

TEMA 15



CEDE

EQUIPOS ELECTRÓNICOS

Desarrollo de los temas

***Principios básicos del sonido.
Magnitudes fundamentales y
unidades de medida del sonido.
Fenómenos acústicos y
electroacústicos. Sistemas de sonido:
tipología y características. Equipos.
Instalaciones de sonido: tipología,
función y características.
Condiciones de la sala donde se
ubica un sistema de sonido.
Perturbaciones que afectan al sistema
y precauciones que deben tomarse.***

elaborado por
EL EQUIPO DE PROFESORES
DEL CENTRO DOCUMENTACIÓN

GUIÓN - ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. CUALIDADES DEL SONIDO

- 2.1. El tono
- 2.2. La intensidad
- 2.3. El timbre
- 2.4. La duración
- 2.5. Velocidad de propagación del sonido

3. MAGNITUDES FUNDAMENTALES DE LAS SEÑALES ACÚSTICAS

- 3.1. Amplitud
- 3.2. Frecuencia
- 3.3. Longitud de onda

4. MEDICIÓN DE LAS SEÑALES ACÚSTICAS

- 4.1. Nivel de presión sonora
- 4.2. Nivel de potencia sonora
- 4.3. Características logarítmica de la audición

5. FENÓMENOS ACÚSTICOS Y ELECTROACÚSTICOS

- 5.1. Localización de la fuente sonora
- 5.2. Propagación del sonido
- 5.3. Reflexión del sonido
 - 5.3.1. Eco
 - 5.3.2. Reverberación
- 5.4. Resonancia
- 5.5. Absorción del sonido

6. SISTEMAS DE SONIDO. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN

- 6.1. Micrófonos
 - 6.1.1. Tipos de micrófonos según su funcionamiento
 - 6.1.2. Clasificación de los micrófonos según su construcción
- 6.2. Altavoces
 - 6.2.1. Características de los altavoces
 - 6.2.2. Tipos de altavoces
 - 6.2.3. Cajas acústicas
- 6.3. Amplificadores
- 6.4. Ecuadores
 - 6.4.1. Filtros
 - 6.4.2. Controles de tonalidad
 - 6.4.3. Características de los ecualizadores
- 6.5. Dispositivos auxiliares y de control
 - 6.5.1. Transformadores
 - 6.5.2. Atenuadores

7. INSTALACIONES DE SONIDO

- 7.1. Instalaciones con amplificación de potencia centralizada
- 7.2. Instalaciones con amplificación de potencia descentralizada
- 7.3. Instalaciones en recintos abiertos
- 7.4. Instalaciones en locales cerrados
- 7.5. Perturbaciones y precauciones en las instalaciones electroacústicas
 - 7.5.1. Colocación de los micrófonos
 - 7.5.2. Posicionamiento de los altavoces y efectos que producen

BIBLIOGRAFÍA

- GORMAZ, I. **Técnicas y Procesos en las Instalaciones Singulares.** Ed. Paraninfo, 2002.
- RECUERO, M. **Acústica Arquitectónica Aplicada.** Ed. Paraninfo, 1999.
- BLANCO, A. **Equipos de sonido: Equipos electrónicos de consumo.** Ed. Thomson-Paraninfo, 2002.
- LESLIE, P. **Equipos de sonido. Grado Medio.** Ed. Mc Graw Hill, 2006.

COMENTARIO BIBLIOGRÁFICO

El libro de I. Gormaz aborda todas aquellas instalaciones que tienen unas características singulares dentro de las instalaciones que albergan los edificios. Cada bloque se ha dividido en dos temas. En el primero se hace una descripción de los fundamentos, mientras que en el segundo se describe de forma pormenorizada de los elementos que incluye el sistema y sus desarrollos prácticos.

El libro de M. Recuero trata la teoría de una forma sencilla, insistiendo en los conceptos fenomenológicos y con una herramienta matemática no compleja, exponiendo las bases de acústica física, las características de la audición, así como lo relativo al aislamiento y acondicionamiento acústico. Se acompañan una serie de ejercicios que permiten aclarar ideas y enseñar a realizar determinados cálculos en acústica Arquitectónica. También el libro contiene una extensa base de datos de materiales para aislamiento y acondicionamiento acústico, con las principales características de los materiales.

El texto de Equipos de Sonido de A. Blanco pretende conocer cómo se producen los sonidos y los equipos utilizados en su captación, amplificación, distribución y emisión. También se proporciona una serie de pautas a seguir para realizar el mantenimiento de los equipos, así como un método para su reparación con el fin de obtener un rendimiento óptimo de los mismos.

El último de los libros citados tiene un enfoque actual, sencillo y práctico, desarrollando los contenidos del módulo Equipos de sonido, incluido en el Ciclo Formativo de Grado Medio de Equipos electrónicos de consumo. Los materiales didácticos del libro ofrecen un conjunto de recursos diseñados para posibilitar la asimilación secuencial de las capacidades terminales definidas para el Técnico en Equipos electrónicos.

1. INTRODUCCIÓN

El sonido es una vibración transmitida por el aire de una frecuencia tal que nuestros oídos puedan percibir. La gama de frecuencias audibles por el ser humano va desde 20 Hz hasta los 20.000 Hz aproximadamente. Estas cifras son para un oído ideal, sin embargo la mayoría de las personas tienen un rango de frecuencias audibles más reducido (50 Hz a 15 KHz).

2. CUALIDADES DEL SONIDO

Las cuatro cualidades básicas del sonido son:

- El **Tono**.
- La **Intensidad**.
- El **Timbre**.
- La **Duración**.

2.1. EL TONO

Viene determinado por la frecuencia fundamental de las ondas sonoras (es lo que permite distinguir entre sonidos graves, agudos o medios) medida en ciclos por segundo o Hercios (Hz). Para que los humanos podamos percibir un sonido, éste debe estar comprendido entre el rango de audición de 20 y 20,000 Hz. Por debajo de este rango tenemos los infrasonidos y por encima los ultrasonidos. A esto se le denomina rango de *frecuencia audible*. Cuanto más edad se tiene, este rango va reduciéndose tanto en graves como en agudos.

2.2. LA INTENSIDAD

Es la cantidad de energía acústica que contiene un sonido. La intensidad viene determinada por la potencia, que a su vez está determinada por la amplitud y nos permite distinguir si el sonido es fuerte o débil. Los sonidos que percibimos deben superar el umbral auditivo (0 dB) y no llegar al umbral de dolor (140 dB). Esta cualidad la medimos con el sonómetro y los resultados se expresan en decibelios (dB) en honor al científico e inventor Alexander Graham Bell.

Los factores que determinan la intensidad del sonido son:

1. La intensidad de un sonido depende de la **amplitud** del movimiento vibratorio de la fuente que lo produce, pues cuanto mayor sea la amplitud de la onda, mayor es la can-

tividad de energía (potencia acústica) que genera y, por tanto, mayor es la intensidad del sonido.

2. También depende de la **superficie** de dicha fuente sonora. El sonido producido por un diapasón se refuerza cuando éste se coloca sobre una mesa o sobre una caja de paredes delgadas que entran en vibración. El aumento de la amplitud de la fuente y el de la superficie vibrante hacen que aumente simultáneamente la energía cinética de la masa de aire que está en contacto con ella; esta energía cinética aumenta, en efecto, con la masa de aire que se pone en vibración y con su velocidad media (que es proporcional al cuadrado de la amplitud).

3. La intensidad de percepción de un sonido por el oído depende también de su **distancia** a la fuente sonora. La energía vibratoria emitida por la fuente se distribuye uniformemente en ondas esféricas cuya superficie aumenta proporcionalmente al cuadrado de sus radios; la energía que recibe el oído es, por consiguiente, una fracción de la energía total emitida por la fuente, tanto menor cuanto más alejado está el oído. Esta intensidad disminuye 3 dB cada vez que se duplica la distancia a la que se encuentra la fuente sonora (ley de la inversa del cuadrado). Para evitar este debilitamiento, se canalizan las ondas por medio de un “tubo acústico” (portavoz) y se aumenta la superficie receptora aplicando al oído una “trompeta acústica”.

4. Finalmente, la intensidad depende también de la **naturaleza del medio elástico** interpuesto entre la fuente y el oído. Los medios no elásticos, como la lana, el fieltro, etc., debilitan considerablemente los sonidos.

La intensidad del sonido que se percibe subjetivamente que es lo que se denomina sonoridad y permite ordenar sonidos en una escala del más fuerte al más débil.

2.3. EL TIMBRE

El **timbre** es la cualidad del sonido que permite distinguir la misma nota producida por dos instrumentos musicales diferentes. A través del timbre somos capaces de diferenciar, dos sonidos de igual frecuencia fundamental o (tono), e intensidad.

Los sonidos que escuchamos son complejos, es decir, están compuestos por varias ondas simultáneas, pero que nosotros percibimos como uno. El timbre depende de la cantidad de armónicos que tenga un sonido y de la intensidad de cada uno de ellos.

Un Do emitido por una flauta es distinto al Do que emite de una trompeta aunque estén tocando la misma nota, porque tienen distintos armónicos. En la flauta, los armónicos son pequeños en comparación con la fundamental mientras que en la trompeta los armónicos tienen una amplitud relativa mayor, por eso la flauta tiene un sonido suave, mientras que la trompeta tiene un sonido estridente.

Físicamente, el timbre es la cualidad que confieren al sonido los armónicos que acompañan a la frecuencia fundamental. Estos armónicos generan variaciones en la onda sinusoidal base.

Los sonidos simples o tonos puros son ondas sinusoidales de una frecuencia determinada. Sin embargo, en la naturaleza, no existe ese sonido puro, libre de armónicos.

El Teorema de Fourier demuestra que cualquier forma de onda periódica puede descomponerse en una serie de ondas (armónicos) que tiene una frecuencia que es múltiplo de la frecuencia de la onda original (frecuencia fundamental). Así, los armónicos son múltiplos de la frecuencia fundamental, a la que acompañan.

El timbre viene determinado por la cantidad e intensidad de estos armónicos.

2.4. LA DURACIÓN

Es la cualidad que determina el tiempo de vibración de un objeto. Por ejemplo, podemos escuchar sonidos largos, cortos, muy cortos, etc.

2.5 VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL SONIDO

Además de las cualidades que permiten distinguir un sonido de otro, existe una característica común a todos ellos: **la velocidad de propagación**. El sonido se propaga uniformemente, pero su velocidad depende del medio en que se propague. Así, en el aire tiene una velocidad de 340 m/s a 20°C, pero varía con la temperatura, y en cambio depende muy poco de la presión del aire. En el agua es de 1400 m/s y en el acero de 5100 m/s.

Cuando el sonido se desplaza en los sólidos tiene mayor velocidad que en los líquidos, y en los líquidos es más veloz que en los gases. Esto se debe a que las partículas en los sólidos están más cercanas.

3. MAGNITUDES FUNDAMENTALES DE SEÑALES ACÚSTICAS

Las magnitudes fundamentales en una señal acústica son:

3.1. AMPLITUD

Es la distancia que hay entre los valores máximos de la señal acústica o sus valores eficaces. Se mide en Voltios. La amplitud de un sonido representa los diferentes valores que puede presentar las fluctuaciones de la presión del aire producidas por la fuente sonora, variando desde un mínima variación (sonidos débiles) a una máxima variación (sonidos fuertes) de la presión del aire que utiliza para la transmisión del mismo. Estas variaciones de la presión del aire miden en Pascales (Pa) y pueden ser de un valor tan elevado que dañan el oído humano (Umbral de dolor) o tan pequeñas que apenas se pueden oír (Umbral del audición).

El umbral de dolor es el valor máximo de presión que puede soportarse sin recibir una sensación dolorosa en el oído, y este valor se encuentra situado alrededor de una variaciones de presión de 20 Pascales, mientras que el umbral de audición que es el mínimo valor de presión acústica que produce una sensación auditiva se encuentra situado alrededor de una variación de presión de 20 μ Pa, siempre tomando como referencia una frecuencia del sonido de 1.000 Hz.

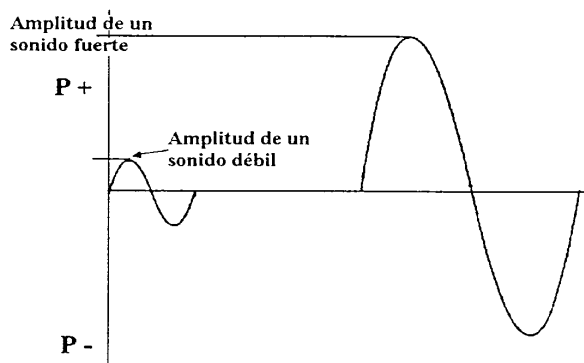


Figura 15.1

3.2. FRECUENCIA

La frecuencia de los sonidos viene a representar el número de veces que se producen en un segundo las variaciones de presión de una fuente sonora en el aire, tomando como punto de partida una amplitud de sonido nula (presión sonora en pascales de valor cero) y que pasando por las diversas amplitudes del sonido (presiones sonoras máximas y mínimas positivas o negativas) vuelve al punto de partida, denominándose a este hecho **ciclo**.

Para que este presente la percepción sonora en el oído es necesario que las variaciones de presión se efectúen un determinado número de ciclos en un segundo (frecuencia). Las frecuencias dentro de las cuales el oído humano es sensible a los sonidos se, y que están comprendidos entre 20 ciclos por segundo a 20.000 ciclos por segundo, si la frecuencia con la que se producen estas variaciones es superior a este valor, nos estaremos refiriendo a ultrasonidos, tan utilizados en la realización de ecografías, detección de defectos en piezas metálicas, esterilización de productos alimenticios, detección de bancos de peces.

Mientras que si las variaciones del sonido están por debajo de 20 ciclos por segundo nos estaremos refiriendo a los infrasonidos que son utilizados por ejemplo para la detección a gran distancia de grandes objetos, tales como montañas, fondos de océanos. Un efecto muy importante de los infrasonidos es el que afecta a la fisiología de los seres humanos, comprobándose que sonidos muy intensos (± 140 dB), de baja frecuencia pueden causar una pérdida de equilibrio en personas normales.

De igual forma dentro de los márgenes frecuencia entre los que se desarrolla el sentido del oído de las personas a medida que estas van envejeciendo se produce una sordera gradual al irse recortando la frecuencia por la parte superior que somos capaces de percibir, por normal en la vejez no somos capaces de percibir sonidos cuya frecuencia de vibración este por encima de los 10.000 ciclos por segundo.

La frecuencia de un sonido se mide en hercios (Hz) y nos indica el número de vibraciones que en un segundo puede producir un sonido.

La frecuencia determina a su vez otra característica que define al sonido como es la **longitud de onda**.

El elevado número de sonidos que percibimos por otra parte, no llegan a nuestros oídos con una única frecuencia o amplitud, sino que son una suma de frecuencias y amplitudes, por lo que podemos distinguir entre sonidos puros y complejos.

Un sonido puro está constituido por una sola frecuencia y su amplitud varía en el tiempo en forma de onda senoidal, mientras que un sonido complejo es la resultante de la suma de muy diversas frecuencias, así como de variadas amplitudes de presión sonora en el aire. Todos los sonidos reales son complejos.

3.3. LONGITUD DE ONDA

Nos indica la distancia en metros recorrida por el sonido en el tiempo entre dos puntos de idéntico valor de variación de la presión del aire que se produce al emitir un sonido. Se representa por la letra griega λ (lambda). Se mide en metros.



Figura 15.2

Para determinar la longitud de onda de un sonido que depende exclusivamente de la frecuencia con la que se propaga la onda sonora, será necesario tener en cuenta la a velocidad con la que se propaga el sonido en el aire, que es de 340 m/s a la temperatura ambiente de 20°C ésta varia tanto con la temperatura como con la presión atmosférica, humedad, etc. Siendo el valor de la longitud de onda igual a:

$$\lambda = v \cdot f$$

donde: λ = Longitud de la onda sonora en metros.

v = Velocidad del sonido en m/s.

f = Frecuencia del sonido en hercios.

La longitud de onda de los sonidos presenta una gran influencia a la hora de percibir los mismos, a pasado por la experiencia de seguir percibiendo los sonidos del claxon de las atracciones de cualquier parque de ocio o recinto ferial perfectamente, aún encontrándonos a varios kilómetros de distancia del mismo y interponiéndose entre estos y nosotros diversos obstáculos. Este hecho se debe a que seguimos oyendo en un nivel de amplitud sonora aceptable aquellos sonidos que presentan una gran longitud de onda (baja frecuencias), que se corresponden con los sonidos graves, pero no produciéndose este hecho en aquellos sonidos que presentan una pequeña longitud de onda (altas frecuencia), que se corresponden con los sonidos agudos. Por todo ello la longitud de onda de sonido mantiene una relación inversamente proporcional con la frecuencia de los cambios de presión que experimental el sonido.

4. MEDICIÓN DE LAS SEÑALES ACÚSTICAS

Ante la presencia de una sensación o estímulo la variación mínima que percibimos es proporcional a la sensación o estímulo del que se parte (ley de Weber-Fechner).

Expresándose por tanto una relación entre dos potencias o sensaciones, pero no indica nada sobre las potencias o estímulo reales. El oído humano aprecia la misma diferencia entre 1 y 2 Pascales (Pa) de variación de presión que entre 10 y 20 Pa, aunque exista una diferencia de presión importante entre las relaciones establecida, solo por lo incómodo que resultaría el efectuar las mediciones de sonido utilizando las unidades de presión Pascales (Pa), es por lo que se utiliza una medida relativa como es el decibelio (dB).

4.1. NIVEL DE PRESIÓN SONORA

El nivel de presión sonora SPL (en inglés SPL = Sound Pressure Level) se utiliza para expresar el nivel de un sonido que ha sido medido utilizando un medidor de nivel sonoro.

El nivel de presión sonora se determina mediante la fórmula:

$$\text{SPL (dB)} = 20 \cdot \log \frac{P}{P_{\text{ref}}}$$

donde: **P** es la presión sonora en N/m² ó pascal.

P_{ref} es la presión de referencia = 2×10^{-5} N/m² o pascal.

