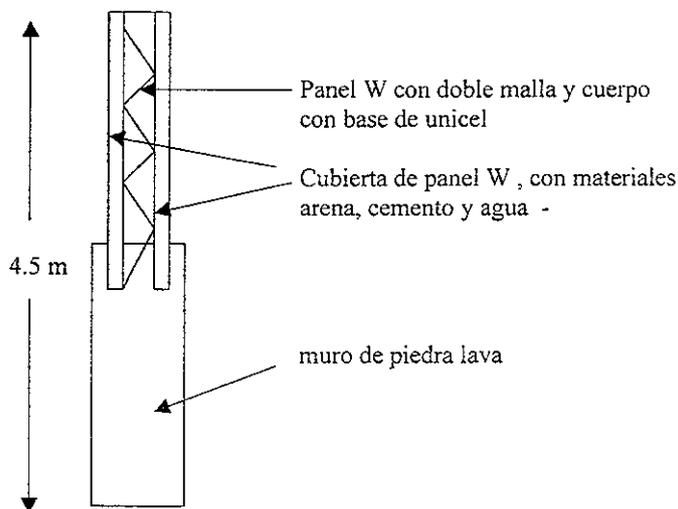


Fig. 7 Sección transversal de la barda del Colegio Vista Hermosa.  
Fuente. Folleto Material De Las Lomas S.A de C V.

## VI CONCLUSIONES

El ruido es un factor de contaminación ambiental que interfiere durante el desarrollo de las actividades humanas de forma importante y generalmente no se le presta mucha atención a este fenómeno físico cuando se presenta, debido a que se acostumbran las personas a tolerarlo a costa de un esfuerzo en el nivel de concentración. Esto se presenta diariamente en el interior y alrededores de los centros de educación en donde se requiere precisamente de una buena concentración de los alumnos al escuchar las instrucciones, indicaciones y la información que los profesores transmiten en las clases.

Existen en todas las instituciones educativas una serie de factores que generan ruido como son el voceo, en los edificios, los timbres, campanas, silbatos, y las voces mismas de los que asisten a estos lugares; además en el exterior de los planteles educativos la presencia del tráfico de vehículos también contribuye con una cantidad considerable de ruido alterando la armonía del medio ambiente.

Las autoridades de las instituciones educativas deben tomar en cuenta la contaminación por ruido que se presenta en los alrededores y al interior de sus instalaciones para eliminarlo, disminuirlo y tomar las medidas necesarias que controlen este problema y así permitir un adecuado desarrollo de la labor que efectúa su personal docente, además de contribuir con ello a obtener un ambiente que facilita la concentración de los estudiantes y por lo tanto el estudio de las diversas disciplinas que se imparten en sus aulas.

Se recomienda efectuar de manera frecuente, determinaciones cualitativas sobre la presencia de ruido contaminante a través de instrumentos como encuestas o preguntas directas a los asistentes de un centro educativo. Estas determinaciones pueden llevarse a cabo al término de un período escolar para que después de analizar los resultados aportados por las personas que participen en una encuesta o que han sido interrogados, se proponga, se apruebe y se efectúe una acción remedial si existe un problema de ruido ocupando para ello el tiempo destinado a las vacaciones escolares entre el término y el inicio de un curso escolar y el siguiente curso.

Se debe llevar a cabo un estudio de ruido perimetral en las instalaciones educativas, dentro de los horarios, y días de funcionamiento, por medio del cual se verifique que se encuentran los niveles de ruido por abajo de la norma que para tal efecto se ha publicado, y que se aplica a los centros de trabajo como lo es una institución de servicios educativos.

Es importante que las autoridades en materia de educación, legislen sobre los niveles de ruido que deben existir como máximo en los lugares a los que asisten los escolares ya sea que se trate del nivel medio superior o de los niveles de escolaridad anteriores a este, con el fin de obtener una mayor calidad de vida y el propósito de mejorar los niveles de concentración de los educandos.