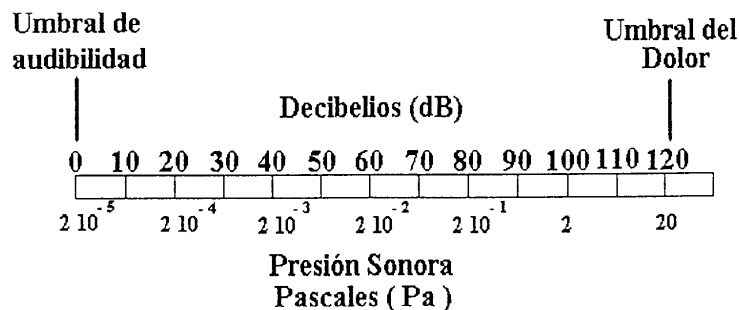


Figura 15.3

Expresada la figura 15.3 en forma de tabla:

0 dB	Umbral de audición
10-20 dB	En el campo
20-30 dB	Estudio de Grabación
30-40 dB	Zona residencial (noche), tic-tac del reloj
40-50 dB	Despacho, domicilio, Conversación tranquila, automóvil
50-60 dB	Oficina diáfana, Restaurante lujoso
60-70 dB	Restaurante bullicioso, Conversación animada
70-80 dB	Salón de Recreativos, Bar, Bingo. Máquina de escribir

80-90 dB	Imprenta, motocicleta, Orquesta (máx)
90-100 dB	Remachadora automática, Tren metropolitano
100-110 dB	Concierto de rock duro, Martillo neumático a 1 m
120 dB	Umbral del dolor
130-140 dB	Sirena de 50 Hp a 30 m. Motor de avión de reacción a 15 metros

4.2. NIVEL DE POTENCIA SONORA (NWS)

Las señales eléctricas correspondientes a señales acústicas que podemos encontrar en los aparatos e instalaciones de sonorización pueden tener niveles de tensión muy variados, desde 1 mV que produce un micrófono hasta 100 V que encontraremos en las líneas de megafonía tradicionales. A su vez estas tensiones desarrollan una potencia sobre la impedancia que se apliquen. Si expresamos una relación de potencias en dB nos quedaría:

$$\text{dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

Si P_1 son 4 W y P_2 3 W, la relación entre ambas queda:

$$10 \log 1,3333 = 1,249 \text{ dB}$$

Es importante observar que nos daría lo mismo una relación entre 400 W y 300 W. Estos 1,249 dB sólo significan que existe una relación de potencias, pero no indica nada sobre las potencias reales. El oído humano aprecia la misma diferencia entre 3 y 4 W que entre 300 y 400 W.

Para obtener un valor cuantificable es necesario definir el **nivel de potencia sonora** NWS (en inglés PWL), que no debe confundirse con el nivel de presión sonora, puesto que mientras en el SPL se relacionan presiones en pascal, en el NWS se relacionan potencias en vatios.

Debido a que el margen de potencias (no presiones), que se encuentran en la vida diaria, están en la proporción 10/1, la unidad de medida más cómoda es igualmente el decibelio.

La potencia de referencia para estas medidas es de 10^{-12} W.

La fórmula de cálculo para el nivel de potencia sonora será pues:

$$\text{NWS (dB)} = 10 \cdot \log \frac{W}{10^{-12}}$$

donde W es la potencia acústica en vatios. Dado que $10^{-12} W$ corresponde a un nivel de -120 dB, la fórmula anterior se puede expresar por:

$$\text{NWS} = 10 \cdot \log W + 120$$

Así, por ejemplo, $0,05 W$ corresponden a un nivel de potencia de:

$$\text{NWS (dB)} = 10 \cdot \log \frac{0,05}{10^{-12}} = 107 \text{ dB} = 10 \cdot \log 0,05 + 120 = -13 + 120$$

4.3. CARACTERÍSTICA LOGARÍTMICA DE LA AUDICIÓN

El sistema auditivo presenta diferente sensibilidad para los sonidos según la frecuencia y amplitud de los mismos, de tal forma que se puede distinguir una diferencia de amplitud sonora entre dos sonidos si sus presiones guardan una determinada relación entre sí. De tal forma que un aumento de la presión sonora en sonidos débiles permite detectar un aumento de intensidad sonora como consecuencia de ser mayor la amplitud, mientras que en los sonidos fuertes ese mismo aumento no permite distinguir un aumento de intensidad.

Para expresar la distinta amplitud sonora subjetiva que el oído percibe a las distintas frecuencias se han determinado experimentalmente unas curvas llamadas isofónicas a lo largo de las cuales un sonido es percibido con la misma intensidad a cualquier frecuencia (siendo las presiones distintas según la frecuencia).

Las curvas isofónicas vienen expresadas en *fonos*, que es la unidad con que se mide la amplitud sonora subjetiva de los sonidos proporcionando una valoración de dicha amplitud referida a la capacidad de percepción del oído humano y no simplemente, al valor de las fluctuaciones de la presión del aire con instrumentos físicos. Utilizándose como anotación numérica de los fonos los decibelios correspondiente a una frecuencia de 1.000 Hz. Se puede ver en las curvas isofónicas que se muestran en la figura anterior, que para 20 fonos, presentaría la misma intensidad sonora para el oído un sonido grave de 100 Hz de frecuencia con presión acústica de ± 40 dB que un sonido agudo de 2.000 Hz de frecuencia con una presión acústica de ± 20 dB.

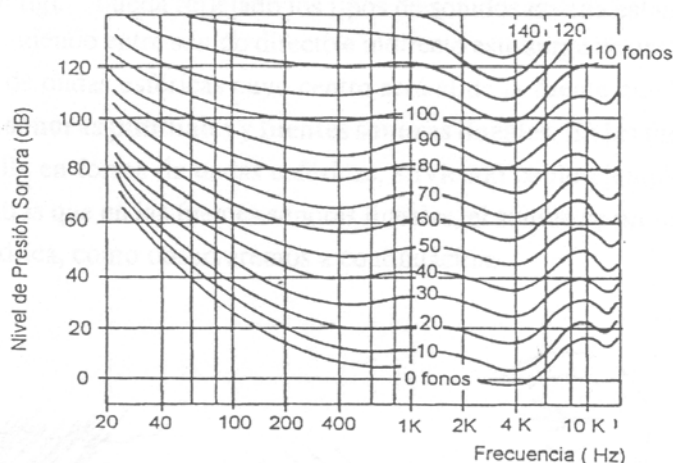


Figura 15.4

5. FENÓMENOS ACÚSTICOS Y ELECTROACÚSTICOS

5.1. LOCALIZACIÓN DEL ORIGEN DE LA FUENTE SONORA

El sistema auditivo del ser humano utiliza las frecuencias con que se producen las fluctuaciones de presión en el aire emitidas por una fuente sonora para proceder a la localización del origen del mismo.

Cuando las frecuencias de fluctuaciones del sonido son altas entre 700 Hz a 20 Khz con una longitud de onda comprendida entre 0,48 a 0,017 m, es la propia barrera acústica que creamos con la cabeza la que hace que varíe la amplitud de la intensidad sonora con la que el sonido llega a cada oído, provocando que seamos capaces de situar la procedencia de la fuente sonora.

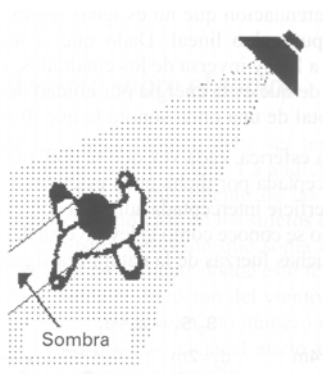


Figura 15.5

Mientras que en los sonidos que presentan una frecuencia de fluctuación baja con valores comprendidos entre 20 Hz a 700 Hz con una longitud de onda comprendida entre 17 a 0,5 m, es la pequeña distancia (d_1 y d_2) que existe entre los oídos, con la consiguiente diferencia de

tiempo con que el sonido llega a éstos los que nos sirve para localizar la procedencia de la fuente sonora.

Todo lo anteriormente expuestos se refiere a la localización del sonido en un plano horizontal, ya que la localización en el plano vertical presenta para el oído mayor problema, hecho que se utiliza para disponer los altavoces en el caso que se utilicen para refuerzo de palabra, para disponerlos en la vertical de quién habla, produciéndose la sensación de que el sonido amplificado proceda de él.

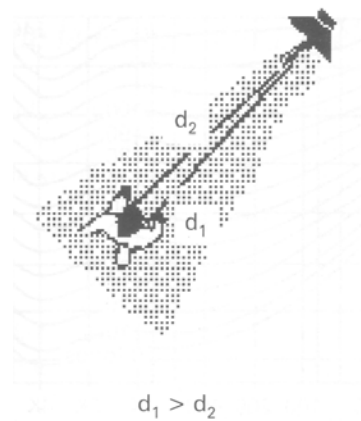


Figura 15.6

5.2. PROPAGACIÓN DEL SONIDO

El sonido producido por una fuente sonora presenta una serie de peculiaridades en cuanto a su comportamiento, existiendo diferencia en el mismo en función de que nos encontremos dentro de un local cerrado o abierto. Para empezar a describir las particularidades del mismo, tendremos que hacer una diferencia en cuanto al sonido que nos llega al sistema auditivo. Esta aclaración surge de qué hasta este momento solamente nos hemos referido al sonido como a una serie de fluctuaciones de la presión del aire de diversas amplitudes y frecuencia que son percibidas por el oído humano, y no siendo falsa la anterior afirmación, hemos de destacar que la difusión del sonido se caracteriza por:

- **Sonidos directos:** Llegan al sujeto oyente sin que hayan sido reflejados por las paredes y elementos que alberga la estancia.
- **Sonidos indirectos:** Llegan al sujeto oyente después de haber sido reflejados por las paredes y objetos que alberga la estancia.

En la figura 15.7 quedan reflejados los tipos de sonidos en una estancia.

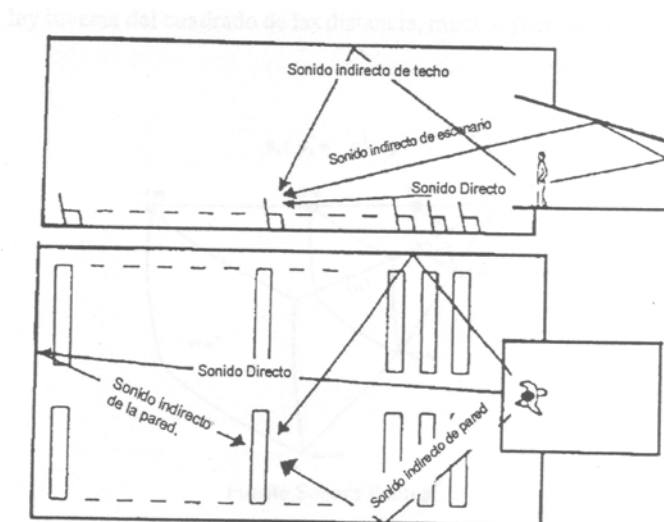
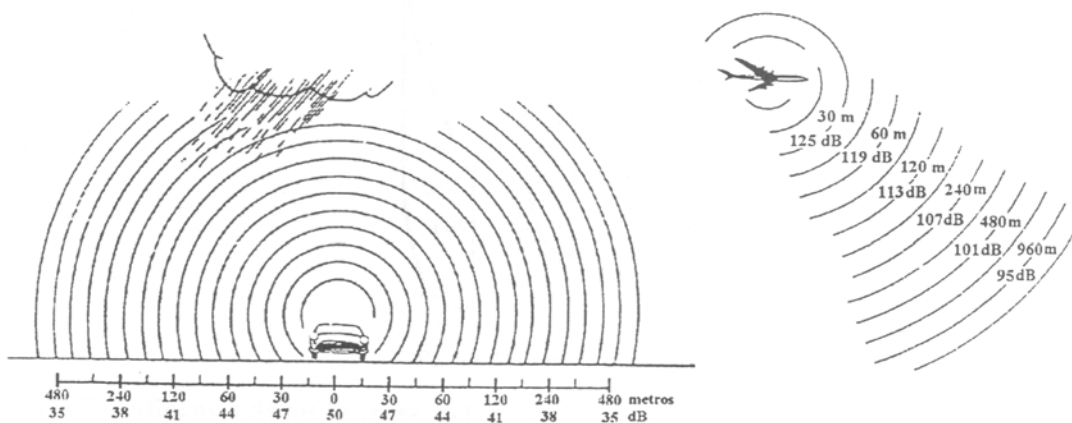


Figura 15.7

Aún así, distinguiendo entre sonido directo e indirecto, éste surge de una fuente sonora y se aleja de la misma en forma de ondas esféricas cuyo centro será el de la fuente que los origina, pudiéndose distinguir entre fuente sonoras puntuales y fuentes sonoras lineales.

En las fuentes sonoras puntuales el sonido se aleja de ella en forma de ondas esféricas, sirviendo como ejemplo de una fuente sonora puntual un avión, mientras que en las fuentes sonoras lineales, el sonido se propaga por medio de ondas sonoras de forma cilíndrica, como observaremos a continuación.



Autovía (Fuente sonora lineal). Avión (Fuente sonora puntual).

Figura 15.8

Pero también es posible observar en la figura 15.8 que el sonido va sufriendo una atenuación conforme se aleja de la fuente sonora, atenuación que no es igual según esta sea una fuente sonora puntual o lineal. Dado que la atenuación de nivel es debida a la ley inversa de los cuadrados, es importante darse cuenta de que es la energía por unidad de superficie, y no la energía total de una onda sonora, la que disminuye.

En una onda esférica, cada vez que se dobla la distancia, la superficie interceptada por dicha onda esférica se cuadruplica. Esto es, la superficie interceptada aumenta con el cuadrado de la distancia. Se conoce como la *ley inversa del cuadrado de las distancia*, muchas fuerzas de la naturaleza siguen esta ley.

En una fuente sonora puntual la superficie que atraviesa la onda sonora crece según el cuadrado de la distancia a la fuente sonora por lo que el nivel sonoro decrece rápidamente un valor de -6 dB.

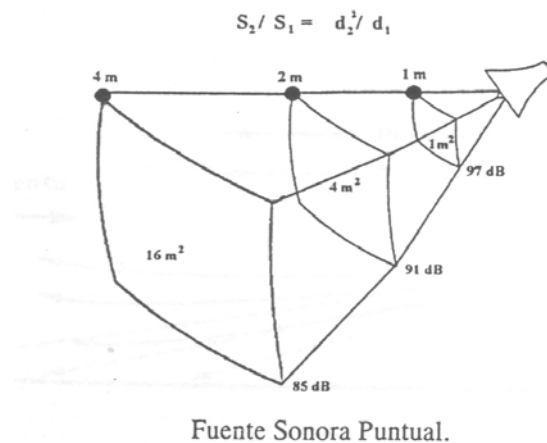


Figura 15.9

En una fuente sonora lineal la superficie que atraviesa el haz sonoro crece lentamente con la distancia a la fuente sonora, por lo que el nivel sonoro decrece más lentamente un valor de -3 dB, como se puede observar en la figura 15.9.

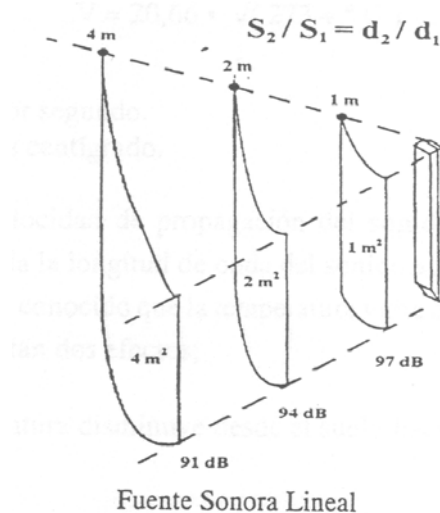


Figura 15.9

5.3. REFLEXIÓN DEL SONIDO

En este apartado vamos a tratar de explicar que ocurre con las ondas sonoras cuando en su transmisión chocan con un objeto, comenzaremos indicando que cuando se produce este hecho pueden suceder dos cosas:

- Que se produzca una reflexión del sonido. Dentro de este fenómeno en función de la longitud de onda del sonido y del objeto con el que choque se puede producir la **difracción** del sonido.
- Que se produzca un retraso en las reflexiones. En este caso podremos hablar de **eco** y **reverberación**.

Hemos destacado anteriormente que en cuanto a la forma de propagación del sonido, podíamos establecer una diferencia entre el sonido directo y el sonido indirecto, respecto a este último modo de propagación del sonido es donde se producen el fenómeno de reflexión.

Ya que el sonido indirecto se produce al ser reflejado por paredes, techos u objetos, para que se produzca este hecho habrá que tener en cuenta la naturaleza del elemento, forma y rugosidad superficial. Pero ¿qué hecho ha producido el fenómeno de la reflexión? Este fenómeno viene producido, por la longitud de onda del sonido y el tamaño del objeto con el cuál choca el sonido.

Cuando el sonido choca con un objeto cuyo tamaño sea mayor o igual que la longitud de onda del sonido se producirá una reflexión del mismo, dando origen al sonido indirecto.

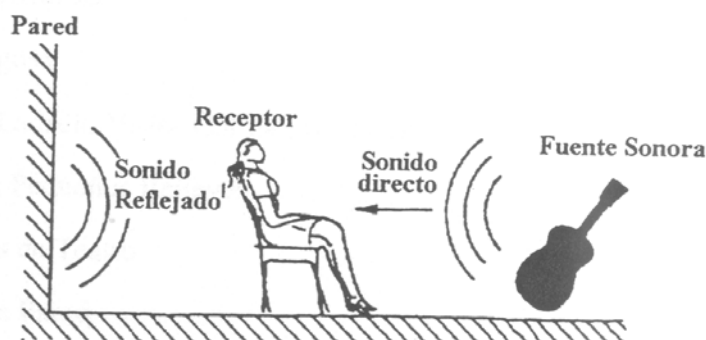


Figura 15.10

Pero hay diversos factores que intervienen que influyen en el fenómeno de la reflexión. El más importante es el material del que está constituido el objeto con el que choca el sonido, provocando reacciones muy diferentes, ya que las ondas sonoras pueden ser absorbidas por determinados materiales o producir reflexiones que en ciertos casos pueden ser beneficiosas,

ya que vienen a reforzar el sonido directo y en otros casos perjudiciales, ya que van a producir fenómenos de reverberación y eco.

En todos los casos el ángulo con el que se refleja el sonido es idéntico al ángulo de choque cuando este se produce con objeto lisos, mientras que este ángulo no es igual cuando el choque se produce con objetos rugosos o, al menos, no planos.

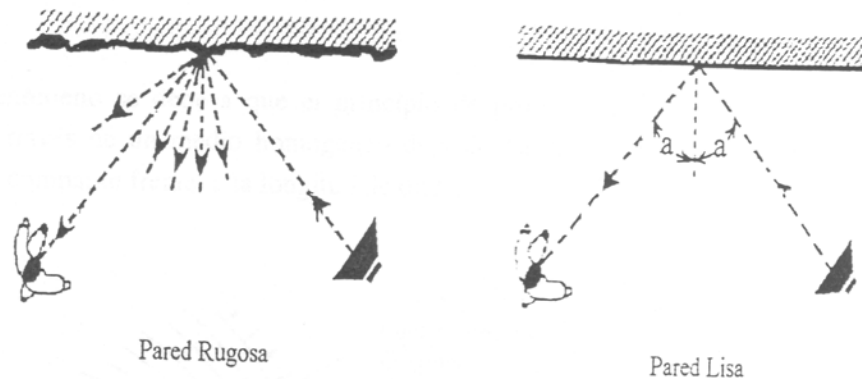


Figura 15.11

Por tal motivo es preciso tener en cuenta los fenómenos de absorción del sonido, ya que las reflexiones que se originan en paredes, suelos, fachadas de edificio, etc., son los mayores enemigos de las instalaciones electroacústicas. Como principio general, destacaremos que los objetos lisos, pesados y rígidos son reflectantes, mientras que los rugosos y porosos son absorbentes.

Presentamos a continuación una tabla con los coeficientes de reflexión de los principales materiales de construcción y decoración.

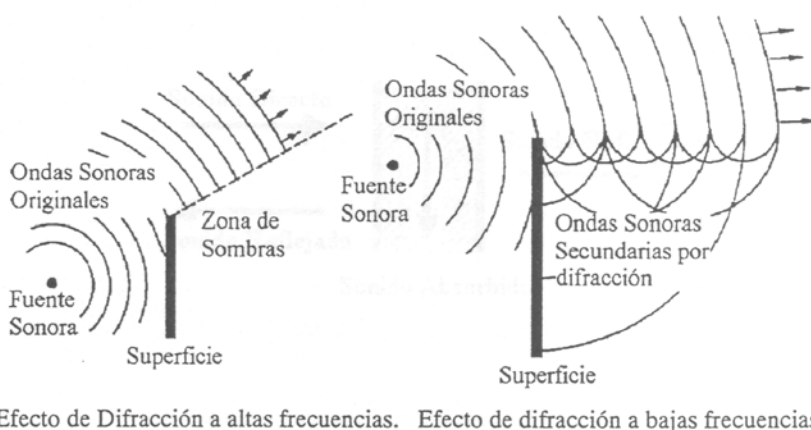
Material	Coefficiente de reflexión
Piedra Lisa-Revoque-Madera pulida	95%
Madera Barnizada	90%
Pared Rugosa	80%
Pared de Ladrillo Visto-Cortinajes y alfombras	75%
Pared con Pequeños Relieves	64%
Bastidores de Teatro	30%
Tapices de Pared	25%
Cortinaje Afelpado	20%

Hemos indicado que para que se produzca el fenómeno de la reflexión, se requiere que el tamaño del objeto con el cual choca la onda sonora sea de un tamaño mayor o igual a la longitud de onda del sonido, pero ¿qué sucede cuando esto no es así?, que nos hallamos ante la **difracción** del sonido.

La difracción del sonido, es un fenómeno que consiste en que la onda sonora rodea al objeto con el cuál ha chocado, y sigue propagándose por detrás, o sea la dirección de propagación de las ondas cambian debido a los obstáculos.

Este fenómeno presenta dos variantes en función de la frecuencia de los sonidos. Los sonidos de frecuencias bajas (sonidos graves con una gran longitud de onda) son capaces de rodear un obstáculo casi como si no existiese, originando una pequeña región de sombra sonora, Mientras que las frecuencias altas (sonidos agudos con una pequeña longitud de onda) no son capaces de rodear grandes obstáculos, produciéndose zonas de sombras bastante grande al chocar con los mismos.

Este fenómeno se debe a que el principio de propagación rectilínea de los movimientos ondulatorios a través de un medio homogéneo deja de cumplirse al encontrar un obstáculo cuyas dimensiones se comparan frente a la longitud de onda.



Efecto de Difracción a altas frecuencias. Efecto de difracción a bajas frecuencias.

Figura 15.12

Hasta ahora dentro del fenómeno de la reflexión no hemos tratado la variante tiempo, es decir que sucede con las reflexiones, cuando estas no llegan al sujeto en el mismo momento que el sonido directo que produce las reflexiones. En este caso dentro de la reflexión tendremos que distinguir los efectos de **reverberación** y los efectos de **eco**.

5.3.1. Eco

El eco es la repetición de un sonido provocada por la reflexión de las ondas sonoras al chocar contra un obstáculo situado a una distancia mínima de 17 metros. Y esto es así porque el oído humano selecciona sonidos que llegan a él con un intervalo igual o mayor a 1/10 de segundo. Los sonidos que llegan al oído con un intervalo de tiempo menor no pueden ser separados por el oído y serán mezclados confusamente.

El eco permitirá distinguir entre el sonido directo original y el sonido indirecto reflejado, mientras que la reverberación no.

5.3.2. Reverberación

Cuando se produce una reflexión del sonido en un obstáculo situado a una distancia menor a 17 metros, entonces el sonido directo y el reflejado se superponen reforzando el sonido principal y alargando su duración en el tiempo. A este fenómeno se le denomina reverberación y produce una prolongación de la audición del sonido. La reverberación produce el enriquecimiento del sonido que se encuentra en una estancia o en un ambiente acústico determinado. Dependiendo del tipo de sala en la que nos encontremos la reverberación será diferente. Todo esto se debe a que el sonido que oímos es una mezcla del sonido original y sus reflexiones sobre el entorno es decir, los rebotes en las distintas superficies de la estancia. Estas reflexiones llegan retrasadas respecto del sonido que se emitió, con una distribución irregular, y además con una intensidad sonora menor. Para que se considere reverberación, estas reflexiones han de llegar a nuestro oído antes de 0,1 s de ocurrido el sonido que las ha provocado. Durante este tiempo, el oído las interpretará como una prolongación del original, mientras que si llegan más tarde, por ejemplo 0,5 s, las sentiremos como dos sonidos distintos, el original y el **eco**.

Un caso extremo de reverberación es el *canto gregoriano* que se desarrolló aprovechando los enormes tiempos de reverberación de las catedrales medievales y esto fue como consecuencia de tener que adaptar el culto hablado en culto cantado, adaptando el tono a la disposición predominante del local dentro de aquellas grandes y pesadas estructuras, ya que la alta reverberación que presentaban era muy perjudicial para la inteligibilidad de la palabra.

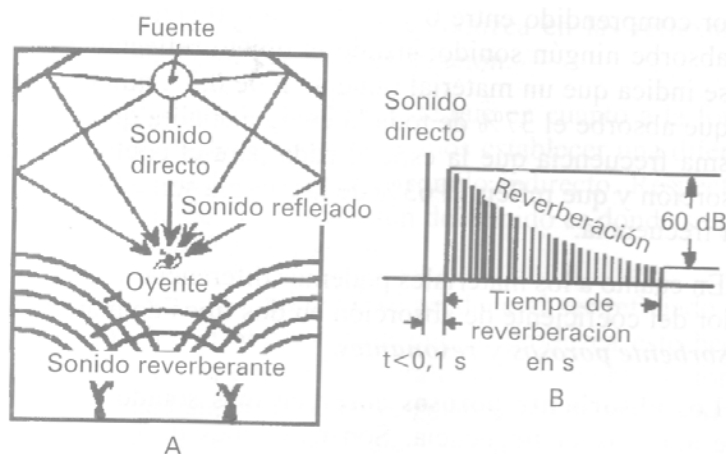
Tiempo de reverberación

El tiempo que la señal sonora necesita para reducirse hasta el umbral de audición se conoce como **tiempo de reverberación**, siendo éste el tiempo que es necesario para que el nivel de reverberación disminuya 60 dB. Esto significa que prácticamente se silencia, este tiempo se mide en segundos. El tiempo de reverberación es el principal criterio para evaluar el comportamiento acústico de una estancia, aunque no él único. En función del empleo que tenga una estancia deberá ser el valor de su tiempo de reverberación, así como su variación en función de la frecuencia.

Así para la palabra se requiere que el tiempo de reverberación sea mínimo, ya que si este fuese prolongado se reduciría la inteligibilidad. Por todo ello es conveniente que se eviten sonidos indirectos que lleguen al oído con un retardo superior a 0,05 s, y de igual forma llegar

con una atenuación de, al menos, 10 dB, por todo ello el tiempo de reverberación debe ser inferior a 1 s.

Para la música y la difusión de sonido la reverberación confiere una plenitud de tono que mejora la audición, teniendo que ser el tiempo de reverberación superior aproximadamente a los 2 s, pero en ningún caso inferior a 1 s. Si los valores hallados no corresponden a tiempo por encima o por debajo de los indicados según se trate de difusión de palabra o de música, sería necesario intervenir en la sala, produciendo alguna actuación sobre paredes, techos o muebles que produzcan una mejora de la absorción del sonido por las misma, produciéndose como consecuencia una variación del tiempo de reverberación.



A. Comparación de los campos sonoros directo, reflejado y reverberante de una estancia. B. Reverberación.

Figura 15.13

Determinación del tiempo de reverberación

Aunque existen diversos sistemas para prever el valor del tiempo de reverberación de un local en proyecto, todos ellos fruto de experimentaciones basadas en los principios teóricos de la difusión del sonido en un local, vamos a describir detalladamente la fórmula de Sabine.

Sabine dedujo que si se ponía en una estancia reverberante, materiales absorbente idénticos a la de una estancia donde no se diese el fenómeno de la reverberación, midiendo a continuación la variación del tiempo de reverberación, descubrió que el resultado era una hipérbola. Basándose en la ley exponencial del decrecimiento de la intensidad o amplitud sonora, que el tiempo de reverberación (RT_{60}) en segundos, de un local viene dado por la expresión:

$$RT_{60} = \frac{0,16 \cdot V}{\sum (a \cdot S)}$$

donde: RT_{60} = Tiempo de reverberación.

V = Volumen del local en m^3 .

S = Superficie de los paramentos en m^2 .

a = Coeficiente de absorción.

$\Sigma (a \cdot S)$ = Sumatorio de las unidades totales de absorción.

La suma $\Sigma (a \cdot S)$, de los productos de las superficies de los distintos paramentos por su coeficiente de absorción, recibe el nombre de unidades de absorción o *sabines* y tendrá un valor distinto para cada frecuencia de sonido, de las que se consideran normalmente las cinco centrales: 125, 250, 500, 1.000 y 2.000 Hz.

5.4. RESONANCIA

La resonancia es un fenómeno que consiste en que un cuerpo entra en vibración al recibir ondas que tienen su misma frecuencia de vibración.

Un ejemplo claro es la vibración de un cristal de una ventana, por ejemplo, cuando pasa un vehículo por las cercanías y nos hemos preguntado por qué vibra ése y no otros, y por qué se produce tal vibración.

Para entenderlo observemos la figura 15.14, que muestra una varilla fija en un extremo. Si la hacemos vibrar, esa vibración se producirá con una frecuencia que está ligada a la longitud de la varilla; generalmente la longitud de onda de la vibración coincide con la longitud física de la varilla. Si en vez de una varilla fuera una membrana o una cuerda, ocurriría algo parecido.

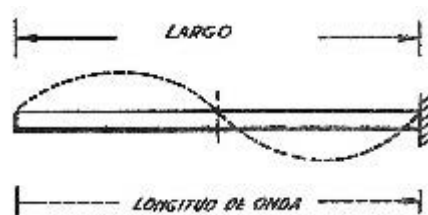


Figura 15.14

El impulso para que comience la vibración del objeto, puede ser muy pequeño si se produce la coincidencia de las dos frecuencias: la de la onda y la propia de autovibración del objeto. Esa coincidencia se llama resonancia acústica y explica lo que ocurriría con el cristal que mencionamos más arriba.

La resonancia acústica puede ser un inconveniente en la reproducción del sonido. Supóngase que construimos un aparato reproductor del sonido, como un altavoz, por ejemplo.

Ese aparato tiene dimensiones físicas determinadas que lo hacen susceptible de vibrar con cierta frecuencia propia. Ahora bien, al reproducir sonidos, ellos tendrán frecuencias variadas, pero hay uno de esos sonidos cuya frecuencia coincidirá con la frecuencia de autovibración del parlante y entonces ese sonido será producido con mucha mayor intensidad que los otros; ello se explica porque para vibrar con esa frecuencia el altavoz necesita menor potencia, ya que es su frecuencia propia. Ese sonido que sale más fuerte no es real en la gama sonora que estamos escuchando, y entonces hay una discordancia. La frecuencia de autovibración se llama frecuencia de resonancia propia en los aparatos reproductores del sonido, y se debe tratar de que la misma sea de un valor que esté fuera de la gama audible por el oído humano, aunque ello no sea fácil de lograr en la práctica.

5.5. ABSORCIÓN DEL SONIDO

¿Qué sucede con el sonido cuando choca con un objeto?, pues, dependiendo del tipo material que constituya el objeto se pueden producir dos efectos opuestos; el objeto puede absorber parte de la energía de la onda sonora y reflejar el resto. Ahora bien, el que un objeto absorba mayor o menor energía vendrá delimitado por la naturaleza del objeto, su forma y rugosidad de su superficie.

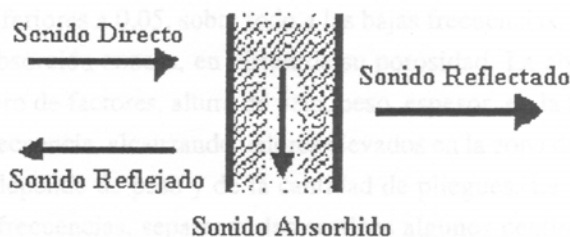


Figura 15.15

Por lo que el fenómeno de la absorción es el inverso al de reflexión. Para un determinado material, el coeficiente de absorción nos indica un valor relativo a la cantidad de sonido que absorbe una superficie. Se definirá como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente en una superficie. Este valor varía para cada material, y para las distintas frecuencias, por lo que no es un coeficiente único.

$$a = S_a/S_r$$

donde: a = Coeficiente de absorción.

S_a = Sonido absorbido.

S_r = Sonido incidente.

El coeficiente de absorción (a) tendrá un valor comprendido entre 0 y 1. Si a es 0 significa que no se absorbe ningún sonido, siendo el objeto reflectante puro. Si se indica que un material tiene un a de 0,37, quiere decirse que absorbe el 37% de toda la energía sonora que tiene la misma frecuencia que la especificada para el coeficiente de absorción, y que refleja el 67% de la energía sonora que tiene esa frecuencia.

En cuanto a los materiales, podemos diferenciarlos según el valor del coeficiente de absorción en dos tipos de materiales: **absorbentes porosos y resonantes**.

Los absorbentes porosos absorben más sonido a medida que aumenta la frecuencia. Son materiales de este tipo las fibras textiles, fibras minerales, fibras de maderas, fibras vegetales y plásticos.

En los resonantes se presenta la máxima absorción a una frecuencia determinada, que es la frecuencia propia del material. Se usan para recortar la respuesta de una estancia a determinadas frecuencias, con lo que podrán corregir la respuesta incorrecta de frecuencias concretas que quedan realizadas por la estancia.

Ya que el coeficiente de absorción varía con la frecuencia, se suelen dar los mismos a las frecuencias de 125, 250, 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz.

Los materiales de acabado de interiores, tales como hormigón, yeso, vidrio, mampostería, terrazo, etc., son lo suficientemente rígidos y no porosos como para ser muy reflectantes, con unos coeficientes de absorción inferiores a 0,05, sobre todo a las bajas frecuencias. Las alfombras y cortinas proporcionan una buena absorción sonora, en virtud de su porosidad. La absorción de las alfombras depende de un cierto número de factores, altura de pelo, peso, espesor, en la mayoría de las alfombras la absorción crece con la frecuencia, alcanzando valores elevados en la zona de las altas frecuencias. La absorción de las cortinas depende de peso y de la cantidad de pliegues. La absorción se incrementa, especialmente a las bajas frecuencias, separando las cortinas algunos centímetros desde la pared. El mobiliario, así como las personas, pueden añadir un incremento en la absorción sonora en un local.

6. SISTEMAS DE SONIDO. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN

De los fenómenos y elementos que intervienen en la transformación de la energía sonora en señales eléctrica se encarga la electroacústica como técnica. Pero para que se produzcan estas transformaciones es necesario que intervengan ciertos transductores, es decir, dispositivos sensibles a las variaciones de presión que proporcionan una determinada

señal eléctrica (micrófono), o dispositivos sensibles a una corriente variable que provocan una variación de presión (altavoz). Si no hay sonido, no se genera señal eléctrica, señal, que una vez manipulada, se puede volver a escuchar por medio de altavoces o auriculares.

6.1. MICRÓFONOS

El micrófono es un elemento eléctrico destinado a transformar las variaciones de presión que capta, en su correspondiente señal eléctrica, para posteriormente ser tratada según convenga para su utilización.

Las características más importantes de los micrófonos son:

- **Sensibilidad.** Es la relación que se da entre las variaciones de la intensidad de la presión que produce las señales acústica que capta y la amplitud de las señales eléctricas que proporciona en su salida. La sensibilidad de un micrófono se mide a la frecuencia de 1.000 Hz y se expresa en mV por Pascal (mV/Pa) y, aunque este valor depende del tipo de micrófono, los valores más corrientes de sensibilidad van desde 1 a 5 mV/Pa, no siendo recomendable utilizar micrófonos cuya sensibilidad este por debajo de 1 mV/Pa.

- **Respuesta en Frecuencia.** Esta característica nos viene a indicar entre que márgenes de frecuencias el micrófono nos proporciona unos niveles de sensibilidad óptimos, siempre referenciados para cada frecuencia para un mismo nivel de presión sonora en dB. Esta característica se mide para toda la gama de sonidos audibles (20 a 20.000 Hz). Así se consiguen las curvas de respuesta en frecuencia de los micrófonos, que nos informan de las desviaciones sobre la horizontal (presión sonora nula, 0 dB).