La Ley Mexicana, a través de su reglamento sobre ruido incluye vehículos con peso hasta 3,000 Kg. sin embargo existen transportes públicos de mayor peso que generan ruido

contaminante a distancias cortas, sobre todo cuando tienen la necesidad de acelerar después de pasar un tope o por una pendiente en la vialidad, las motocicletas y los autos con el escape abierto también generan una cantidad considerable de ruido y no se encuentran estos vehículos considerados dentro de los apartados del reglamento en materia de ruido por lo que se considera importante revisar y modificar este reglamento para que sean incluidos estos vehículos.

En otros países se ha logrado implementar normas sobre los niveles de ruido permitidos dentro de los espacios como son hospitales, escuelas, zonas residenciales y dentro de los horarios tanto de actividades como de descanso en dichas centros, todo esto con la finalidad de proteger el órgano auditivo de las personas y con esto dar una mayor calidad de vida según los niveles de tolerancia del oído humano.

En los casos en donde se encuentren niveles de ruido que provocan contaminación se recomienda iniciar los trabajos correspondientes que estén orientados a disminuir a través de pantallas antiruido, barreras o propios para absorber el ruido y resolver en parte los problemas que por ruido se presenten; ya que como se revisó en la mayoría de los casos eliminar las fuentes generadoras de ruido muchas veces es más difícil que aplicar una serie de medidas alternas logrando buenos resultados sin grandes erogaciones, por lo que es muy recomendable seguir este tipo de camino.

El ruido es un fenómeno creado por el hombre en gran parte y solo el mismo podrá evitar que esto lo enferme y le obstruya otros trabajos que se encuentran en beneficio del propio hombre.

## ANEXO 1

### Términos:

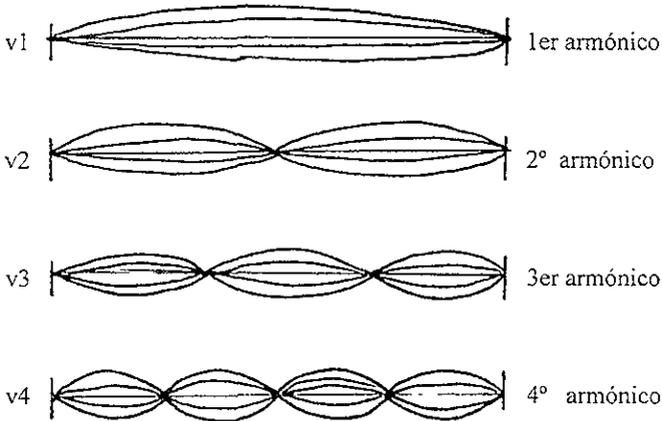
Armónico, primer armónico o fundamental, segundo y tercer armónico, frecuencia y nodo.

### Armónicos.

Cuando un violinista profesional toca un armónico, roza ligeramente las cuerdas en varios puntos y pone cada una a vibrar en dos o más segmentos, como se aprecia en la figura No. Si se toca una cuerda en el centro, se forma un nodo en ese punto y la frecuencia de vibración se vuelve el doble de la fundamental.

Si la cuerda se roza suavemente en un punto distante del extremo, un tercio de su longitud, vibrará en tres secciones y tendrá una frecuencia tres veces mayor que la fundamental.

### Fundamental



En la teoría elemental de los instrumentos de cuerda, se supone que cada una de las cuerdas es delgada, uniforme y muy flexible, y que vibra con una amplitud pequeña entre soportes rígidos. Para dicha cuerda ideal, los modos de vibración anteriores tienen frecuencias exactamente iguales a un número entero multiplicado por la frecuencia fundamental y estos se llaman armónicos.

Para mostrar como se comporta una cuerda respecto a sus armónicos se dan en la tabla 4 las frecuencias medidas de una cuerda de piano, cuya frecuencia fundamental es de 327 vibraciones / segundo o ciclos / segundo.