Un buen micrófono ha de presentar una curva de respuesta en frecuencia lo más plana posible, así por ejemplo en la siguiente curva de respuesta de frecuencia de un micrófono, presenta una curva bastante plana entre 200 Hz y 5.000 Hz.

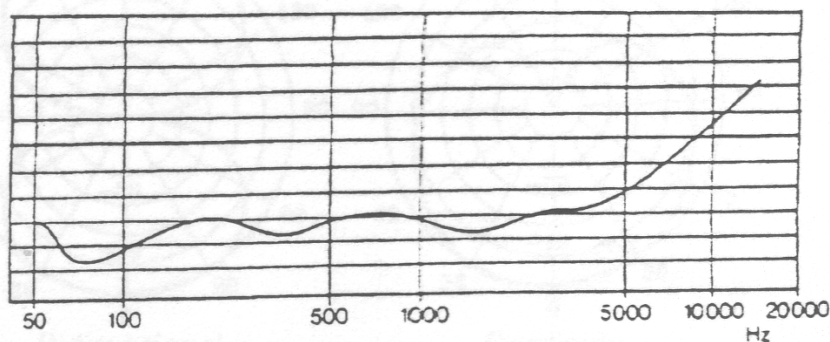


Figura 15.16

De todas formas dependerá de la utilización para que se le va a dar al micrófono, éste debería presentar una respuesta a las frecuencias más o menos amplia, ya que si este se va a utilizar a captar el sonido procedente de una orquesta su gama de respuesta en frecuencia ha de ser lo más amplia posible (entre 20 Hz y 20 KHz), pero si su utilización va a ser para dar mensajes, su respuesta en frecuencia ha de estar delimitada a la voz humana (entre 80 Hz y 8 KHz, en función de que sea hombre o mujer), mientras que si el ambiente es muy ruidoso se ha de restringir aún más la banda de respuesta en frecuencia de los micrófonos a la gamas de frecuencia que más intervienen en la comprensión de la palabra (entre 300 Hz y 4 KHz).

- **Direccionalidad de los micrófonos.** Nos indica la variación de la respuesta del micrófono en función de la dirección de donde perciba el sonido producido por la fuente sonora, indicándonos en consecuencia la sensibilidad respecto a la dirección de procedencia del sonido.

La direccionalidad de un micrófono se representa por medio de los diagramas polares. En estos se dibuja los niveles de respuesta o sensibilidad para distintos ángulos de incidencia del sonido respecto al micrófono, teniendo en consideración que todas las señales se envían con la misma intensidad sonora, para así poderlas comparar. La direccionalidad es la características más útil en instalaciones electroacústica, ya que con una correcta elección del tipo de micrófono podremos seleccionar los sonidos que deseamos captar y los que rechazaremos por contraproducentes (ruidos, ecos, acoplamientos, etc). Según la directividad de los micrófonos podremos clasificar estos en tres tipos fundamentales: unidireccionales, bidireccionales y omnidireccionales y combinaciones de éstos. Sus diagramas polares quedan representados en la figura 15.17.

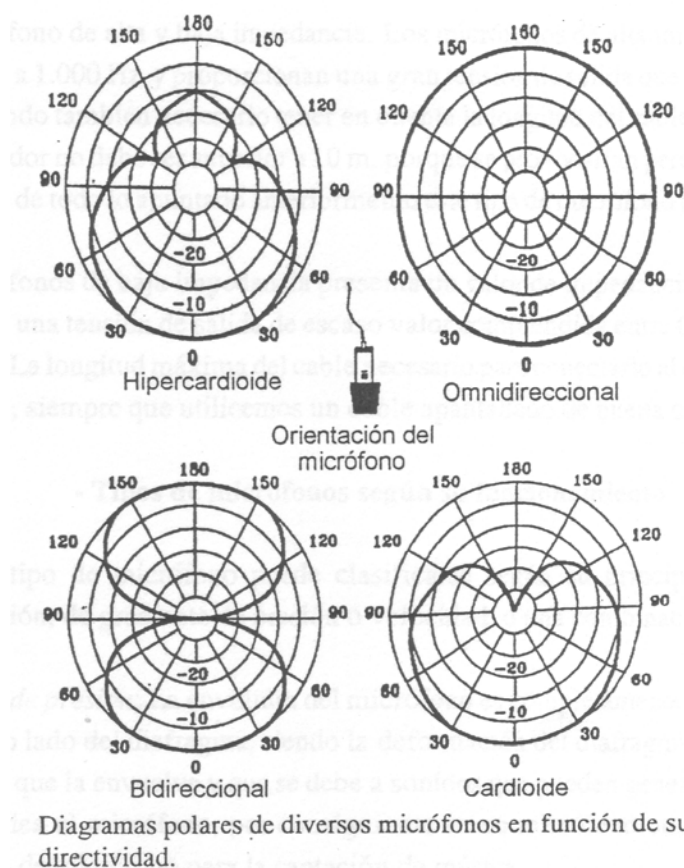


Figura 15.17

Los micrófonos *unidireccionales* o *cardioides* sólo recogen sonidos frontalmente, su sensibilidad para sonidos de procedencia frontal es máxima, disminuyendo según varía el ángulo de incidencia en el diafragma, e incluso llegando a ser nula para los sonidos recibidos por su parte posterior. Se usan en aquellos casos en que es preciso distinguir entre sonidos deseados y no deseados, por ejemplo, para dar avisos en una instalación de sonorización sin que, junto al mensaje aparezcan también los ruidos que hay cerca (máquinas de escribir, teléfonos, etc.) de la mesa de la locutora.

Los micrófonos *bidireccionales* tienen sensibilidad máxima para los sonidos que inciden frontalmente al diafragma, ya sea por la cara anterior o la posterior. Los sonidos laterales no son captados apenas, ya que se anulan las ondas que alcanzan las dos caras porque llegan a la vez. Tampoco los emitidos por su parte superior. Se emplean para locutores enfrentados o cantantes en coros.

Los micrófonos *omnidireccionales* son aquellos en los que se da una igualdad de sensibilidad para todas las direcciones, se utilizan en aquellas instalaciones en las que la procedencia del sonido puede ser muy variada, como es el caso de máquinas electrónicas o intercomunicadores.

Tendremos un micrófono *hipercardioides* cuando capte los sonidos de manera directa pero también capte señal por la parte posterior, este micrófono se consigue combinando la acción de dos cardioides de diferente sensibilidad.

- **Impedancia del micrófono.** Es la resistencia en ohmios que proporciona el micrófono en su conector. Hay que tener en cuenta que la impedancia de salida del micrófono ha de ser como máximo de un tercio de la del equipo al que se conecta para evitar pérdidas de señal e incremento de ruidos de fondo.

Hay micrófono de alta y baja impedancia. Los micrófonos de alta impedancia presenta un valor mínimo de 1.000Ω a 1.000 Hz y proporcionan una gran tensión de salida que va de 10 a 30 mV , pero muy poca corriente. Siendo también necesario tener en cuenta la longitud del cable necesario para conectarlo al equipo amplificador, que no debe ser superior a 10 m , porque se provocarían pérdidas por efecto capacitivo. Como consecuencia de todo lo apuntado anteriormente este tipo de micrófono prácticamente no se utiliza.

Los micrófonos de baja impedancia presenta un valor de impedancia comprendida entre 200 y 600Ω a 1.000 Hz y una tensión de salida de escaso valor comprendida entre $0,5$ a 2 mV , pero una mayor corriente de salida. La longitud máxima del cable necesario para conectarlo al equipo amplificador puede ser de hasta 100 m , siempre que utilicemos un cable apantallado de buena calidad.

6.1.1. Tipos de micrófonos según su funcionamiento

Cualquier tipo de micrófono puede clasificarse según su principio de funcionamiento en micrófonos de presión, de gradiente de presión o velocidad o una combinación de ambos.

- *Micrófono de presión.* La envoltura del micrófono es completamente cerrada y recibe la presión sonora por un único lado del diafragma, siendo la deformación del diafragma proporcional a la presión instantánea del aire que la envuelve y que se debe a sonidos que pueden generarse en cualquier posición del espacio que rodea al micrófono, por consiguiente es un micrófono omnidireccional, siendo muy adecuados este tipo de micrófono para la captación de música.

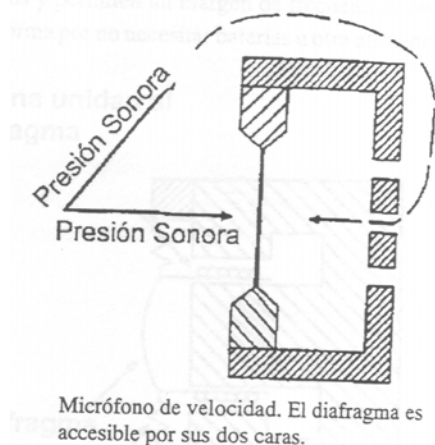


Figura 15.18

- *Micrófono de gradiente de presión o velocidad.* La envoltura del micrófono está abierta en la parte posterior, por lo que vibran por la diferencia de presión existente entre los dos lados del diafragma, ambos accesibles para la presión sonora. Dicha diferencia de presión es máxima para los sonidos que provienen de la dirección axial del micrófono, mientras que la diferencia es nula para los sonidos que llegan lateralmente. Siendo estos micrófonos en lo referente a la directividad del tipo direccional, ya que es sensible principalmente a los sonidos procedentes axialmente, lo que hace que sea adecuado para la captación de la palabra de un orador.

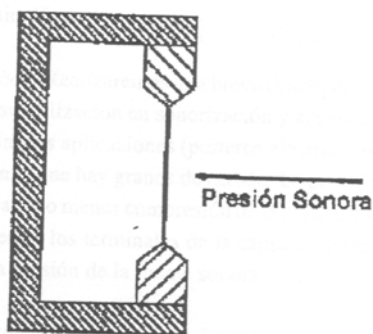


Figura 15.19

6.1.2. Clasificación de los micrófonos según su construcción

Para la construcción de la cápsula que ha de realizar la transformación de la presión sonora en señal eléctrica se emplean diversas técnicas de construcción, dando origen a modos de proceder distintos en dicha transformación. Según la técnica empleada en la fabricación de la cápsula microfónica podemos distinguir los siguientes tipos de micrófono.

- *Micrófonos de carbón.* Realizaremos una breve descripción de los mismos ya que su uso queda un poco de lado en cuanto a su utilización en sonorización y acústica. Tienen una calidad y coste bajo, pero son rentables en determinadas aplicaciones (porteros electrónicos, telefonía). Constan de un diafragma que cierra una cavidad en la que hay granos de carbón. La presión que ejerza la fuente sonora sobre el diafragma provocará una mayor o menor compresión de las partículas de carbón. Esta compresión hará variar la resistencia eléctrica entre los terminales de la cápsula microfónica, obteniendo así, una corriente variable dependiente de la presión de la fuente sonora.
- *Micrófonos de cristal o piezoeléctricos.* Su principio de funcionamiento se basa en el efecto piezoeléctrico que se da en ciertos materiales (plasma, cuarzo). Éstos al recibir un sonido se deforman las placas de estos cristales, generando unas tensiones eléctricas entre sus extremos. Estas tensiones serán la señal eléctrica que proporcione este tipo de micrófonos. Presentan una alta impedancia de salida (1 M Ω), por lo que necesitan una adaptación de ésta, teniendo además como inconveniente que por su elevado precio no se fabrican.
- *Micrófono dinámicos.* De construcción muy similar a los de carbón, basan su funcionamiento en la señal eléctrica que produce una bobina colocada dentro de un campo magnético solidario al diafragma que vibra excitada por la presión sonora. Su impedancia es baja (150 a 600 Ω), esto permite que se puedan emplear con cables largos y conectarlos a cualquier sistema sin tener problemas de adaptación de impedancias. Son micrófonos muy robustos, por ello se emplean en exteriores, su sensibilidad no es muy inferior a la de otros micrófonos y permiten un margen de frecuencias muy amplio (entre 20 y 20.000Hz), distinguiéndose de igual forma por no necesitar baterías u otra alimentación para su funcionamiento.

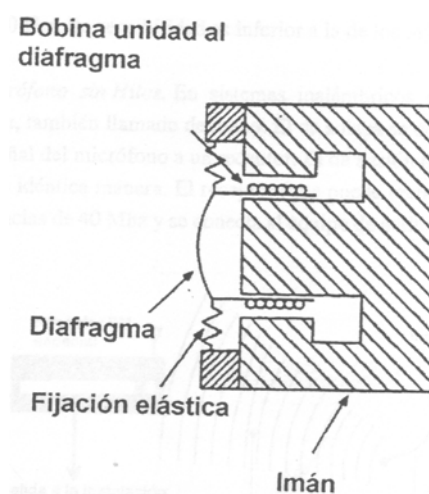


Figura 15.20

- *Micrófonos de condensador.* El diafragma de estos micrófonos es la placa móvil de un condensador, la otra es fija, y la separación entre ambas es de 25 micras. Este condensador está conectado a alimentación eléctrica y a una resistencia, entre cuyos terminales obtendremos la señal eléctrica de salida del micrófono. Ante la presión de una onda sonora habrá una variación de la posición relativa de ambas placas y por tanto de la capacidad, generándose a la salida del circuito una señal eléctrica proporcional a la presión ejercida sobre el diafragma.

El principal problema que plantean estos micrófonos es la necesidad de alimentación eléctrica, un segundo problema que plantean es la adaptación de las impedancias. La impedancia que presenta este micrófono es muy elevada, por ello se le inserta un preamplificador-adaptador de impedancias, que proporciona una impedancia de salida de unos 200 Ω . Si no se dispone de esta adaptación no se pueden usar cables de más de un metro de longitud. Igualmente son muy sensibles a la humedad y a los cambios de temperatura, por lo que no es recomendable su uso en exteriores y de uso principalmente en estudios de grabación por presentar una respuesta en frecuencia muy plana y una gran sensibilidad.

- *Micrófono Electret.* Su funcionamiento es similar al micrófono de condensador, la placa fija es un polímero (material plástico) que ha sido sometido a una polarización es su fabricación, es decir, está cargado eléctricamente. Basan su funcionamiento en la variación de capacidad que se produce entre la membrana y la placa fija de polímeros al vibrar aquella por efecto de las ondas sonoras.

El mayor inconveniente que presentan es el necesitar alimentación de corriente continua para su funcionamiento, por lo que los modelos comerciales llevan una pila de 9 voltios. Necesitan un preamplificar que adapta las impedancias, a diferencia de los micrófonos de condensador éstos son poco sensibles a la humedad, a los cambios de temperatura, no capta zumbidos en las proximidades de campos magnéticos, producen mayor señal de salida y su respuesta en frecuencia suele ser aceptable para ciertos usos, entre 50 y 15.000 Hz. Su sensibilidad es inferior a la de los micrófonos de condensador.

- *Micrófono sin Hilos.* En sistemas inalámbricos el micrófono puede ser de solapa (*Lavalier*) o de *bastón*, también llamado de mano. El de solapa se conecta por medio de un cable a un emisor que envía la señal del micrófono a un receptor. El de bastón dispone de la antena emisora en su extremo y funciona de idéntica manera. El receptor (que puede recibir varios micrófonos a la vez), es sensible a radiofrecuencias de 40 MHz y se conecta al equipo de audio. Este micrófono evita usar cables en las aplicaciones.

- *Micrófonos especiales.* Incluiremos en este apartado los micrófonos que, además de cumplir su misión básica de transformar las señales acústicas en eléctricas, incorporar determinados dispositivos que les hacen ser utilizados en situaciones especiales. Los más importantes son los micrófonos de cañón que se caracterizan por disponer de un largo tubo y ser éste muy estrecho en relación a su longitud. Se emplean en rodajes de exteriores y en ambientes ruidosos, son superdireccionales.

También son superdireccionales los micrófonos de paraboloides, se sitúan en el centro de una pantalla receptora parabólica apuntando a su interior. Son micrófonos unidireccionales que sólo recibe: la señal que llega a la pantalla, donde quiera que rebote en ella. Se emplean también en exteriores, pero no son adecuados para ambientes ruidosos.

Por último encontramos los micrófonos canceladores de ruido. Se les llama también *bigoterías* porque se han de usar poniéndose en contacto entre la nariz y el labio superior. Se utilizan por comentaristas en ambientes ruidosos.

6.2. ALTAVOCES

El altavoz es un elemento electroacústico que tiene por misión convertir una señal eléctrica que recibe en la entrada y da una señal acústica en la salida. La señal eléctrica que recibe del amplificador que se corresponde con una determinada información de audio, sirve para provocar una acción mecánica en una bobina que es recorrida por la corriente que lleva la señal y un campo magnético alterno que interacciona con el campo magnético constante producido por un imán permanente. De este modo la bobina, que vibra siguiendo las variaciones de la corriente, hace vibrar una membrana que pone en movimiento el aire circundante, creando una variación de presión en el aire que es lo que nuestro oído reconoce como sonido.

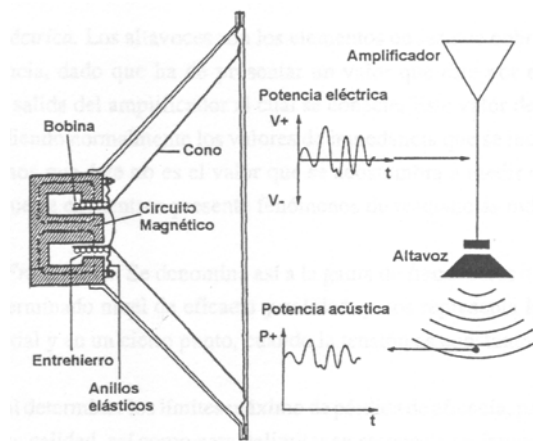


Figura 15.21

6.2.1. Características de los altavoces

Entre las principales características de un altavoz, podemos destacar las siguientes:

- **Sensibilidad.** La sensibilidad nos define el nivel de presión sonora que un altavoz produce a 1 m de distancia en su eje, cuando lo alimentamos con 1 W de potencia de audio. En igualdad de distancia, una potencia eléctrica doble aumenta la intensidad sonora en 3 dB y no el doble como sería de suponer; en igualdad de potencia, si se dobla la distancia disminuye la intensidad en 6 dB (es decir, que para doblar la distancia de audición en igualdad de intensidad es preciso cuadruplicar la potencia eléctrica).

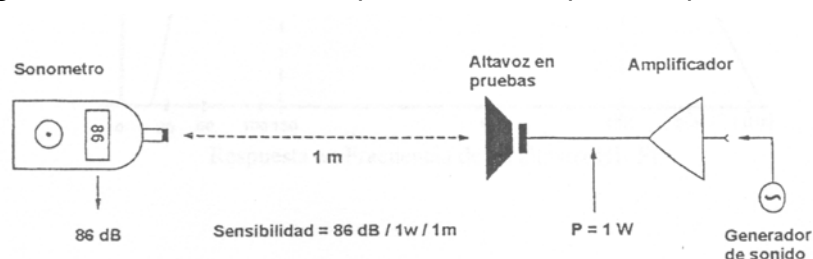


Figura 15.22

- **Potencia máxima.** Es la máxima potencia aplicable sin daño para el altavoz, y debe poder soportarla, de forma continua, en prolongados periodos de tiempo. Esta determinada por la capacidad de evacuación de calor que posea. En los catálogos se indica, como potencia nominal que representa el valor que hay que tener en cuenta en los cálculos de las instalaciones. Los altavoces son los elementos electroacústico que más distorsión presenta, provocando como consecuencia una alteración de la señal de audio en su contenido de armónicos. Y no es de extrañar que un altavoz Hi-Fi produzca una distorsión que va del 3 a 18% en las frecuencias medias y altas donde el oído es más sensible a la distorsión.

- **Impedancia eléctrica.** Los altavoces son los elementos en los que cobra una mayor importancia el conocer su impedancia, dado que ha de presentar un valor que este por encima de la impedancia mínima de carga en la salida del amplificador al cual se conecte. Este valor de impedancia varía con la frecuencia, correspondiendo normalmente los valores de impedancia que se indican a una frecuencia de 1.000 Hz. Destacaremos que éste no es el valor que se acostumbra a medir con un polímetro, ya que hemos de considerar que se encuentran presente fenómenos de reactancias inductivas de la bobina.

- **Respuesta en Frecuencia.** Se denomina así a la gama de frecuencias que un altavoz es capaz de reproducir con un determinado nivel de eficacia y calidad, y nos representa

la variación de la presión sonora, en dirección axial y en un cierto punto, cuando la tensión es constante pero varía la frecuencia.

Es fundamental determinar los límites máximo de pérdida de eficacia, para poder encuadrar dicho altavoz en función de su calidad, así como para delimitar su respuesta en frecuencia, de tal forma que si, marcamos ese límite máximo en una pérdida de eficacia de 3 dB en la curva de respuesta en frecuencia que presentamos a continuación, estaremos ante un altavoz de calidad HI-FI para una respuesta en frecuencia entre 130 Hz y 10 KHz.

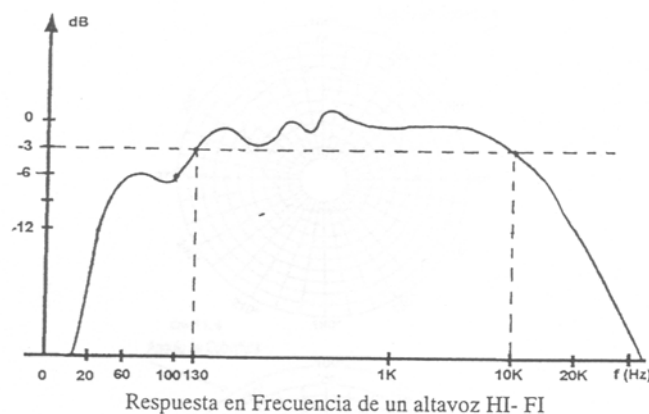


Figura 15.23

Tampoco hay que olvidar que, no todos los altavoces mantienen una uniformidad en su rendimiento, sino que lo más habitual es que la curva de respuesta muestre picos y valles a diferentes frecuencias. Ya que cuanto más lineal es la curva de un altavoz más natural será el sonido producido. Hay que descartar siempre aquellos altavoces que tienen unas determinadas frecuencias predominando sobre las demás.

- *Ángulo de cobertura y directividad de un altavoz.* El ángulo de cobertura de un altavoz es aquel en el que el nivel de presión sonora ha disminuido en 6 dB respecto al que presentaba en su eje, medido en todo momento a 1 metro del altavoz. Dicho ángulo estará limitado por los puntos donde el altavoz pierde 6 dB tanto a izquierdas, como a derechas del eje del mismo. Mientras que en las bocinas hay que distinguir entre plano horizontal y vertical del eje, tal y como se observa en la figura 15.24.

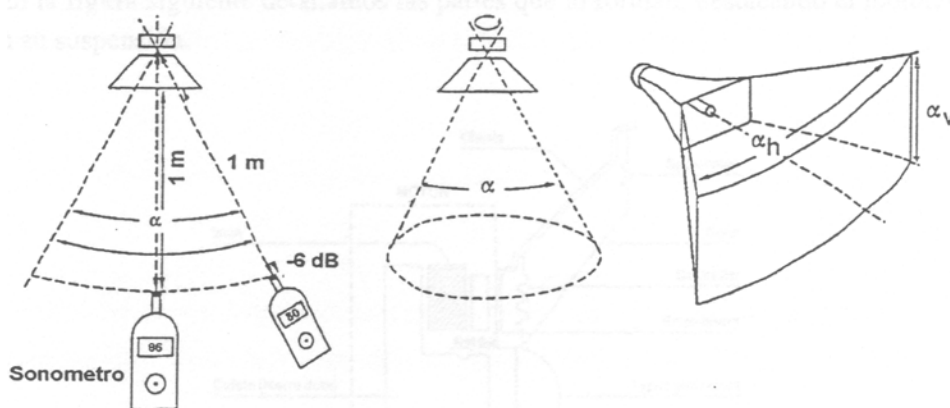


Figura 15.24

El índice de directividad de un altavoz (Q), indica la variación de la respuesta para los diversos puntos de audición alrededor del altavoz. Es un valor que nos informa de cómo un altavoz concentra la potencia acústica en la dirección útil (dentro de su ángulo de cobertura) evitando radiar potencia en otras direcciones.

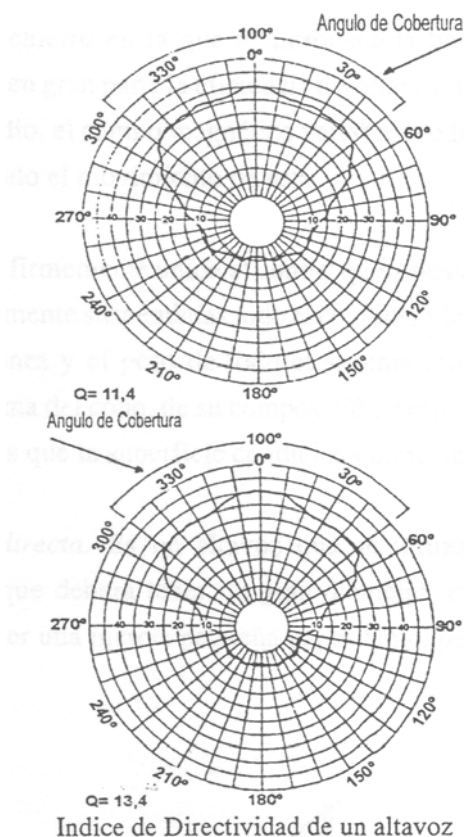


Figura 15.25

Los altavoces con un Q elevado permiten concentrar la potencia acústica en la dirección del auditorio y reducen considerablemente la reverberación de la estancia al evitar

que una parte considerable de la energía se dirija hacia las paredes techos u otras superficies reflectantes, consiguiendo así una mejor inteligibilidad de la palabra.

6.2.2. Tipos de altavoces

- *Altavoces Electrodinámicos.* En la introducción al apartado de altavoces ya se ha descrito el funcionamiento básico de este tipo de altavoz por lo que a continuación nos limitaremos a su constitución interna. En la figura siguiente detallamos las partes que lo forman, destacando el motor, el chasis y el cono con su suspensión.

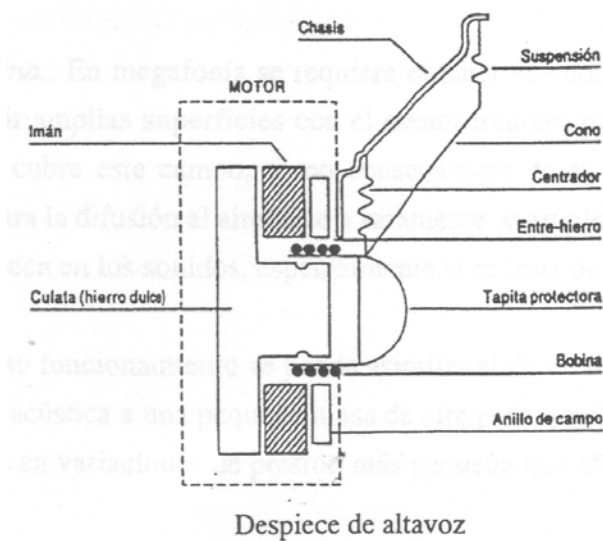


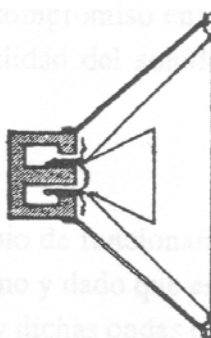
Figura 15.26

El motor consta de un imán permanente asociado a unas piezas de hierro dulce que concentran el campo magnético sobre el entrehierro en la que se introduce la bobina. De la intensidad del flujo magnético en esta zona depende en gran parte la eficiencia del altavoz. Cuando la bobina es recorrida por la corriente de las señales de audio, el campo magnético variable producido, interacciona con el campo permanente del imán, ocasionando el movimiento de esta.

Dado que la bobina está firmemente unida al cono y que ambas partes tienen un grado de libertad de movimiento por estar elásticamente suspendidas todo el conjunto vibra siguiendo las señales de audio. La elasticidad de las suspensiones y el peso de todo el sistema móvil determinan la frecuencia de resonancia del altavoz. De la forma del cono, de su composición y espesor depende la uniformidad en su respuesta en frecuencia, mientras que la superficie condiciona directamente el rendimiento del altavoz.

- *Altavoz de radiación directa.* Es un altavoz que se utiliza para reproducir fielmente las frecuencias más bajas, por lo que deberá tener un gran diámetro, mientras que para reproducir las frecuencias más altas deberá tener una inercia pequeña y, por tanto, pequeñas dimensiones.

La elección del diámetro del altavoz será, la consecuencia de un compromiso entre la reproducción fiel de las frecuencia más bajas y altas, por ello dos conos, uno de gran diámetro y otro de pequeño diámetro, montados solidariamente en la bobina electro-magnética resuelven en muchos casos ese compromiso.



Altavoz de radiación directa

Figura 15.27

- *Altavoces de bocina.* En megafonía se requiere obtener elevados rendimientos para alcanzar grandes distancias y cubrir amplias superficies con el menor número posible de altavoces. Siendo el altavoz de bocina el que cubre este campo, como consecuencia de su elevada direccionalidad. Su estructura los hace ideal para la difusión al aire libre y raramente se emplean en locales cerrados debido a la distorsión que introducen en los sonidos, especialmente si se trata de música.

En cuanto a su funcionamiento se puede asimilar al de un transformador eléctrico, donde el altavoz entrega energía acústica a una pequeña masa de aire pero a gran presión (lado estrecho de la bocina) y ésta lo convierte en variaciones de presión más pequeña que afectan a una gran masa de aire (boca de la bocina).

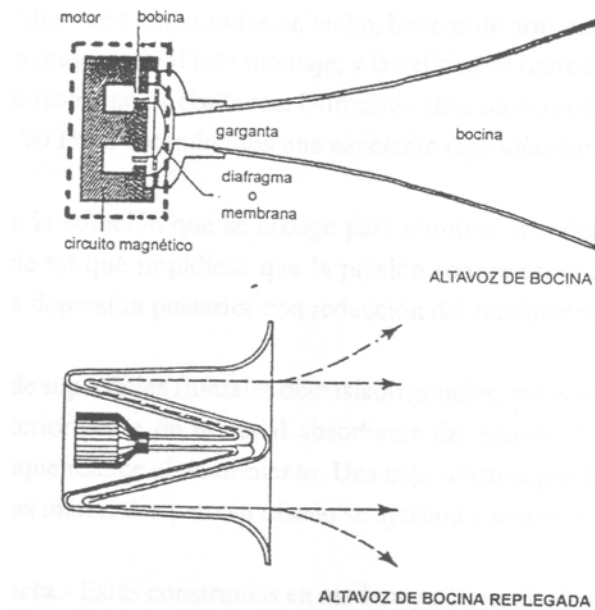


Figura 15.28

En lo referente a la forma de la bocina suele ser de sección transversal de crecimiento exponencial, dado que presenta un buen compromiso entre eficiencia y distorsión, aunque esto tenga como consecuencia una pérdida en la calidad del sonido y una respuesta en frecuencia limitada e irregular.

6.2.3. Cajas Acústicas

Los altavoces tienen como principio de funcionamiento el transmitir una determinada energía sonora al aire mediante la vibración del cono y dado que este presenta dos caras que al vibrar producen variaciones de presión opuestas en el aire, y dichas ondas que proceden de ambas caras tiende a anularse recíprocamente.

Para evitar esto se colocan los altavoces en cajas, baffles, techo, etc. que impiden que las ondas sonoras delantera y trasera puedan cancelarse, entre estas opciones podemos distinguir:

- *Baffle Infinito*. Se denomina así a la instalación realizada de tal forma que la radiación posterior se emite en un recinto de gran volumen independiente de la estancia donde se desea utilizar su emisión frontal. Es el caso de los altavoces empotrados en techo, huecos de armarios, etc.

En sonorización es muy habitual este montaje, y la calidad de reproducción de tonos graves sólo depende de la frecuencia de resonancia del altavoz. Utilizando altavoces

con frecuencias bajas con valores comprendidos entre 60 y 90 Hz), obtendremos una excelente reproducción de graves.

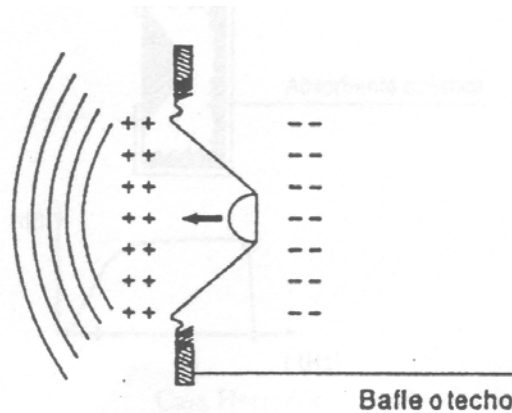


Figura 15.29

- **Caja Acústica.** Es la solución que se escoge para eliminar la radiación posterior del altavoz, deberá tener una superficie tal que impidiese que la presión sonora producida frontalmente pudiera envolverlo y compensar la depresión posterior con reducción del rendimiento.

Para evitar el uso de superficies frontales demasiado grandes, se encierra el altavoz dentro de una caja cerrada revestida interiormente de material absorbente del sonido. Esta disposición mejora las condiciones acústicas, aunque reduce el rendimiento. Una caja acústica puede adoptar muchas formas y estar construida en diversos materiales pero su diseño se ajustará a una de estas tres variantes:

- **Caja abierta.** Estas construidas en madera y presentan aberturas o rendijas en su parte posterior. Se utilizan algunas veces en sonorización y en cadenas musicales de bajo precio. Su respuesta en bajas frecuencias es limitada.

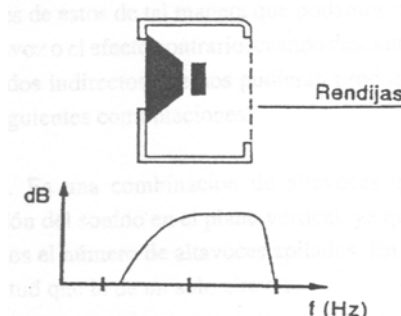


Figura 15.30

- **Caja de Compresión.** No poseen ninguna comunicación con el exterior por lo que el aire atrapado dentro actúa de elemento de compresión, colaborando en la

suspensión del altavoz. Son muy utilizadas en Alta Fidelidad, dada su amplia y homogénea respuesta en bajas frecuencias.

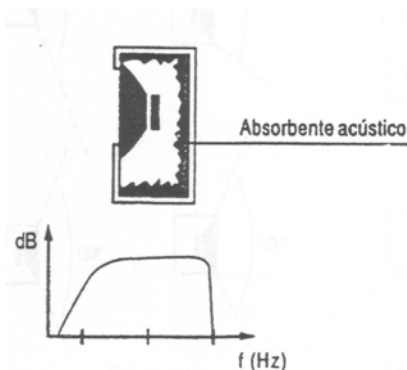


Figura 15.31

– **Cajas de Graves o Bass-Reflex.** Estas cajas incorporan una salida de aire, mediante un tubo o conducto que tiene la propiedad de aprovechar parte de la energía acústica procedente de la cara posterior del altavoz y sumarla a la frontal. Este efecto se utiliza solamente en bajas frecuencias y permite conseguir hasta 3 dB supletorios de aumento de eficiencia en una estrecha gama de frecuencias. Se usan en sonorización asociadas normalmente a elevados niveles de potencia, y en alta fidelidad.

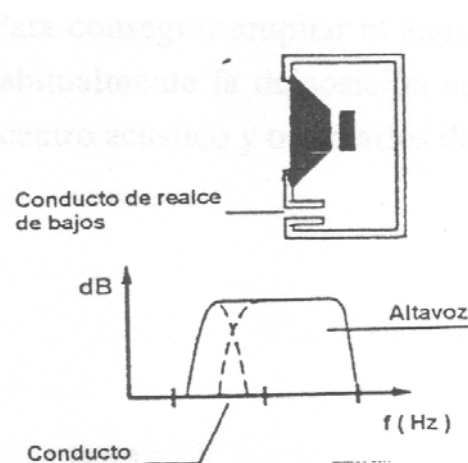


Figura 15.32

6.3. AMPLIFICADORES

El amplificador tiene la misión de que la débil señal de entrada, generada por el micrófono alcance el nivel necesario para el ser transmitida al altavoz. Este hecho se puede obtener de dos maneras:

- Una ganancia de tensión. La tensión de la señal en la salida es mucho mayor que en la entrada, pero siempre manteniendo una proporcionalidad respecto a ésta.
- Una ganancia de potencia. La potencia en la salida es mucho mayor que en la entrada a fin de proporcionar al altavoz la potencia necesaria para su funcionamiento, pero manteniendo entre ambas la proporcionalidad.