Tabla 4 Frecuencias armónicas de una cuerda de piano

| Modo número | Frecuencia Medida | Frecuencia armónica | Relación |
|-------------|-------------------|---------------------|----------|
| 1           | 32.7              | 32.7                | 1        |
| 2           | 65.52             | 65.4                | 2.003    |
| 3           | 98.39             | 98.1                | 3.008    |
| 4           | 131.4             | 130.8               | 4.018    |
| 5           | 164.7             | 163.5               | 5.038    |
| 6           | 198.4             | 196.2               | 6.066    |
| 7           | 232.4             | 228.9               | 7.106    |
| 8           | 266.8             | 261.6               | 8.159    |

Se puede apreciar que la relación entre el modo de número, la frecuencia armónica, corresponde a tomar el valor de la frecuencia fundamental o el de modo 1 y multiplicarlo por el valor del modo para adquirir la frecuencia de resonancia. Como se aprecia en la columna de relación.

De esta forma se calcula o se encuentra el valor de la frecuencia para el segundo armónico, el tercero etc. En el caso del oído se presenta una frecuencia de resonancia en el canal auditivo con un valor de 3,000 vibraciones/segundo y en el caso de presentarse una tercera armónica, esta tendrá un valor cercano a las 10,000 vibraciones/segundo según lo expresado anteriormente.

## GLOSARIO

### Definiciones

Art. 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 del 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 bell; su símbolo es dB

DECIBEL "A" Decibel sopesado con la malla de ponderación "A"; su símbolo es dBA.

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

PRESION EQUIVALENTE 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 carta 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 perjudique a las personas

SECRETARÍA DE  
ESTADO

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

Art. 6°. Se consideran como fuentes artificiales de contaminación ambiental originada por la emisión de ruido las siguientes:

I. 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 otros semejantes;

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

Hoy en día se utiliza un peso en los niveles de sonido para así expresar subjetivamente el ruido. En realidad es una medición de la intensidad total después de que se filtraron las notas más bajas, así como las más altas. Tres tipos de peso se utilizan, dando como resultado lecturas en dbA, dBB, y dBC. Sin embargo, el más comúnmente utilizado es el dbA, que proporciona valores medidos para el peso del nivel que proporcionalmente más se acerca a la impresión subjetiva del ruido.

## BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Apuntes del módulo I Administración de la Seguridad, del Diplomado Básico en Seguridad e Higiene Industrial, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental  
Impartido por M. en I. José Antonio Castañeda Cid Del Prado  
octubre 1997

Coordinación De Extensión Académica Educación Continua.  
Facultad De Química U.N.A.M.

Apuntes del módulo V Higiene Industrial del Diplomado Básico en Seguridad e Higiene Industrial, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental  
Impartido por M. en C. Juan Rodríguez García, M. en I. Mauricio Vizcaino Guerra  
noviembre - diciembre 1997.

Coordinación De Extensión Académica Educación Continua.  
Facultad De Química U.N.A.M.

Apuntes del módulo VI Salud en el Trabajo del Diplomado Básico en Seguridad e Higiene Industrial, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental.  
Impartido por Dra. Elia Enriquez Viveros.  
febrero 1998.

Coordinación De Extensión Académica Educación Continua.  
Facultad De Química U.N.A.M.

Apuntes del módulo VIII Protección Ambiental del Diplomado Básico en Seguridad e Higiene Industrial, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental.  
Impartido por M. en I. Margarita Juárez Nájera.,  
marzo 1998

Coordinación De Extensión Académica Educación Continua.  
Facultad De Química U.N.A.M.

Criterios De Salud Ambiental 12  
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
Organización Panamericana De La Salud  
1983

Domínguez Ana Elizabeth  
Introducción A-La Investigación Documental  
En Las Ciencias Químico Biológicas  
Facultad De Química. U.N.A.M.  
1993

El Manual Merck  
Merck & Co. Inc  
7ª Edición  
1986

Estudio Del Ruido en la Autopista México Toluca.

Preparado por "Oso Ingeniería" S.A.

Empresa de consultoría Ambiental.

M en I. Eduardo Medina Wiechers

1997.

Frank J. Blatt

Fundamentos de Física

Prentice Hall, 3ª Edición

México, D.F.

1991.

Lazo Cerna Humberto

La Salud En El Trabajo

Editorial Porrúa S.A.

17ª Edición

México, D.F

1994.

Leyes y Códigos De México. Ley Del Equilibrio Ecológico

Y La Protección Al Ambiente.

Editorial Porrúa

13ª Edición

1997.