Tendremos que no perder de vista que la señal de audio es simplemente el sonido convertido en señales eléctricas, de forma que sea posible su amplificación, transporte o modificación mediante procedimientos eléctricos. En la figura 15.33 podemos ver el proceso completo de amplificación de una señal sonora.

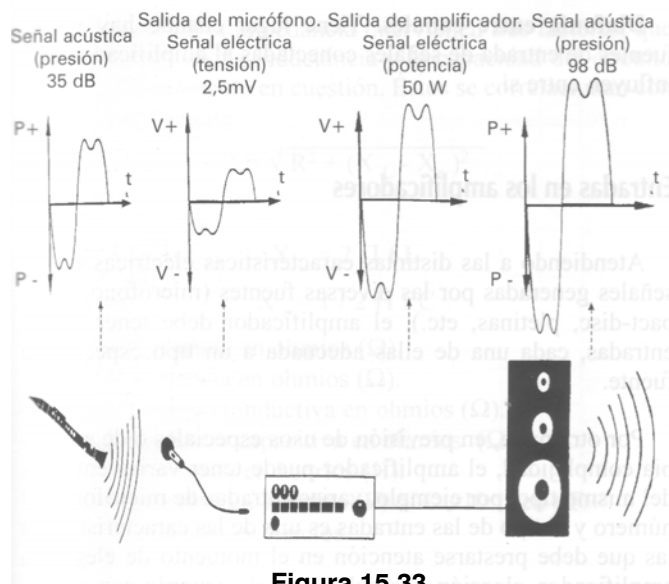


Figura 15.33

Las características más relevantes de los amplificadores son:

1. **Nivel de potencia de la señal de audio.** Es en este valor de los amplificadores donde más confusión se plantea por intereses puramente comerciales, se anuncia productos cuya potencia se expresa en infinidad de variedades de vatios (continuos, musicales, de pico, etc). Para aclarar un poco todo esto vamos a indicar las formas más usuales de indicar la potencia de un amplificador.

- **Potencia eficaz (P_{RMS}).** Es la potencia que un amplificador puede proporcionar continuamente sin sobrepasar un nivel de distorsión indicado (1%, 3% ó 10%). Esta potencia es la potencia eficaz.

- **Potencia musical (P_{mus}).** Es la potencia que un amplificador puede proporcionar durante un corto período de tiempo (0,2 s). Da una idea del máximo nivel de amplitud sonora que puede proporcionar el amplificador.
- **Potencia de pico a pico, PMPO,** etc. Son indicaciones dirigidas a abultar la cifra real de watos con efectos publicitarios. Se consiguen utilizando el valor de pico de la tensión de salida en lugar del valor eficaz en la fórmula de la potencia, y si el equipo es estéreo, a menudo se suma la potencia de ambos canales.

La potencia que puede proporcionar un amplificador siempre debe expresarse en valor eficaz, es decir, como potencia eficaz (P_{RMS}). En la figura 15.34 vemos las formas más usadas para expresar un nivel de señal eléctrica.

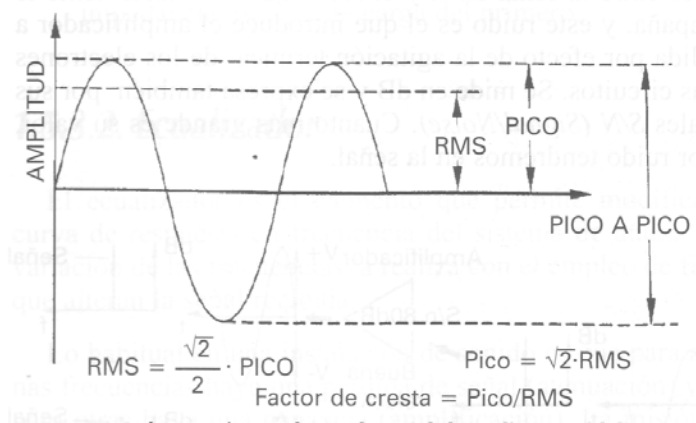


Figura 15.34

2. **Distorsión.** La distorsión nos indica la modificación que sufre la señal al pasar a través del amplificador, esta especificación en los productos sonidos permite evaluar la calidad del elemento, ya que nos indica si el amplificador procesa la señal de audio sin alterar su timbre o contenido de armónicos.

Podemos distinguir varios tipos de distorsión: armónica, de intermodulación, etc, pero destacaremos entre estas, la *distorsión de frecuencia* y la *distorsión armónica*.

- **Distorsión de frecuencia.** Es la que se tiene cuando la relación de amplitud de la señal entre la entrada y la salida es distinta para diversas frecuencias.
- **Distorsión armónica.** Es la que se tiene cuando varía el contenido de armónicos de la señal entre la entrada y la salida. Esta distorsión es la mas conocida y se expresa a veces por su iniciales inglesas (Thd), *Total harmonic distorsión*; se mide en %.

Por ello cuando el porcentaje que representa la distorsión dentro de la características técnicas que posea el amplificador sea de un 0%, nos indicara que la señal no ha sufrido ningún deterioro en timbre o armónicos al ser procesada. El ser humano comienza a apreciar distorsiones entre el 10,5% y el 5% según la sensibilidad de percepción del oído. En el gráfico siguiente se presenta los efectos de la distorsión sobre una señal sonora pura, en función de la distorsión del amplificador.

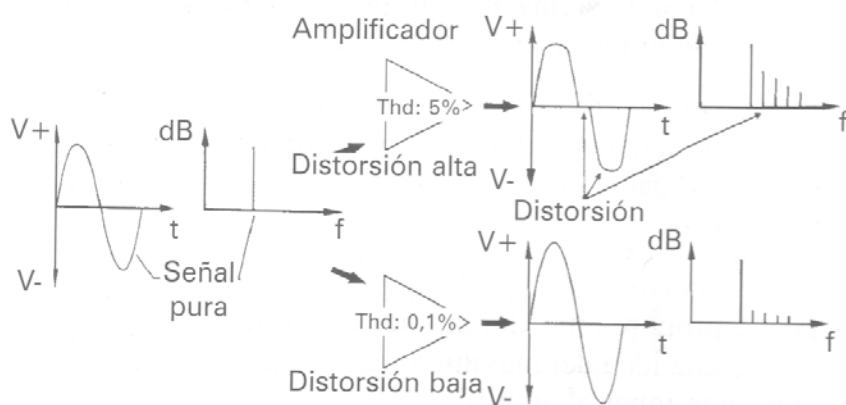


Figura 15.35

Normalmente se dan cifras de distorsión en los productos electrónicos de audio (amplificadores, ecualizadores, etc.), que suelen estar por debajo del 0,5% pero raramente se reflejan los índices de distorsión de los altavoces, ya que suelen ser mucho más altos, del 2% al 10%.

3. **Niveles de ruido.** Esta característica expresa la relación de niveles entre la señal en sí y el ruido que inevitablemente le acompaña, y este ruido es el que introduce el amplificador a la salida por efecto de la agitación térmica de los electrones de sus circuitos. Se mide en dB y se expresa también por sus iniciales **S/N** (*Signal/Noise*). Cuanto más grande es su valor, menor ruido tendremos en la señal.

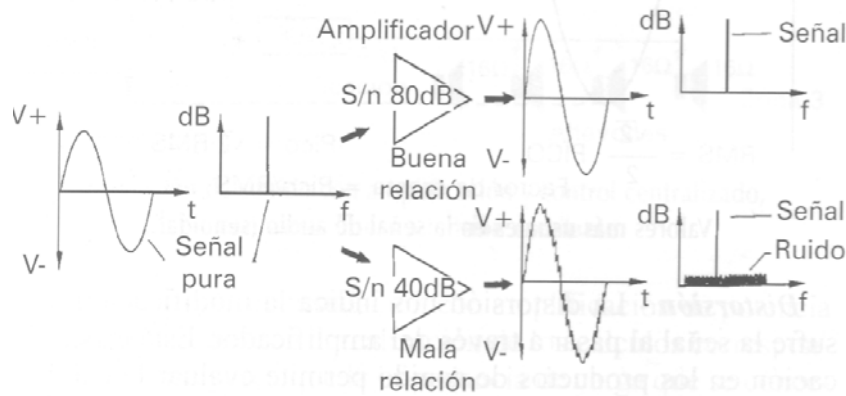


Figura 15.36

4. **Gama dinámica.** Esta característica hace referencia dentro de la señal de audio tratada por el amplificador a la diferencia que existe entre la amplitud o nivel de los pasajes más intenso y los más débiles de la señal de sonido, siendo por ejemplo, la gama dinámica de un Compact-Disc de 95 dB, mientras que un receptor de radio AM, su gama dinámica esta comprendida entre 20 y 30 dB.

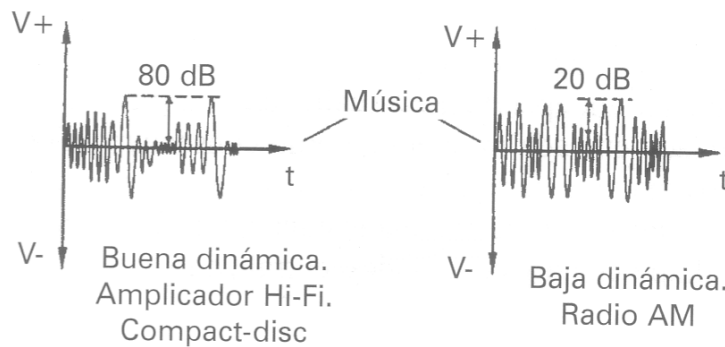


Figura 15.37

Destacar que existe una relación directa entre gama dinámica y la relación señal/ruido, ya que si el ruido es alto, los pasajes débiles quedan enmascarados por él, por lo tanto, limitada la dinámica. La gama dinámica se mide también en dB, como habremos observado en el párrafo anterior.

5. **Respuesta en frecuencia.** Ya se ha comentado que las frecuencias de la señal sonora que son percibidas por el oído humano esta comprendida entre 20 y 20.000 Hz, pero no todos los elementos electroacústico se comportan igual en relación a las diferentes frecuencias que componen la señal de audio, de tal forma que los compact-disc y los amplificadores Hi-Fi procesar señales sonoras comprendidas entre estos márgenes, pero no sucede esto con el teléfono, que solo procesa señales entre 300 y 3.400 Hz o las radios AM que procesan frecuencias comprendidas aproximadamente entre 100 y 5.200 Hz, observando que tanto el teléfono como las radios AM, presentan problemas al procesar las frecuencias agudas y graves.

La respuesta en frecuencia nos define el comportamiento del amplificador en relación a las diferentes frecuencias que componen la señal de audio.

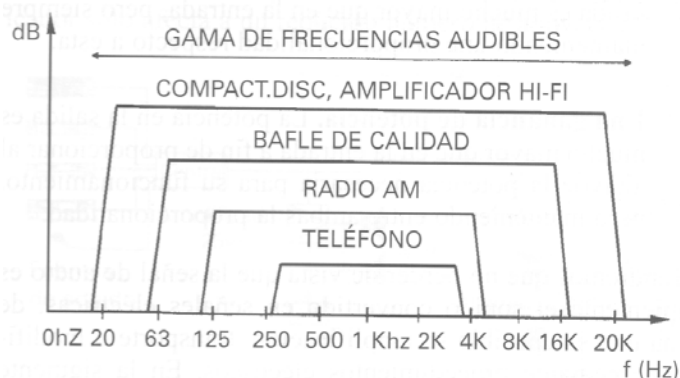


Figura 15.38

6. *Diafonía entre canales.* Tiene lugar cuando hay varias fuentes de entrada de señales conectadas al amplificador y se influyen entre sí.

7. **Entradas en los amplificadores.** Atendiendo a las distintas características eléctricas de las señales generadas por las diversas fuentes (micrófono, compact-disc, pletinas, etc.), el amplificador debe tener varias entradas, cada una de ellas adecuada a un tipo especial de fuente.

Por otra parte, en previsión de usos especiales o de su propia complejidad, el amplificador puede tener varias entradas del mismo tipo, por ejemplo, varias entradas de micrófono. El número y el tipo de las entradas es una de las características a las que debe prestarse atención en el momento de elegir un amplificador, elección que debe estar de acuerdo con el tipo de instalación que deba realizarse.

8. **Salida en los amplificadores.** Los amplificadores proporcionan a la salida una potencia determinada a un valor de tensión fijo (valor que puede ser de 50, 70 ó 100 V), por lo que la carga aplicada (altavoces) debe tener un valor de impedancia (puede ser 4, 8, 16 ó 25 Ω) determinada para obtener el máximo valor de potencia en la salida.

6.4. ECUALIZADORES

El ecualizador es el elemento que permite modificar la curva de respuesta en frecuencia del sistema de audio. Esta variación de las frecuencias la realiza con el empleo de filtros que alteran la señal recibida.

Lo habitual en una instalación de sonido es que para algunas frecuencias haya una pérdida de señal (atenuación) y que para otras haya una ganancia (amplificación). La misión del ecualizador será la de corregir estas variaciones. Así intentaremos obtener una respuesta final plana. Esta operación se realiza con la ayuda de los filtros. Los filtros nos permiten modifi-

car la señal que reciben. Dejan pasar a través de ellos una parte de la señal inicial diferente dependiendo de su funcionamiento.

6.4.1. Filtros

Dependiendo del tipo de modificación que efectúan sobre la señal recibida distinguimos varios tipos de filtros:

- *Filtros pasa bajos.* Son filtros que dejan pasar las frecuencias bajas y se oponen al paso de las altas. La frecuencia de corte inferior es de 0 Hz, ya que permiten pasar todas las frecuencias por debajo de un determinado valor. La frecuencia de corte superior es la frecuencia máxima que dejará pasar el filtro.
- *Filtros pasa altos.* Son los opuestos a los anteriores. Pasan las frecuencias altas e impiden el paso de las baja. El corte superior es infinito, y el corte inferior es la menor señal que pasa.
- *Filtros pasa banda.* Son los filtros compuestos de los anteriores. Mientras en los dos casos anteriores existía una zona de bloqueo de señal y otra de paso de la señal, en estos filtros existe una zona de paso de la señal que están comprendida entre dos zonas de bloqueo. Permite el paso de todas las señales cuyas frecuencias se encuentran comprendida entre dos límites. Es son los límites anteriores de corte superior e inferior. Las frecuencias que no se encuentren dentro de este margen no superarán el filtro.

6.4.2. Controles de tonalidad

Los controles de tonalidad permiten compensar los desequilibrios entre los distintos tonos de la señal (agudos, medios y graves). El más utilizado es el tipo *Baxandall*. Está diseñado para la escucha a niveles bajo (poco volumen), en los cuales existe una pérdida considerable de bajas frecuencias (tonos graves, de 20 a 150 Hz). Por tanto, tiende a realzar las bajas frecuencias. Es un tipo de control independiente para graves y agudos que permite atenuar o amplificar la señal de los agudos o los graves respecto a los medios.

Si ponemos en su posición máxima extrema el potenciómetro de agudos, y en la mínima el de graves, el sistema se convierte en un filtro pasa altos que atenúa las bajas frecuencias. Tendríamos un filtro pasa bajos si realizamos la acción inversa. Poniendo los potenciómetros en su posición media no realizamos ninguna alteración sobre la señal y la respuesta en frecuencia que ejercemos es plana.

6.4.3. Características de los Ecuallizadores

Los parámetros que caracterizan a los ecualizadores y que deberemos tener en cuenta a la hora de elegir un ecualizador son los siguientes:

- **Frecuencia central.** Es el valor sobre el que actúa cada filtro. Corresponde al valor sobre el cual su acción será máxima.
- **Ancho de banda.** Determina la amplitud de la zona de trabajo. Se suele expresar de manera porcentual en los ecualizadores que presentan este potenciómetro. Indica la extensión a ambos lados de la frecuencia central que abarca la corrección efectuada por el filtro. Un valor grande indica una actuación sobre un rango de frecuencia muy grande. Con un valor pequeño actúa sobre una zona pequeña.
- **Factor de selectividad.** Indica la pendiente que tiene la curva de actuación del filtro. Cuanto menor sea este valor, la acción del filtro será más uniforme dentro de su ancho de banda.
- **Ganancia.** Es la cantidad de amplificación o atenuación que provoca el filtro sobre la señal. Se expresa en decibelios para cada filtro y suele oscilar entre ± 12 dB.

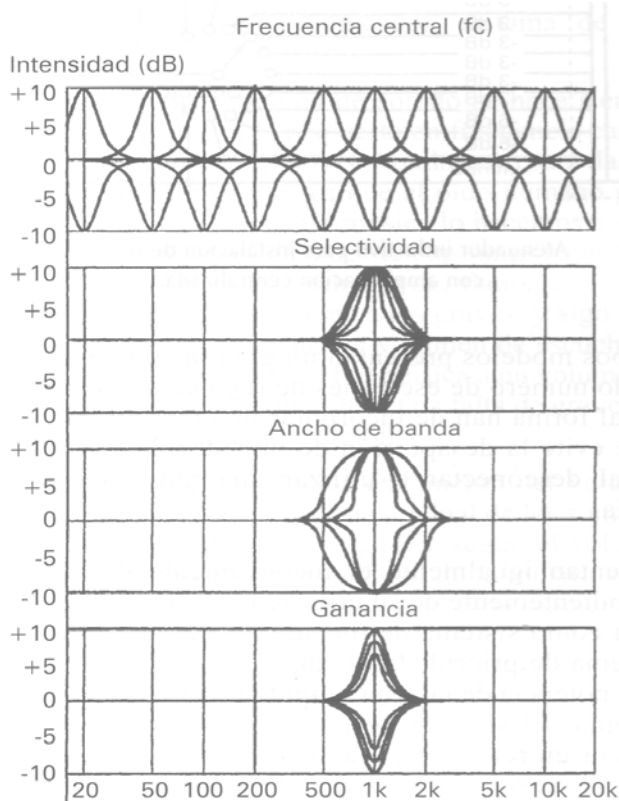


Figura 15.39

6.5. DISPOSITIVOS AUXILIARES Y DE CONTROL

6.5.1. Transformadores

A la salida del amplificador de sonorización se le dota de un transformador que eleva la tensión de la señal de audio, desde los 20/30 V que es capaz de proporcionar, hasta 70 ó 100 V que inyectaremos en la línea de distribución. De esta forma la intensidad que circula por la línea general de distribución es de un valor moderado como consecuencia de la elevada tensión que existe en la línea.

En función de que la zona a sonorizar requiera o no la necesidad de poder regular el volumen o incluso anularlo, se podrá disponer de un único transformador por grupo de altavoces, para reducir el valor de la tensión a un nivel apropiado para alimentar los altavoces según su impedancia y la potencia que se requiera.

El primario del transformador estará conectado a la línea de distribución permitiendo seleccionar la potencia máxima que puede proporcionar dicho transformador en función de la impedancia mínima del primario, al devanado secundario del transformador se conectara el altavoz o grupo de altavoces para lo cuál será necesario que la impedancia mínima del carga del total de los altavoces sea igual o mayor a la impedancia mínima de carga del secundario del transformador. De tal forma que en un transformador la impedancia secundaria es igual a la de la bobina del altavoz y la del devanado primario según la requerida por el amplificador. Aunque estos pueden presentar varias tomas tanto en primario como en el secundario, que permita seleccionar potencias.

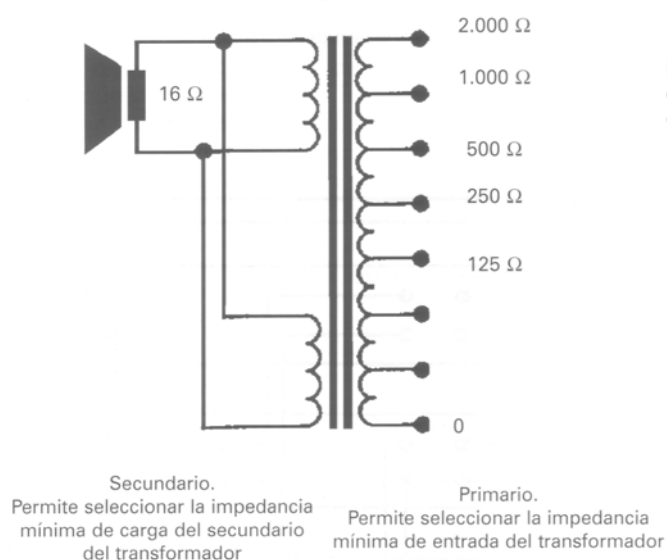


Figura 15.40

Se debería tener en cuenta en los transformadores de audio para líneas de tensión constante la pérdida de potencia y distorsión del sonido que ocasionan, además de que éstos han de trabajar con frecuencias muy baja de hasta 20 Hz, para poder permitir el paso de las notas graves que dan calidad a la música. Por lo que los transformadores han de contar con un núcleo magnético de tamaño suficiente para que se sature a estas frecuencia y, por tanto, habrá de ser necesariamente más grande que cualquier transformador para una red a una frecuencia de 50 Hz.

6.5.2. Atenuadores

Pero dentro de una instalación de sonido, existirán zonas donde sea necesario poder regular el volumen del sonido, independientemente de la regulación que se pueda realizar en el amplificador, utilizándose en estos casos atenuadores, que intercalados entre la línea general de distribución y el transformador, posibilitarán la reducción de la potencia sonora en el local que lo requiera.

Se encuentran dos modelos en función de la potencia que se vaya a utilizar, siendo éstos:

- *Atenuadores resistivos.* Que estas constituido por una cadena de resistencias que son intercaladas desde un valor máximo a un valor mínimo, pudiendo incluso desconectar el altavoz. Estas limitados a unas potencias máximas de 5/6 watos por la disipación de calor que ocasionan.
- *Atenuadores inductivos.* Están constituidos por un autotransformador con varias tornas a diferentes tensiones y un conmutador para seleccionar una de ellas, se utilizan para potencias superiores a 6 watos.

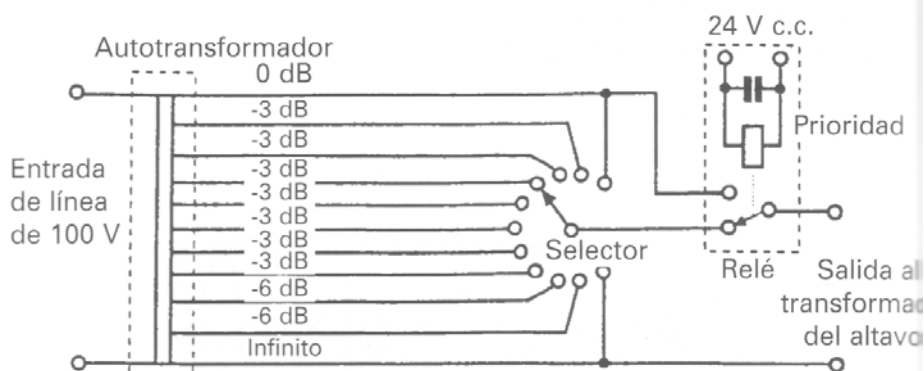


Figura 15.41

Ambos modelos presentan un gran inconveniente y es el reducido número de escalones de regulación que presentan. De igual forma han de incorporar una resistencia de potencia que evite la desadaptación de impedancias en el amplificador al desconectar o utilizar una mínima parte de la potencia.

Presentan el inconveniente de que cuando independientemente de su utilización como hilo musical, se utilicen como sistema de megafonía, salvo que incorporen un sistema de prioridad que anule la desconexión o reducción de potencia de la zona, impide la difusión de avisos por megafonía. El sistema de prioridad es un sistema que se activa por un relé incorporado en el atenuador, que es activado desde el selector de zona que incorpora el sistema centralizado del amplificador y anula el atenuador mientras dura el mensaje.

7. INSTALACIONES DE SONIDO

Se puede establecer una clasificación de las instalaciones electroacústicas en función de como se realice la amplificación de la señal sonora en dos grupos:

- Instalaciones con amplificación de potencia centralizada.
- Instalaciones con amplificación de potencia descentralizada.

Otra forma de clasificar las instalaciones electroacústicas es en función de donde tenga lugar la instalación:

- Instalaciones en locales cerrados.
- Instalaciones en recintos abiertos.

Veamos las características principales de todos ellos.

7.1. INSTALACIONES CON AMPLIFICACIÓN DE POTENCIA CENTRALIZADA

Un sistema de amplificación centralizado, consta de unos amplificadores que desde un punto reparten su potencia a todos los altavoces que componen la instalación a unas tensiones que pueden ser de 70 ó 100 V. Este valor tan elevado de tensión viene impuesto por la necesidad de mantener la sección de los conductores de sonido dentro de unos niveles adecuados, ya que al distribuir la señal de sonido amplificada desde un único punto al resto de la instalación puede provocar una caída de tensión considerable en el conducto, hecho que afectará a la pérdida de potencia de audio.

En cada una de la estancias que se vayan a sonorizar será necesario instalar un módulo de atenuación y selección de canales de música y la regulación del volumen con un dispositivo de prioridad de aviso, que permita en un momento dado, que si el sonido en dicha estancia esta apagado o al mínimo, se disponga del máximo nivel de volumen disponible para dar allocuciones desde el punto central de amplificación. Este módulo incorpora simplemente un transformador reductor de audio con entrada a 70 ó 100 V y varias tomas secundarias para regular el volumen en 4 ó 6 saltos además de un conmutador rotativo para seleccionar el canal deseado.

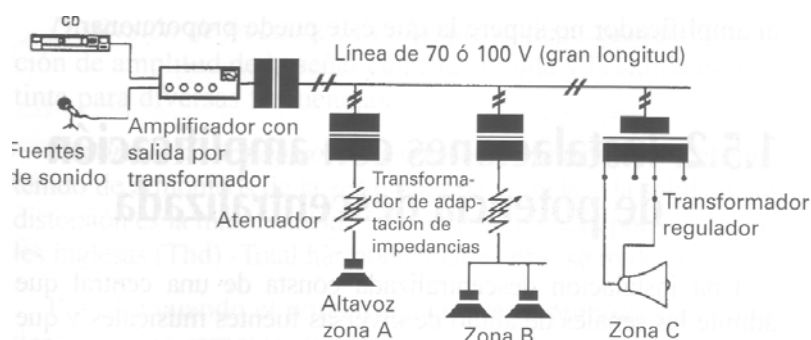


Figura 15.42

La calidad del sonido queda afectada por el paso a través de dos transformadores, uno a la salida del amplificador, que en la mayoría de los casos suele ser parte constitutiva del mismo y otro a la entrada de alimentación al altavoz. Siendo un factor en contra de este tipo de instalación, el que solo disponga de 4 ó 6 saltos de volumen con lo que se hace difícil encontrar un nivel de escucha confortable, sobre todo a volumen reducido.

En la figura 15.42 se muestra una configuración tipo de instalación de sonido con amplificación de potencia centralizada.

7.2. INSTALACIONES CON AMPLIFICACIÓN DE POTENCIA DESCENTRALIZADA

Una instalación descentralizada consta de una central que admite la señales de audio de diversas fuentes musicales y que es uno de los elementos principales de la instalación, cuya misión consiste en adaptar cada una de las señales, a la línea general de la instalación, enviándolas en unas condiciones tales que no puedan ser perturbada por parásitos o ruidos eléctricos a lo largo de su recorrido, a los diversos alimentadores y mandos con un nivel de señal de sólo 3 V. Esta línea general es el elemento primordial de este sistema, ya que por este conjunto de conductores, se transporta la señal de audio (3 V), la alimentación de energía en valores de tensión muy bajos (12 V) y las órdenes de control para el conjunto de mandos de la instalación. La central no es un amplificador de potencia, ya que en este tipo de instalación, la amplificación se lleva a cabo en el lugar donde es necesaria.

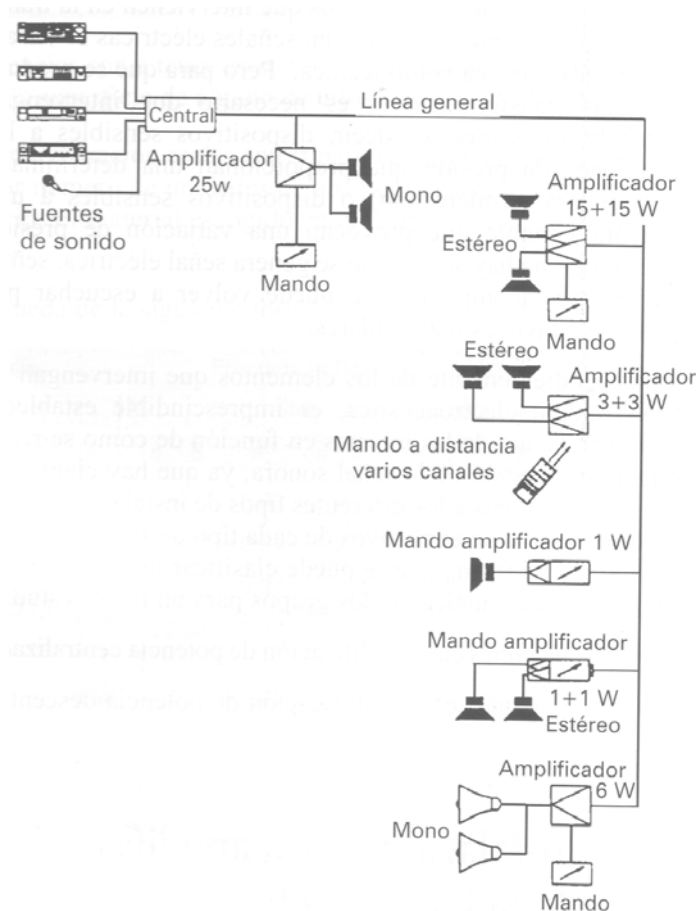


Figura 15.43

Como consecuencia de que no se transporta potencia de audio en la línea general, los conductores de la señal que proporciona la central, pueden ser de secciones reducidas que van desde 0,1 a 0,75 mm² de sección sin necesidad de apantallamiento para evitar los efectos electromagnéticos.

El control y regulación de la señal de audio se efectúa antes de la amplificación de potencia de la señal, por lo tanto, los elementos de mando (control de volumen, selección de canal, tonos, intercomunicadores, etc), trabajan con pequeñas tensiones de alimentación de (12 V) y señales de audio de 3 V, por procedimientos electrónicos; sin disipar potencia como consecuencia de las caídas de tensión debido a las tensiones que se usan para la transmisión de la señal acústica, tal y como sucede en las instalaciones centralizadas, estando los amplificadores lo más cerca posible de los altavoces (10 m), no existiendo un número reducido de amplificadores de gran potencia, sino un elevado número de estos, siendo lo normal, uno por estancia y de reducida potencia, por lo que el fallo del amplificador solo afecta a un reducido número de altavoces.

En cuanto a la calidad del sonido, en el sistema descentralizado toda la transmisión se efectúa en alta fidelidad, las señales de audio nunca atraviesan transformadores y además los mandos ecualizan el sonido a bajo volumen, manteniendo tanto los sonidos graves y agudos, según se reduce el volumen de audición, haciendo independiente la calidad de la música del volumen utilizado en cada momento, como consecuencia de incorporar a los mandos la regulación de volumen con *loudness*. En la figura anterior se muestra una instalación acústica con amplificación de potencia y control descentralizado.

7.3. INSTALACIONES EN RECINTOS ABIERTOS

La difusión del sonido se caracteriza preferentemente por el sonido directo que se propaga desde los altavoces hasta los oyentes.

La reflexión es poco importante, mientras que sí lo son los fenómenos meteorológicos que influyen en la propagación. Así el viento provoca el desplazamiento de masas de aire y en función de la dirección del viento y de la posición que ocupan los oyentes hace que la recepción se vea favorecida o perjudicada. En estos casos es preferible instalar muchos altavoces de menor potencia y orientados hacia abajo para tener menor dispersión.

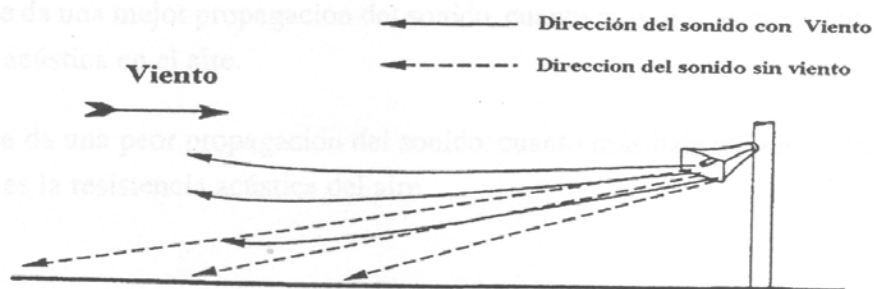


Figura 15.44

La temperatura también influye en la propagación del sonido, de manera que si la temperatura es uniforme en relación con la altura al suelo, el sonido se propaga uniformemente, pero si no lo fuese haría que el alcance disminuyese o aumentase desde el suelo hacia lo alto:

- Cuando la temperatura disminuye desde el suelo hacia arriba, la distancia la cual llega el sonido disminuye.
- Cuando la temperatura aumenta desde el suelo hacia arriba, la distancia hasta a cual el sonido aumenta.

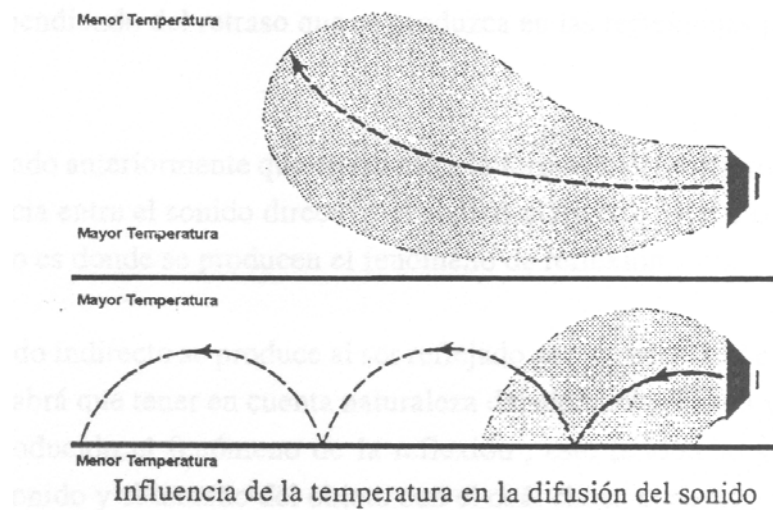


Figura 15.45

De igual forma que la temperatura presenta una gran influencia, la humedad relativa del aire produce los siguientes efectos:

- Se da una mejor propagación del sonido, cuanto mayor es la humedad va que se da una menor resistencia acústica en el aire.
- Se da una peor propagación del sonido, cuanto más baja es la humedad (clima desértico) ya que mayor es la resistencia acústica del aire.

También la naturaleza del suelo influye en la calidad de la audición. La hierba proporciona una propagación mejor que un bosque, un campo de cereales o una muchedumbre.

7.4. INSTALACIONES EN LOCALES CERRADOS

En un local, a diferencia de los espacios abiertos, inexorablemente están presentes perturbaciones reverberantes y el sonido indirecto o reflejado que generalmente tiene un nivel más alto que el del sonido directo. Además los locales se distinguen por una serie de rasgos característicos que deben tenerse en cuenta al sonorizarlos. Algunas de estas peculiaridades son: existencia de reflexiones de las superficies limitadoras con pequeños retardos en relación con el sonido directo que aumenta la eficacia de los sistemas de sonorización; limitación de la altura de suspensión de los altavoces por existir techo; como regla general, las dimensiones de las áreas a sonorizar son menores en comparación con las del espacio abierto.

Uno de los primeros criterios que se ha de tener en consideración a la hora de sonorizar espacios interiores es la presencia en los mismos de un sonido directo y un sonido indirecto. El sonido directo es importante porque da un efecto de direccionalidad, es decir, marca la dirección de procedencia del sonido, representando el sonido directo una parte modesta del

total del sonido percibido. El sonido indirecto también debe considerarse atentamente en relación con las características acústicas del local, ya que influye considerablemente en inteligibilidad de la palabra.

La diferencia de tiempo entre sonido directo e indirecto es muy importante: si es pequeña, el sonido indirecto refuerza el directo y aumenta la inteligibilidad; si es grande, unos 50 ms, se convierte en un eco molesto que disminuye la intensidad porque los sonidos llegan al oído como separados.

Como consecuencia de esto es de suma importancia determinar el tiempo de reverberación de la estancia, para así poder saber si los tiempos de reverberación son los adecuados para llevar a cabo la sonorización del espacio. Los valores máximos y mínimos del tiempo de reverberación admitidos dependen del destino que se dé a la sala, siendo los más adecuados para **programas de palabra** inferiores a 1,6 s, mientras que para programas de música el tiempo de reverberación puede ser, aproximadamente, de 2 s, pero siempre superior al segundo, mientras que tiempos de reverberación mayores de 4-5 s presentan grandes dificultades a la hora de sonorizar una estancia.

Si los valores hallados no corresponden a los que serían óptimos, es necesaria una intervención sobre la estancia, modificando los materiales de paredes, muebles, suelos, etc., para conseguir los valores idóneos.

Los factores más desfavorables, desde el punto de vista acústico, que puede poseer un espacio cerrado son:

- Grandes superficies reflectantes.
- Superficies cóncavas que pueden focalizar el sonido sobre un área pequeña.
- Albergar máquinas o aparatos que ocasionan un alto nivel de ruido ambiente.

La respuesta que ofrece una sala de escucha es muy diferente dependiendo del mobiliario que contenga y de la disposición de éste. También la existencia de cortinas o tapizados en las paredes y su grosor afectarán en gran medida a la transmisión del sonido. El mobiliario, las paredes, columnas, cortinas, es decir, todo lo que encontramos al entrar en una sala, absorbe o refleja las distintas frecuencias de espectro audible. Todo esto hace que se produzca una irregular distribución de la intensidad sonora de las ondas que llegan al oyente provocando en la curva de respuesta en frecuencia la presencia de picos y valles que le confiere un forma que no es plana.

7.5. PERTURBACIONES Y PRECAUCIONES EN LAS INSTALACIONES ELECTROACÚSTICAS

Además de las ya mencionadas en los apartados anteriores, existen otras perturbaciones comunes a todas ellas que pasamos a describir a continuación.

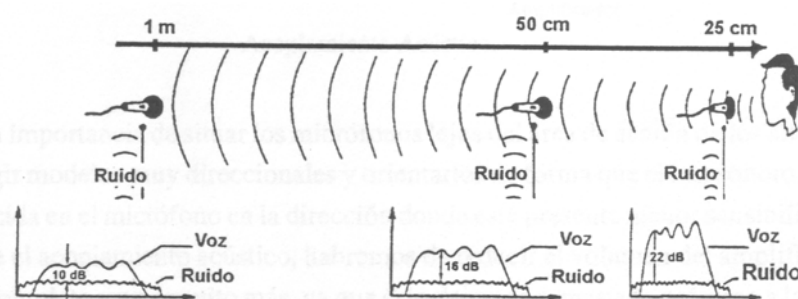
7.5.1. Colocación de los micrófonos

Efecto de la proximidad

La mayor calidad del sonido y la menor incorporación de ruidos al sonido que pretendemos recoger con el micrófono se produce cuanto más cerca situemos el micrófono de los labios del orador esto es extremadamente importante cuando se utiliza micrófonos omnidireccionales, ya que estos tienen igual sensibilidad para todas las direcciones.

Pero también hemos de tener en cuenta de que debe existir una distancia límite en cuanto a la proximidad del micrófono al orador, ya que a éstos les afectan negativamente los “golpes de aire” que se produce en los labios al pronunciar ciertas consonantes explosivas (p, t), ya que al pronunciar la letra t una cierta cantidad de aire es liberada por los labios de forma brusca e impulsiva, cuando esta “onda expansiva” alcanza el diafragma del micrófono lo desplaza de su posición de trabajo hacia atrás bruscamente, produciendo un impulso eléctrico de gran amplitud que satura por unos instantes la entrada del amplificador.

Estas ondas expansivas, como se ve en la figura siguiente, sólo alcanzan alrededor de 10 cm por delante de los labios del orador, de forma que será ésta la distancia mínima aconsejada para la colocación de un micrófono. En el caso de utilizar micrófonos direccionales, la ventaja en la proximidad de estos a la boca no es tan acusada, ya que estos no recogen apenas los sonidos o ruidos que no vengán en su dirección de máxima sensibilidad (de frente).



Proximidad de los micrófonos.

Figura 15.46

Acoplamiento acústico. Efecto Larsen

Otro punto que hemos de tener en consideración a la hora de elegir la situación de los micrófonos es evitar el efecto Larsen o retroalimentación (feedback), este efecto se manifiesta en la difusión por los altavoces de continuos pitidos, con gran intensidad, que desaparecen en el momento que se reduce el volumen de los amplificadores.

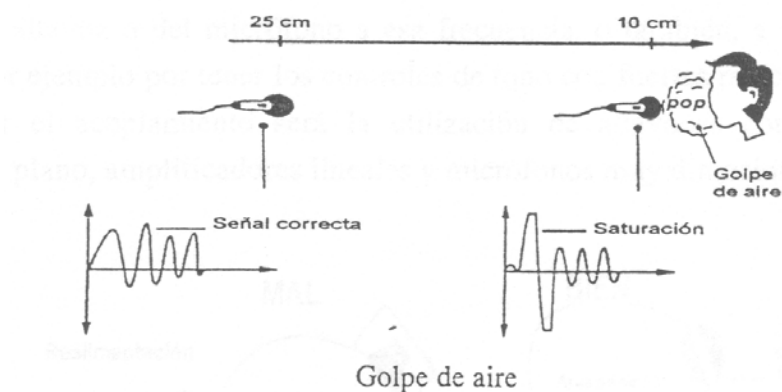


Figura 15.47

Este fenómeno se debe a que cualquier sonido que se produce en la estancia, es recogido por el micrófono, amplificado y difundido de nuevo por los altavoces, pero con una amplitud superior a la que le captó el micrófono, hecho que se vuelve a producir, dándose de nuevo una amplificación y difusión por los altavoces, iniciándose una reacción en cadena, hasta que, maniobrando el control de volumen del amplificador, o alejando el micrófono del altavoz, es decir, que el sonido que recoja el micrófono, por efecto de la distancia o de la orientación sea insuficiente para realimentarse a sí mismo.

De aquí la importancia de situar los micrófonos lejos del área de acción de los altavoces, y si esto no es posible, elegir modelos muy direccionales y orientarlos de forma que el haz sonoro de los altavoces más próximos, incida en el micrófono en la dirección donde esté presente menor sensibilidad. Si de todas formas se produce el acoplamiento acústico, habremos de reducir el volumen del amplificador hasta que desaparezca por completo y un poquito más, ya que si lo dejamos demasiado próximo a la realimentación obtendremos una prolongación en las frecuencias propicias a la realimentación.

No debemos olvidar, en las instalaciones con varios micrófonos, el cerrar todos aquellos que no se usen, ya que estos serán causantes de la realimentación. Como regla general diremos que cada vez que duplicamos el número de micrófonos abiertos, habremos de reducir en 3 dB la ganancia del amplificador para evitar la realimentación. La frecuencia del pitido producido cuando una instalación entra en acoplamiento acústico, es aquella en la que hay una

mayor ganancia acústica, ya sea debido a un mayor rendimiento del altavoz o del micrófono a esa frecuencia, o también, a una respuesta no plana del amplificador, por ejemplo por tener los controles de tono con fuertes realces. Por tanto, una forma de reducir o evitar el acoplamiento será la utilización de altavoces con respuesta en frecuencia extremadamente plano, amplificadores lineales y micrófonos muy direccionales.

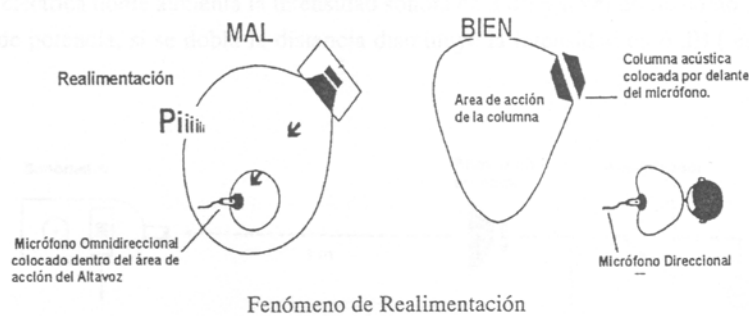


Figura 15.48

7.5.2. Posicionamiento de los altavoces y efectos que produce

Una de las claves que van a definir una buena sonorización viene definido por el posicionamiento de los altavoces, hecho para el cual, debe tenerse en cuenta:

- **Nivel de presión sonora.** Magnitud que va a venir referenciada como NPS (dB) en castellano o como SPL (dB) en inglés, indicando el nivel de presión sonora SPL que se obtiene de un altavoz a una determinada distancia. Debiendo tener en cuenta que en cada punto del ambiente a sonorizar debe tenerse un nivel suficiente (un promedio de 70 db, que en las puntas puede ser de 80 dB para la palabra o 100 dB para la música) con un tiempo de reverberación mínimo, ya que de otro modo resultaría desagradable además de reducir la inteligibilidad.
- **Fuente del sonido.** Si la fuente de sonido está en la sala, es preciso que los altavoces den la sensación de que el sonido procede de esta fuente.
- **Ecos.** Los sonidos que proceden de varios altavoces que llegan a un mismo punto no deben tener un retardo excesivo a fin de evitar la sensación de eco (se percibe el sonido reflejado con un tiempo superior a 0,1 s desde que se percibió el sonido directo) o de reverberación (se percibe el sonido reflejado con un tiempo inferior a 0,1 s desde que se percibió el sonido directo).
- **Efecto Larsen.** Es preciso evitar que se produzcan los efectos de realimentación por medio de los micrófonos de la señal sonora que están emitiendo los altavoces, que

provoca un aumento del nivel de presión sonora que es captado por el micrófono y que provoca una realimentación continua que se manifiesta en la difusión por los altavoces de continuos pitidos, con una gran intensidad, que desaparecen rápidamente al reducir el volumen de los amplificadores o sacando el micrófono del ángulo de cobertura del altavoz.

Siempre que en una estancia se encuentran varios altavoces, la superposición de los diversos sonidos procedentes de estos enmascaran la probabilidad del que el sujeto pueda situar la procedencia del mismo. Para que un altavoz no produzca el enmascaramiento en otro, provocando la no percepción de la dirección de procedencia del sonido, su intensidad en dB debe ser inferior respecto al altavoz que marca la procedencia del sonido y que suele estar situado en la vertical de la fuente sonora, debiendo ser tenido en cuenta además de la intensidad la distancia entre ambos altavoces respecto al oyente, tal y como se concreta a continuación en las figuras 14.49 y 15.50.

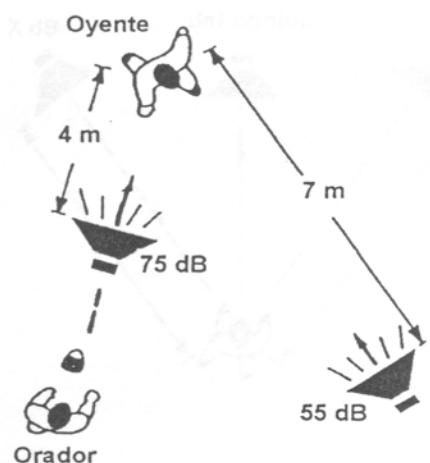


Figura 15.49

En la figura 15.49 el altavoz más alejado no anula el efecto de direccionalidad de procedencia al presentar una intensidad sonora en dB más baja, que el altavoz que marca la direccionalidad.

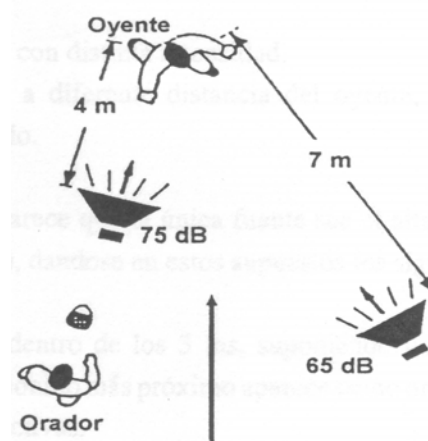


Figura 15.50

En la figura 15.50 el altavoz más alejado del oyente enmascara el efecto de direccionalidad porque presenta una intensidad sonora en dB demasiado alta, respecto al altavoz que marca la direccionalidad.

Si los sonidos de los dos altavoces alineados llegan con un retraso entre sí superior a los 30 ms (10 m de diferencia de distancia) se tiene un molesto efecto de eco cuando el altavoz más alejado no tiene una intensidad, de al menos, 10 dB inferior al que marca la direccionalidad. Si debe sonorizarse un ambiente de gran longitud, es preciso evitar que los altavoces se hallen a una distancia superior a 10 metros, salvo que la intensidad del más alejado sea, al menos, 10 dB inferior.

Efecto Haas

El principal efecto que produce el posicionamiento de los altavoces es el Efecto Haas, que sirve para evaluar la direccionalidad de procedencia de los sonidos cuando hay dos o más altavoces en una misma estancia.

Si dos altavoces que están situados a la misma distancia del oyente emiten un sonido con la misma intensidad sonora en dB, dichos sonidos parecen proceder de un altavoz imaginario que estaría situado a una distancia equidistante de ambos altavoces, provocando que el oyente no pueda evaluar y situar si el sonido procede de un altavoz u otro, tal y como se ve en la figura 15.51.

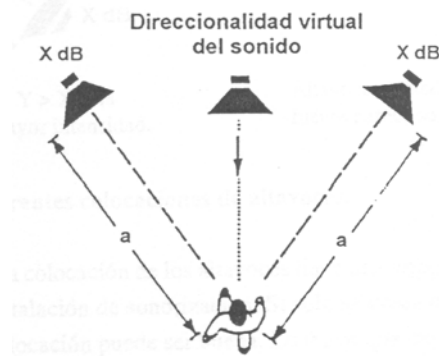


Figura 15.51

Si no se obtiene este efecto, los motivos que los provocan pueden ser:

- Los altavoces emiten con distinta intensidad.
- Los altavoces están a diferente distancia del oyente, con lo que los sonidos no llegan simultáneamente al oído.

En ambos supuestos parece que la única fuente sea el altavoz más próximo al oyente o el de mayor intensidad (efecto Haas), dándose en estos supuestos los siguientes modelos de funcionamiento:

- Sonidos que llegan dentro de los 3 ms, suponiendo una diferencia de distancia entre los altavoces y el oyente de 1 m, el sonido más próximo aparece como origen de la fuente sonora cualesquiera que sean las intensidades respectivas.
- Sonidos que llegan entre 3 y 50 ms, dándose una diferencia de distancia entre 1 m y 16,6 m al oyente, el altavoz más próximo aparece como origen de la fuente sonora.
- Sonidos que llegan con más de 50 ms y la diferencia de distancia sea superior a 16,6 m del oyente a los altavoces, el sonido retardado constituye un eco molesto si no tiene un nivel de presión sonora (SPL dB), de al menos 10 dB inferior al nivel de presión sonora del sonido que llega primero.

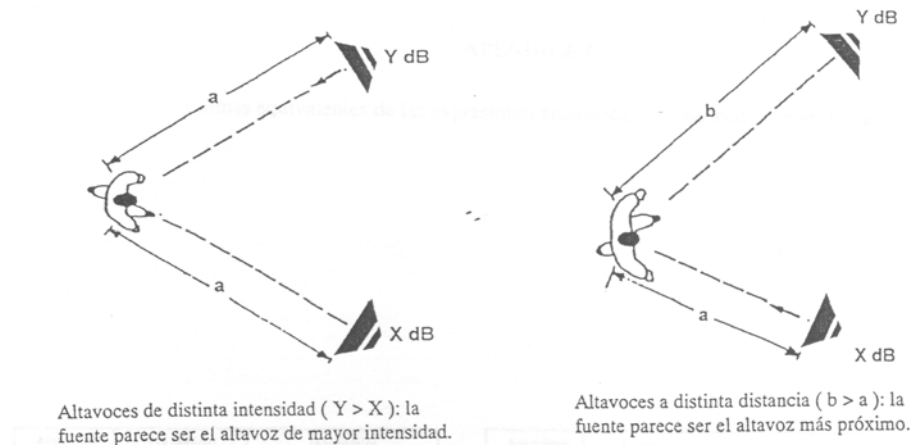


Figura 15.52

RESUMEN

Las cuatro cualidades básicas del sonido son:

- El **Tono**.
- La **Intensidad**.
- El **Timbre**.
- La **Duración**.

Las magnitudes fundamentales en una señal acústica son:

- Amplitud.
- Frecuencia.
- Longitud de onda.

El sistema auditivo presenta diferente sensibilidad para los sonidos según la frecuencia y amplitud de los mismos.

La difusión del sonido se caracteriza por:

- **Sonidos directos:** Llegan al sujeto oyente sin que hayan sido reflejados por las paredes y elementos que alberga la estancia.
- **Sonidos indirectos:** Llegan al sujeto oyente después de haber sido reflejados por las paredes y objetos que alberga la estancia.

Cuando las ondas sonoras en su transmisión chocan con un objeto, pueden suceder dos cosas:

- Que se produzca una reflexión del sonido. Dentro de este fenómeno en función de la longitud de onda del sonido y del objeto con el que choque se puede producir la **difracción** del sonido.
- Que se produzca un retraso en las reflexiones. En este caso podremos hablar de **eco** (cuando el un obstáculo está situado a una distancia mayor a 17 metros) y **reverberación** (cuando el un obstáculo está situado a una distancia menor a 17 metros).

En las instalaciones electroacústicas es imprescindible realizar transformaciones del sonido original, para eso es necesario utilizar transductores, es decir, dispositivos sensibles a las variaciones de presión que proporcionan una determinada señal eléctrica (micrófono), o dispositivos sensibles a una corriente variable que provocan una variación de presión (altavoz).

El amplificador tiene la misión de que la débil señal de entrada, generada por el micrófono alcance el nivel necesario para el ser transmitida al altavoz.

Las instalaciones electroacústicas se pueden clasificar en función de como se realice la amplificación de la señal sonora en dos grupos:

- Instalaciones con amplificación de potencia centralizada.
- Instalaciones con amplificación de potencia descentralizada.

Otra forma de clasificar las instalaciones electroacústicas es en función de donde tenga lugar la instalación:

- Instalaciones en locales cerrados.
- Instalaciones en recintos abiertos.

EDITA Y DISTRIBUYE: