

## Tema 7.- SONORIZACION DE LOCALES

### 1. ACÚSTICA DE SALONES

Son recintos cerrados de mayor o menor dimensión, donde normalmente, las características acústicas de los mismos deben venir condicionadas por el tipo de sonido que se va a reproducir en ellos.

Las posibilidades de variar la salida sonora del altavoz son escasas, pero hay factores que afectan a dicha salida.

#### 1.1. Absorción

En una sala, las ondas sonoras recorren la distancia que hay desde el altavoz, basta chocar con algún objeto; estas ondas se reflejan en el y al mismo tiempo parte de la energía sonora es por ese objeto, de manera que la energía de la onda se va reduciendo progresivamente (**Figura 1**).

El valor absorbido se define como coeficiente de absorción, y es el resultado de dividir la energía absorbida y la energía que incide en el objeto.

Hay que tener presente que cada objeto posee un coeficiente de absorción distinto y que todos los objetos absorben energía en mayor o menor grado. En general y en función de su coeficiente de absorción, los materiales se pueden clasificar en porosos y resonadores

En los recintos cerrados se pueden realizar algunas cosas para mejorar la acústica, entre ellas está el acondicionar los mismos con materiales de diferente absorción con el fin de conseguir una condición sonora digna ( cubrir paredes con moqueta, colocar alfombras en el suelo. poner cortinas en las ventanas, etc. )

#### 1. 1. 1. Materiales porosos

Son aquellos que absorben más sonido cuanto mayor es su frecuencia. Los materiales más porosos son: madera, plásticos y fibras de diferentes tipos, como textiles, vegetal y mineral.

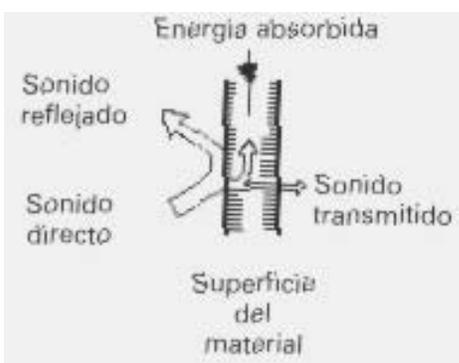
#### 1, 1.2. Materiales resonadores

Son los que presentan mayor dificultad para absorber el sonido. y sólo son absorbentes a una determinada frecuencia que es la frecuencia propia del material, por lo que pueden actuar como un filtro pasa banda. Se utilizan para recortar determinadas frecuencias en la sala, que no son deseables, con lo que quedan realizadas otras, en la propia sala.

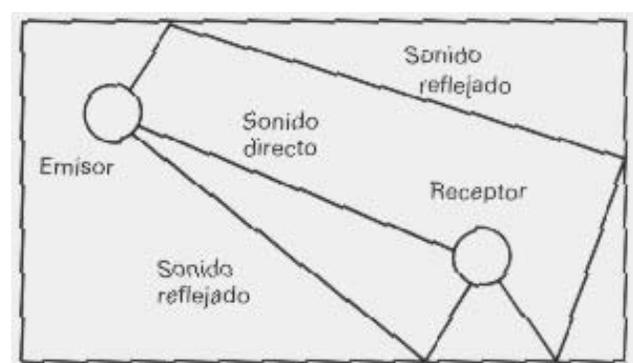
En general es resonador todo material que en su constitución no sea poroso, particularmente el vidrio.

La onda al chocar con el obstáculo puede presentar una *reflexión* si el ángulo con el que se refleja es igual al ángulo de trayectoria o de choque. Si el ángulo resultante del choque no coincide con el ángulo de incidencia, se denomina *refracción*

Tanto la reflexión como la refracción dependerán del tipo de material y del ángulo de incidencia del sonido, Se deberá tener cuidado en ambas, ya que se pueden producir efectos no deseados en la sala de audición.



Fg.1



Fg.2

### 2. REVERBERACIÓN

Es la presencia del sonido en el recinto después de la interrupción de la fuente sonora, por lo que, transcurre un determinado tiempo hasta que la energía sonora queda prácticamente silenciada en la sala se considera este nivel, cuando se ha reducido dicha energía a una millonésima parte de su valor original. Este periodo se denomina tiempo de reverberación y depende del tamaño de la sala, así como del material del que está constituida cuanto menos absorbente sea este material, mayor será la reverberación (**Figura 2**).

En general, se considera que medio segundo es satisfactorio para la audición de música (este tiempo está referido a frecuencias medias).

### 3. RESONANCIA DE LA SALA

Se puede decir que resonancia es el sonido producido por repercusión de otro sonido. Es la manera con que en una sala, al experimentar una excitación procedente de una fuente sonora, devuelve el sonido resonando con frecuencias propias.

Si una de las dimensiones de la sala es la mitad de la longitud de onda del sonido, se producen vibraciones de resonancia en el aire.

Mediante la formula:

$$\lambda = \text{velocidad del sonido} / \text{frecuencia}$$

Se puede calcular la longitud de onda emitida. y con ella las medidas que pueden ocasionar este efecto en la sala.

Con una frecuencia de 50 Hz, la longitud de onda del sonido es de 6,8 m, por tanto si la longitud de la sala es de 3,4 m la sala resonará a esta frecuencia. Hay que tener en cuenta que en cada frecuencia fundamental existen armónicos de ésta frecuencia. siendo en este caso de 100 Hz el segundo armónico y de 150 Hz el tercero.

Las dimensiones de altura, anchura y diagonal, también influyen en la resonancia, Como se ve son muchas las resonancias que pueden estar presentes y a muchas frecuencias, por lo que cualquier superficie discontinua ayudará a mejorar la acústica de la sala.

### 4. NIVEL ACÚSTICO

Cualquiera que sea la sala, su acondicionamiento acústico dependerá del tipo de sonido que se quiera reproducir, por lo que no existirá una sala común para todo tipo de escuchas. aunque se pueden construir salas para diversos usos con la colocación de paneles móviles y adaptables con diferentes coeficientes de absorción.

La reproducción del sonido debe realizarse de manera que sea recibida de forma natural, por lo que es conveniente que los diferentes controles del amplificador estén debidamente ajustados. En muchas ocasiones los controles de graves están ajustados, a un nivel demasiado alto, lo que va en detrimento de las frecuencias altas y medias. dando la sensación de un sonido poco inteligible y con falta de nitidez.

Las salas de audición de la palabra tienen como finalidad la inteligibilidad, por lo que el tiempo de reverberación de estas debe ser corto, esto dependerá en gran parte de las dimensiones de la sala.

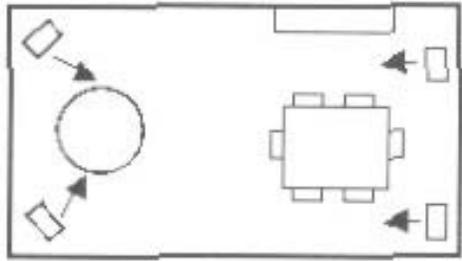
Cuando el sonido llega a la persona receptora de manera que es lo más parecido posible al que recibe si se sitúa junto al orador, se habla de fidelidad. El nivel acústico que produce un orador en condiciones normales se sitúa alrededor de 70 dB, cuando el nivel de ruido no sea muy elevado será suficiente que se instale un equipo que nos asegure un nivel de 75 dB distribuidos de forma uniforme por toda la sala. Un nivel inferior reducirá la comprensión de las palabras, mientras que un nivel muy superior, que se puede situar aproximadamente en 120 dB resultará peligroso para la salud de los que están cerca de la fuente sonora.

Las salas previstas para la audición de música deben ser totalmente diferentes y dependerán del tipo de música reproducido en las mismas

### 5. SITUACIÓN DE LOS ALTAVOCES

Es muy difícil determinar con exactitud cuál es la ubicación idónea de los altavoces, debido a que la curva de respuesta de éstos es obtenida en una cámara anecoica, y cuando están situados en la sala de audición su respuesta puede variar en función del material de que está constituido su entono, así como de las dimensiones de la sala. A pesar de ello, existen algunas indicaciones en la colocación de los altavoces mediante las cuales se pueden aprovechar al máximo las diferentes características de la sala.

Si los altavoces se sitúan en la bisectriz del ángulo formado por las esquinas de la sala, la sensación de sonido se amplificará, aunque se acentuarán más las frecuencias audibles más bajas, disminuyendo la presión en las frecuencias medias(**Figura 3**).



Fg.3

Cuando se sitúa la caja acústica en el suelo, la presión acústica dentro del margen comprendido entre 150 y 400 Hz mejora; también lo hacen las frecuencias medias, aunque no llegan al mismo nivel de elevación.

Hay que tener presente que la caja no debe situarse muy cerca de paredes laterales, procurando si es así revestirlas con materiales absorbentes en cambio el espacio situado detrás del baffle es mejor que no sea absorbente sino que ayude a difundir el sonido.

Tampoco se deben colocar delante del baffle o de la caja objetos que pudieran dificultar la expansión del sonido en la sala.

Los altavoces se colocarán con su eje orientado hacia el lugar de audición previsto, proporcionando así mejor respuesta en agudos y siendo recomendada esta colocación en las instalaciones en estéreo.

En las instalaciones en estéreo los baffles pueden colocarse tanto en el techo como en las paredes, de tal manera que la distancia de ambos hasta el oyente sea la misma.

En general en el caso de HI-FI se recomienda situar los baffles de forma que el sonido que producen no encuentre rápidamente una superficie en donde reflejarse, y que la pared frontal y laterales de la habitación sean absorbentes, mientras que la pared trasera del baffle sea reflectante.

También es importante destacar que la colocación dependerá del uso a que vaya destinado el altavoz también será importante el tipo empleado para ese uso (altavoz de techo, columnas, baffles de HI-FI, altavoz adosado a la pared, etc.).

## 6. OTRAS CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN LA SONORIZACIÓN DE UNA SALA

Además de los diferentes puntos expuestos con anterioridad, se debe tener presente que la forma geométrica de la sala es también importante. Una superficie cóncava concentra el sonido, mientras que una superficie convexa lo dispersa (**Figura .4**).

Se debe tener en cuenta la diferencia entre sonido directo e indirecto. El primero es el que se obtiene antes de llegar las primeras reflexiones y proporciona una sensación de estereofonía, mientras que el segundo es obtenido después de las primeras reflexiones y con el retraso del sonido, proporciona una sensación del tamaño de la sala. Las intensidades relativas de ambos sonidos permiten obtener la sensación de distancia en la propia sala.

El aislamiento acústico de la sala también es importante para evitar que el sonido se propague y al mismo tiempo se evita que penetren en la misma sonidos procedentes del exterior.

## 7. SONORIZACIÓN INDUSTRIAL (MEGAFONIA)

Cuando se habla de recintos abiertos al aire libre o locales en los que sus dimensiones exceden de lo habitual, se requiere otro tipo de sonorización con amplificadores y elementos diferentes a los utilizados para HI-FI; es en este tipo de recintos, donde dadas sus características y dimensiones lo que se requiere es mayor potencia, además de inteligibilidad.

Los problemas con las conexiones directas de altavoces que se presentan en un amplificador crecen conforme aumenta su número debido a la adaptación de impedancias y al reparto de potencias.

Además, dadas las características de este tipo de instalaciones, donde el recorrido es muy largo y debido a la resistencia del conductor, también aumentará la impedancia total del circuito de carga del altavoz conectado.



Fig.4

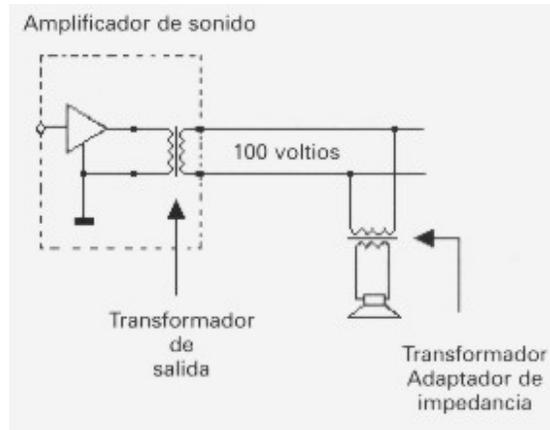


Fig.5

## 7.1. Transformadores

Para simplificar los cálculos y limitar las pérdidas de potencia en cableados largos, se ha dispuesto en los amplificadores de megafonía, además de las conexiones de baja impedancia de 4, 8 y 16 ohmios, el sistema denominado *línea de tensión constante*, que consiste en utilizar un transformador de audio para elevar la tensión de salida del amplificador a un nivel situado entre 50 y 100 V reduciendo de esta manera la corriente transportada por los cables, volviendo a reducir esta tensión mediante otro transformador de características apropiadas a la impedancia y potencia del altavoz que se conectará entre la línea general y dicho altavoz.

La línea general de distribución, transporta la potencia de audio por toda la instalación usando intensidades moderadas, debido a la elevada tensión presente en el circuito (**Figura 5**).

Es conveniente la utilización de este tipo de conexión cuando la línea de altavoces exceda de 20 metros de longitud.

Puede conectarse un altavoz o varios formando una columna, pero se debe asegurar que la impedancia total de los altavoces sea la adecuada; además, no debe sobrepasarse la potencia de salida del amplificador por encima de la potencia de los altavoces, ya que podrían ser dañados.

Es importante considerar las pérdidas de potencia y la distorsión del sonido en las líneas de 100 V. El tamaño del núcleo magnético depende directamente de la potencia del transformador e inversamente de la frecuencia de trabajo del mismo. Los transformadores utilizados en instalaciones de audio deben trabajar hasta frecuencias muy bajas, teóricamente hasta 20 Hz, para el paso de las notas graves, por lo que deben poseer un núcleo magnético de tamaño suficiente para que no se sature a estas frecuencias, debiendo ser de un tamaño apreciable, aunque con el consiguiente encarecimiento del mismo.

Sin embargo los transformadores que se utilizan normalmente, son más pequeños y ligeros que los empleados para la red de C.A. de igual potencia.

Para evitar posibles averías en los amplificadores debido a la saturación de los transformadores y sobrecargas producidas por las notas graves, los diseñadores recortan estas notas en los mismos amplificadores.

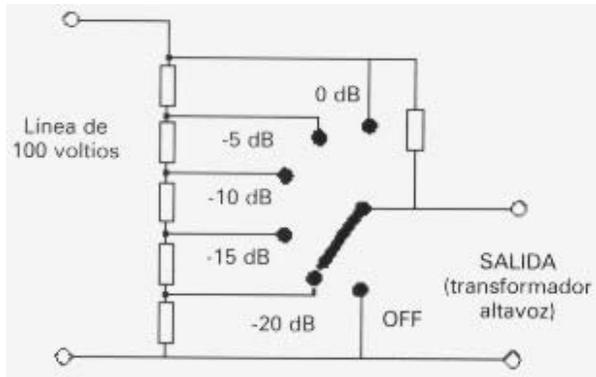
El resultado de todo ello es la carencia de graves en muchas instalaciones de estas características con una sensación de aumento de las frecuencias altas.

En instalaciones con altavoces exponenciales es recomendable que éstos soporten el doble de potencia que la suministrada por el amplificador, con el fin de evitar los problemas surgidos por frecuencias sin ecualizar o muy bajas.

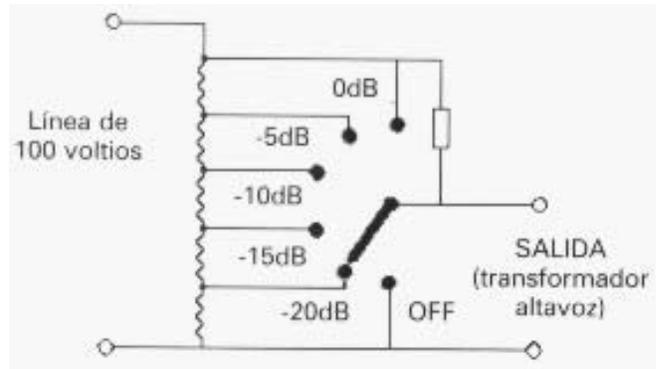
## 7.2. Atenuadores

En aquellas zonas donde se precise una regulación local del volumen, se utiliza un atenuador, que conectado entre la línea de 100 V y el transformador permite reducir la potencia. Dependiendo de la potencia de que se trate, los atenuadores pueden ser inductivos o resistivos.

Los atenuadores resistivos están limitados a pequeñas potencias debido a la disipación del calor que ocasionan, por lo que son usados cuando la potencia a disipar es pequeña, conmutando una cadena de resistencias para atenuar la tensión en la salida (**Figura .6**).



Fg 6



Fg.7

Cuando se desea atenuar 6 o más vatios, se utilizan los atenuadores inductivos. Consisten en un autotransformador con varias tomas a diversas tensiones y un conmutador mediante el cual se selecciona una de ellas (**Figura 7**).

Ambos atenuadores poseen una resistencia de potencia que evita que al desconectar la zona de audición, quede la línea sin carga con la consiguiente desadaptación de impedancias en el amplificador.

### 7.3. Ventajas y desventajas de las instalaciones de megafonía

En toda instalación existen una serie de ventajas e inconvenientes que hay que valorar a la hora de realizarla. Entre las primeras se puede encontrar

- ❖ Reducción de la sección de los cables en la distancia, debido a la mayor tensión y a la menor corriente que transporta,
- ❖ Siempre que no ocurra un cortocircuito en la línea, la avería por corte de un altavoz o transformador, no afecta al resto de los altavoces.
- ❖ Permite una mayor flexibilidad en la elección del tipo de altavoz y su potencia.
- ❖ Se realizan menos cálculos que en las conexiones serie y paralelo de los altavoces.

Entre los inconvenientes se pueden citar

- ❖ Mayor aislamiento eléctrico. Han de utilizarse cables normalizados en el Reglamento de Baja Tensión.
- ❖ La calidad del sonido, especialmente en las notas extremas se deteriora a su paso por el transformador, ya que se suelen construir muy pequeños y se saturan,
- ❖ Mayor precio, debido a la instalación del transformador en cada altavoz.

## 8. CÁLCULO DE SONORIZACION EN MEGAFONIA

Ya se vio anteriormente la necesidad de que una instalación sonora debe proporcionar fidelidad e inteligibilidad. Esta última característica estará también en función del ruido ambiente, calificado así como el sonido indeseable para el que escucha o como el sonido no deseado. Su sensibilidad dependerá del tipo de persona que lo oye, así como de las condiciones ambientales.

Los sonidos clasificados como ruidos pueden ser:

- ❖ Sonidos muy grandes.
- ❖ Sonidos que interfieren la voz o la música que se oye.
- ❖ Cualquier sonido que interfiera al sonido que se quiere oír.

Por tanto, es deseable que el nivel de ruido sea bajo, ya sea en locales con sonorización interior o exterior.

Se prestará particular atención a los niveles de ruido en instalaciones al exterior, donde la colocación de altavoces de gran potencia puede ocasionen problemas de diseño.

Cuando se proyecta una instalación acústica, debe efectuarse una medida del ruido, cuando no sea posible se recurrirá a una tabla donde se establecen unos valores aproximados.

Generalmente cuando se escuchan más de dos tipos de sonidos y uno de ellos es muy grande respecto al otro, puede ser muy difícil de oír. Este fenómeno es conocido como ---enmascaramiento---. Con el fin de que el oyente pueda escuchar claramente la voz a través de un altavoz, el nivel de presión sonora de la voz debe ser mayor que el nivel de ruido que rodea al oyente.

Cuando se trata de comunicación el nivel de presión sonora se situará entre 5 y 10 dB por encima del nivel de ruido.

Si el nivel de ruido es muy grande el contenido de la voz será inteligible cuando el nivel de presión sonora sea al menos igual al nivel de ruido.

En música ambiental, la presión sonora será de 3 dB superior al nivel de ruido ambiente.

GRADO DE RUIDO	NIVEL RUIDO(dB)	DESCRIPCION DEL RUIDO
Conversación imposible	120	Máximo valor audible (umbral de dolor). Motor de avión cercano, trueno cercano.
	100	Sirena de fábrica, estación de metro.
	90	Taller de maquinado, local de equipos de ventilación grandes
Conversación difícil	80	Imprenta, cruce de calles, supermercado
Se debe hablar en voz alta para conversar	70	Teatro, oficina ruidosa, vestíbulo de banco.
Puede conversarse suavemente	60	Tienda grande, restaurante, conversación normal
	50	Ruido ambiental en un cine
	40	Zona residencial tranquila
	30	Campo, estudio de estación transmisora
	20	Ruido de hojas con brisa suave
	10	Susurro.
	0	Valor mínimo audible

**Tabla 5.1. Tabla de niveles de ruido típicos.**

Si la música transmitida es ligera o de concierto, se requiere un nivel de presión sonora entre 90 y 100 dB. manteniendo el nivel de ruido a un nivel muy bajo.

En las instalaciones de megafonía hay que tener en cuenta las diferentes condiciones que inciden en la calidad del sonido. tales como aislamiento, transmisión. absorción y refracción del sonido, Dependiendo si la megafonía está instalada en locales al aire libre o en locales cerrados de grandes dimensiones. estas afectarán en mayor o menor medida al resultado final.

La voz humana está situada en un margen de frecuencias entre 250 y 5.000 Hz. mediante la transmisión de sílabas a un grupo de personas ( las cuales deberán reconocer la mayor cantidad posible de ellas). se establece el porcentaje de articulación, siendo un método para averiguar si el mensaje puede ser articuladamente captado o no.

$$\% \text{ Articulación} = (\text{número total sílabas reconocidas} / \text{número total de sílabas emitidas}) * 100$$

Si su relación supera el 85 %, el mensaje es claramente entendible, si es menor del 65 %, no lo será y al cabo de un tiempo de sonorización producirá fatiga en el oyente.

Todo material al que le impacte un sonido provoca una pérdida de dicho sonido en mayor o menor medida, El cálculo de la transmisión del sonido en el recinto puede calcularse mediante la diferencia entre la presión sonora y la pérdida de transmisión propia del material, sobre el que se incide. Cuando el nivel de presión sonora es de 80 dB e incide sobre un material que tiene una pérdida de transmisión de 30 dB, la transmisión será de 50 dB.

Aunque en muchas ocasiones no resulta tan fácil su cálculo, debido a la complejidad y variación de los componentes de un recinto acústico.

## 9. SONORIZACIÓN EN CAMPO ABIERTO

Al realizar un cálculo de sonorización en campo abierto hay algunos factores que se deben tener en cuenta

- ❖ La pérdida de presión sonora debido a la distancia y al ángulo de cobertura de los altavoces que se utilicen. para que el nivel de presión sonora sea uniforme.
- ❖ Coeficiente de absorción.
- ❖ Tiempo de reverberación.
- ❖ Constante de la sala.
- ❖ Distancia crítica.
- ❖ Pérdida de articulación de consonantes,

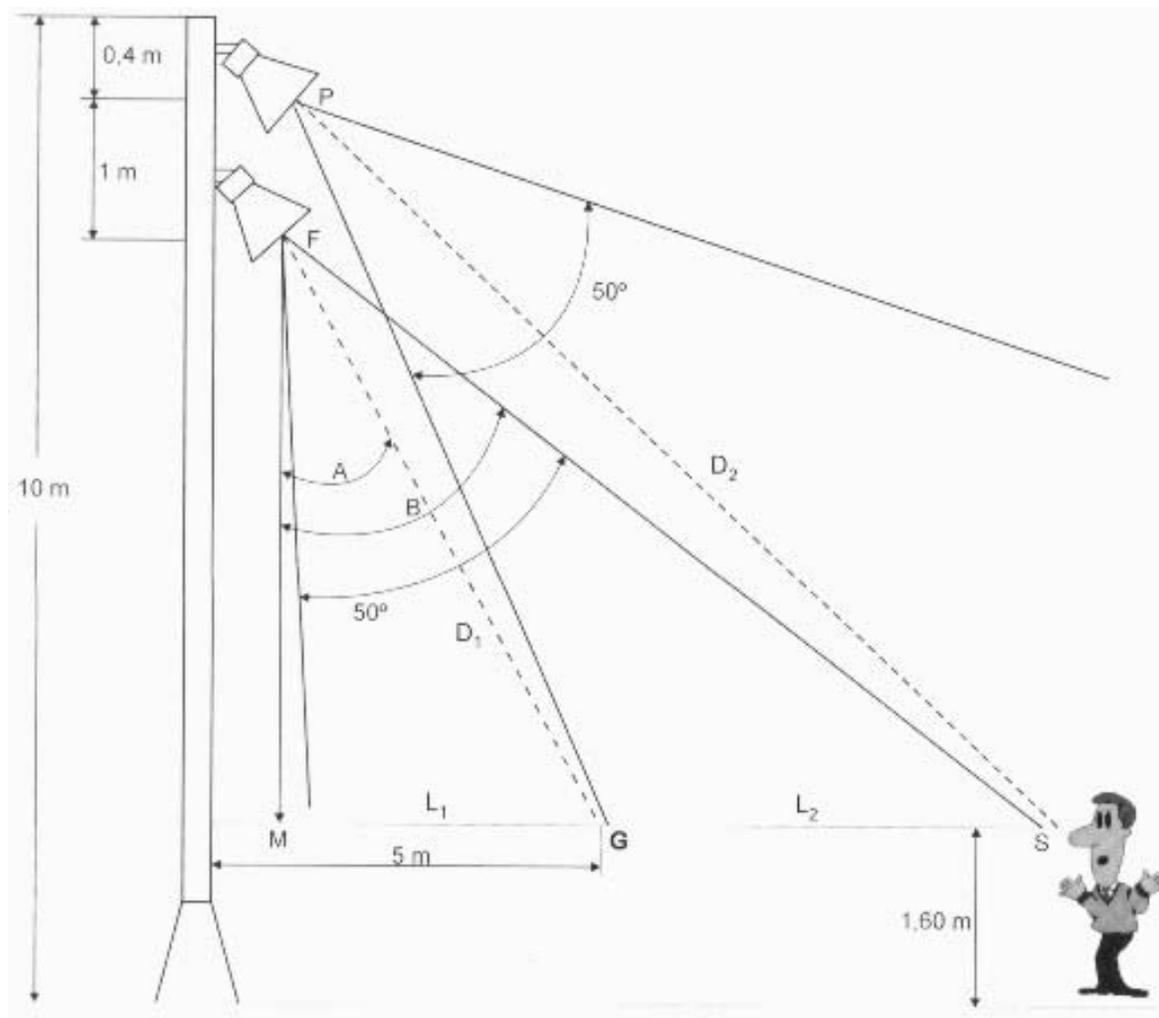
La sonorización se puede realizar desde un solo punto, pudiendo situar también altavoces a diferentes alturas. Otra forma de sonorización es repartiendo los altavoces por la zona a sonorizar.

### 9.1. Sonorización desde un solo punto

La sonorización desde un solo punto es la más aconsejable, siempre que sea posible. ya que se evita el efecto de eco en gran parte del área a cubrir debido a la diferencia de distancia entre el oyente y cada uno de los altavoces.

Se colocarán los altavoces en un mástil verticalmente de forma que el eje del más bajo coincida con el principio de la zona a sonorizar, el siguiente en altura formará un ángulo vertical con el anterior, de forma que su eje coincida con el límite del ángulo de cobertura del anterior.

Cada altavoz que se vaya colocando se irá repitiendo en el plano horizontal formando cada grupo un ángulo igual a la mitad de su ángulo de cobertura hasta cubrir totalmente el área a sonorizar.



**Fig.8**

A continuación se expone un ejercicio del cálculo de sonorización al aire libre con un solo punto, en el se observa que la distancia cubierta está directamente relacionada con la altura del poste donde va colocada la bocina o bocinas y el ángulo de cobertura de las mismas, así como la pérdida de nivel sonoro en función de la distancia de cobertura. Se puede apreciar en el dibujo (**Figura 8**) que el primer altavoz está situado a una altura de 8,6 m del suelo mientras que la segunda bocina colocada con el fin de obtener mayor cobertura sonora, se sitúa a 9,6 m del suelo, siendo la altura media de recepción del sonido de 1.6 m.

#### **Cálculo de la distancia a cubrir por los altavoces**

$L_1$  es la distancia entre el mástil y el principio de la zona a cubrir.; En este caso  $L_1 = 5$  m

Considerando el triángulo rectángulo MFG:

$$D_1^2 = 7^2 + L^2 = 7^2 + 5^2 = 74; D_1 = 8,6 \text{ m}$$

$$\operatorname{tg} A = L_1 / 7 = 5 / 7 = 0,71 ; A = 35,5^\circ B = A + 25 ; B = 60,5^\circ$$

$$\operatorname{tg} B = (L_1 + L_2) / 7 ; L_1 + L_2 = 7 * \operatorname{tg} 60,5 ; L_1 + L_2 = 12,4 \text{ m}$$

Considerando el triángulo rectángulo MPS:

$$D_2^2 = (7 + 1)^2 + (L_1 + L_2)^2 = 8^2 + 12,4^2 ; D_2 = 15 \text{ m}$$

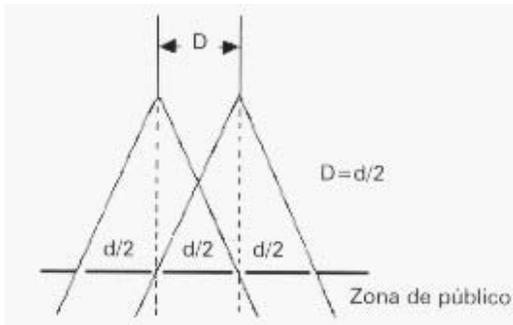
### Pérdida de nivel de sonido por la distancia:

El nivel de presión diferente para cada altavoz produce una pérdida de nivel sonoro debido a la distancia.

así en el caso expuesto se tendrá:

$$\text{pérdida en la distancia D1: pérdida} = 20 \log. D1 = 20 \log 8,6 = 19 \text{ dB.}$$

$$\text{pérdida en la distancia D2: pérdida} = 20 \log. D2 = 26 \log 15 = 23 \text{ dB.}$$



Fg 9

## 9.2. Sonorización con varios puntos de sonido

La distancia a la que se tiene que colocar un altavoz de otro, vendrá determinada por el ángulo de cobertura de cada uno de ellos (**Figura.9**).

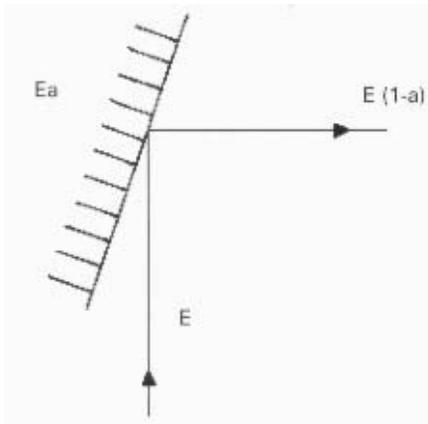
Se debe procurar que el límite de dicho ángulo, coincida con el eje del anterior altavoz en el principio de la zona a cubrir

## 9.3. Parámetros en el cálculo de instalaciones

### 9.3. 1. Coeficiente de absorción

El coeficiente de absorción (a) es la relación entre la energía de sonido absorbida por un material a una frecuencia determinada y la energía total que recibe.

Si se denomina E el nivel de energía original. E<sub>a</sub> será la energía absorbida en la primera reflexión, y E (1 -a) la energía reflejada (**Figura 10**).



Fg.10

En un determinado local no todas las superficies tienen el mismo coeficiente de absorción, por lo que se hace necesario extraer el coeficiente medio de absorción del recinto.

$$A = S_1 a_1 + \dots + S_n a_n / S_1 + \dots + S_n$$

Siendo S<sub>1</sub>,...,S<sub>n</sub>, las distintas superficies de la sala y a<sub>1</sub>, ...,a<sub>n</sub>, los respectivos coeficientes de absorción.

A continuación se ofrece una tabla **Tabla 2** con coeficientes de absorción de algunos materiales utilizados como elementos constructivos, Es de señalar la escasez de datos reales obtenidos mediante ensayos sobre el aislamiento proporcionado por las soluciones constructivas, por lo que no se poseen datos fidedignos.

No obstante, se hace referencia a los valores de aislamiento determinados mediante los ensayos en laboratorio.

### 9.3.2. Tiempo de reverberación

El tiempo transcurrido para que la presión sonora de la señal reverberada esté atenuada en 60 dB respecto a la señal inicial una vez finalizada ésta.

Es el tiempo transcurrido cuando la señal inicial ha finalizado y la reverberada está atenuada en 60 dB respecto de la inicial. Se mide en segundos.

$$T = (0,161 * V) / (S * a)$$

Siendo "V" el volumen del recinto, S la suma total de las superficies del recinto y "a" el coeficiente de absorción medio.

FRECUENCIA	130	500	4.000	9.3.3. Constante de la sala
------------	-----	-----	-------	-----------------------------

Pinturas	0,05	0,07	0,18
Corcho 20 mm	0,14	0,40	0,21
Fibra de vidrio 40 mm	0,35	0,70	0,79
Fieltro de lana 25 mm	0,12	0,85	0,83
Táblex 12,5 mm s/ pared	0,14	0,32	0,66
Madera 3 mm con cámara de fibra de vidrio	0,61	0,24	0,06
Placas de aglomerado para falso techo	0,56	0,83	0,77
Algodón de 420 g/m sobre pared sin pegar	0,05	0,13	0,35
Butaca tapizada	0,30	0,27	0,33
Butaca de madera	0,01	0,02	0,04
Público en asiento tapizado	0,30	0,42	0,40
Suelo de goma de 5 mm sobre cemento	0,04	0,08	0,10
Parquet sobre piso	0,05	0,06	0,07
Pared de vidrio	0,04	0,03	0,02
Pared de mármol	0,01	0,01	0,01
Pared de hormigón enlucido con cemento	0,01	0,02	0,01
Pared de ladrillo sin enlucir	0,02	0,03	0,05
Enlucido de yeso sobre pared	0,01	0,02	0,05

Tabla 2.

La constante de la sala (R) es la relación entre la energía absorbida y la reflejada en todo el recinto.

**Relación por unidad de superficie =**

$$= E_a / ( E * (1-a)) = a / (1-a)$$

**Constante de la sala**

$$R = S * ( a / (1-a)) = S_a / (1-a)$$

### 9.3.4. Distancia crítica

En los espacios abiertos el nivel de presión sonora disminuye con la distancia a razón de 6 dB cada doble distancia. En recintos cerrados hay que tener en cuenta la señal reverberada, por lo que a partir de cierta distancia el nivel de presión sonora ya no disminuye por más que nos alejemos del altavoz. La distancia crítica (Dc) es aquella en la que el sonido directo se iguala al sonido reverberado (**Figura 11**).

En recintos cerrados, al sumar dos niveles iguales en dB el nivel resultante es 3 dB mayor, por lo que en la distancia crítica el nivel en dB será 3 dB mayor que el correspondiente al aire libre.

La variación de nivel con la distancia en recintos cerrados es:

$$A_x = 10 \log ( Q / (4 * \pi * D_x^2) + 4 / R)$$

La atenuación al pasar de una distancia D<sub>1</sub> a otra D<sub>2</sub> es:

$$A1 - A2 = 10 \log ( Q / (4 * \pi * D_x^2) + 4 / R) - \log ( Q / (4 * \pi * D_2^2) + 4 / R)$$

En la distancia crítica =  $Q / (4 * \pi * D_c^2) = 4 / R$ :

$$D_c = 0,141 * \sqrt{Q * R}$$

Hay dos factores que en la práctica modifican la distancia crítica.

1. Número de altavoces o grupo de altavoces (N). Hasta ahora se ha considerado que en el recinto había un solo altavoz sin embargo, por lo general se tiene más de uno. Cuantos mas altavoces tengamos en un recinto, mayor será la señal reverberada, ya que se tendrá varios focos de sonido haciendo disminuir la distancia crítica del mismo.

2. Modificador de la distancia crítica (M). Si en un recinto la zona en la cual se encuentra el público tiene un coeficiente de absorción (a) muy diferente al resto de elementos presentes en el recinto, va a modificar también la distancia crítica.

$$M = (1 - a) / (1 - a_c)$$

a = coeficiente de absorción medio del recinto; a<sub>c</sub> = coeficiente de absorción medio de la zona de público.

De esta forma la distancia crítica quedará:

$$D_c = 0,141 \sqrt{(Q * R * M) / N}$$

**Q** = Factor de direccionalidad del altavoz o grupo de altavoces.

**R** = Constante de la sala.

**M** = Modificador de la distancia crítica.

**N** = Número de altavoces.

### 9.3.5. Pérdida de articulación de consonantes

En la sonorización en recintos al aire libre se producen también pérdidas en la inteligibilidad, traduciéndose en una falta de nitidez en las consonantes.

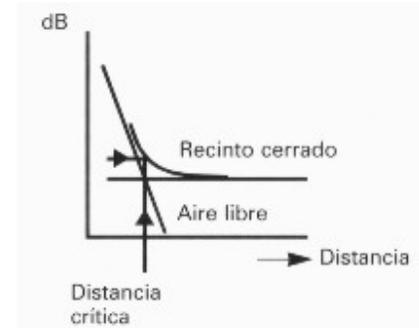


Fig.11

Mediante la siguiente fórmula se puede calcular el porcentaje de pérdidas de articulación de las consonantes, teniendo en cuenta que el nivel de presión sonora obtenido con los altavoces es de 25 dB, siendo mayor que el nivel de ruido ambiente ( $S / R = 25 \text{ dB}$ ).

$$\% A_{\text{conson}} = (200 * D_2 * T^2 * N) / (V * Q * M)$$

$D_2$  = distancia entre el altavoz y el oyente más alejado.

$T$  = Tiempo de reverberación en segundos.

$V$  = Volumen del local en metros cúbicos.

$Q$  = Factor de direccionalidad del altavoz utilizado.

$N$  = Número de altavoces o grupo de altavoces.

$M$  = Modificador de la distancia crítica.

Existe un punto en el cual la pérdida de articulación de consonantes se mantiene constante, es decir, no empeora. Se denomina distancia límite ( $D_{\text{lim}}$ ) y es el equivalente a 3,16 veces la distancia crítica.

$$(D_{\text{lim}} = 3,16 D_c).$$

#### 9.4. Secuencia para el cálculo de locales

1. Cálculo del volumen y las superficies del local.
2. Cálculo del coeficiente medio de absorción ( $a$ ).
3. Cálculo del tiempo de reverberación:  $T = (0,161 * V) / (S * a)$ .
4. Cálculo de la constante de la sala.  $R = S * a / (1 - a)$ .
5. Establecer arbitrariamente el nº aproximado de altavoces y su modelo.
6. Cálculo de la distancia máxima entre altavoz y oyente para una pérdida de consonantes del 15 %,
 
$$D = \{(15 * V * Q * M) / (200 * T^2 * N)\}$$

7. Situación definitiva de los altavoces. (Distancia al oyente igual a distancia máxima).
8. Número definitivo de altavoces en función de la cobertura.
9. En el caso de que el número de altavoces fuera muy distinto al predeterminado:

$$\text{Calcular la distancia crítica. } D_c = 0,141 \sqrt{(Q * R * M) / N}$$

10. Cálculo de la potencia eléctrica necesaria en cada punto en función del ruido ambiente,
11. Cálculo de la potencia eléctrica total y determinar el amplificador o amplificadores necesarios.

## 10. DISEÑO ACÚSTICO DE INSTALACIONES DE SONIDO

Para realizar proyectos acústicos, en recintos tanto abiertos como cerrados, se deben tener en cuenta los diversos factores que pueden influir en el resultado.

No existe un sistema preestablecido para realizar proyectos de sistemas acústicos, ya que las diferencias existentes entre los distintos recintos son apreciables. Sin embargo, se establece un orden de actuación a realizar en un proyecto.

- ❖ Propósito de utilización del sistema.
- ❖ Frecuencia de utilización de los equipos.
- ❖ Investigación de las características acústicas.
- ❖ Determinación de los sistemas de sonido.
- ❖ Selección del equipamiento y ubicación de los dispositivos acústicos.
- ❖ Determinación del cableado.
- ❖ Realización de esquemas y dibujos.

Realizado el proyecto y consultado el usuario, se procede a la instalación, cableado y conexionado de los diferentes elementos.

## 11. CONEXIONADO DE LOS AMPLIFICADORES DE POTENCIA

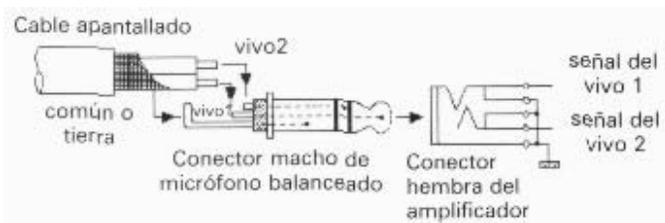
Los amplificadores de potencia para megafonía poseen una serie de conexiones, tanto de entrada, como de salida, para su alimentación normalmente se utiliza la red eléctrica de C.A.; en algunos modelos esta alimentación se puede efectuar también en C.C. mediante una batería.

Este tipo de amplificadores están diseñados para distintas aplicaciones tanto comerciales como industriales (avisos, conferencias, intercomunicación, sistemas de música de fondo, plantas industriales, almacenes, catedrales, auditorios, estadios, etc.), y ello conlleva que sean utilizados para una gran variedad de servicios, por lo que se hace necesario que posean diversas entradas de micrófonos, pudiendo ser de baja o de alta impedancia según modelos. Al mismo tiempo poseen otras entradas auxiliares de baja impedancia, para señales de más alto nivel como sintonizadores, platina de cassette, mezclador preamplificador, receptor de micrófono sin hilos, giradiscos con cápsula cerámica o de cristal y otros equipos auxiliares de cintas de audio, etc.

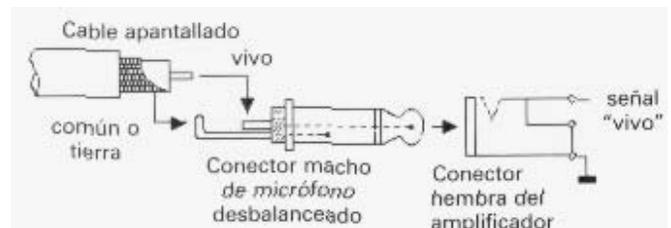
Cada entrada posee un control de la señal que llega, de tal manera que cuando se requieran varios servicios o prestaciones del mismo amplificador, mediante un conmutador se accederá a la entrada deseada con el nivel previamente establecido.

### 11.1. Conexiones de micrófonos al amplificador

La mayoría de micrófonos tienen una impedancia aproximada de 50 K $\Omega$  (de alta impedancia), o de 600  $\Omega$  (de baja impedancia). Debido a que los terminales de entrada de los amplificadores también poseen impedancia, se requiere un buen acoplamiento de impedancia entre ambos elementos para transferir la mayor cantidad posible de señal, por lo que hay que tener cuidado a la hora de seleccionar la entrada en el amplificador (**Figura 12**).



**Fg.12**



**Fg.13**

Los micrófonos de baja impedancia suelen ser del tipo balanceado, aunque no siempre, y los de alta impedancia no lo son. La longitud del cable puede ser hasta de 80 metros para los balanceados; la longitud para los no balanceados de baja impedancia será de 20 metros aproximadamente, mientras que la longitud para los no balanceados de alta impedancia no debe ser mayor de 10 metros (**Figura13**),

La conversión de un micrófono que tenga un conector balanceado a uno de tipo no balanceado puede efectuarse utilizando una de las líneas de señal como blindaje (es decir, uniendo una de las líneas de señal con la malla de blindaje), por lo que debe prestarse especial atención a la longitud del cable.

### 11.2. Conexión de los altavoces al amplificador

Se vio anteriormente la adaptación de impedancias tanto en serie como en paralelo siendo válidas para este tipo de amplificadores.

Los amplificadores que se utilizan para sonorización de recintos al aire libre o en locales de grandes dimensiones, poseen en su salida para altavoces una para baja impedancia (de 4 a 16 ohmios) que se utiliza cuando los altavoces son de baja impedancia y la longitud de los cables entre amplificador y altavoces es corta; y otra balanceada de 50, 70 y 100 V para líneas de alta impedancia (con transformador), permitiéndoles la distribución automática de potencia en complejas instalaciones con gran longitud de línea.

Hay que resaltar que hoy en día la mayoría de los amplificadores de estas características poseen circuitos integrados y transistores diseñados para proporcionar un rendimiento especial y en su etapa de potencia suelen instalarse determinados circuitos de protección para soportar accidentes o conexiones de salida defectuosas que pudieran realizarse durante su instalación o utilización. También poseen protecciones en la alimentación de C.A. así como en la de C.C.

### 11.3 Conductores

Dependiendo de su constitución física los conductores pueden ser **hilos y cables**.

Los hilos son conductores eléctricos que poseen una rigidez apreciable, su grosor depende del uso a que vayan destinados y van recubiertos por una funda plástica que puede ser de diferentes colores según una normativa eléctrica.

Los *cables* son flexibles; el conductor está compuesto por varios hilos finos arrollados entre si y recubiertos mediante un aislante que suele ser goma o caucho. Su utilización se da en instalaciones tanto permanentes como de carácter ocasional. Tres son los usos a que se destinan: *eléctricos*, de *banda base* y de *radiofrecuencia*.

El *cable eléctrico* más habitual el denominado paralelo. Consta de dos cables en paralelo y su color externo suele ser blanco, gris o negro.

Los *cables de banda base* son empleados en conexiones de audio y video. Se emplea para conectar altavoces (rojo y negro coincidiendo con el positivo y negativo de los altavoces y el amplificador); el resto de los cables de este tipo se les denomina multipolares, los cuales poseen un cierto número de cables con sus correspondientes fundas individual y color, todos ellos van recubiertos por una funda externa común.

Los *cables de radiofrecuencia* pueden ser blindados y al mismo tiempo también coaxiales. Poseen una malla común que recubre todo el perímetro del exterior de la funda del cable interno (como los cables de antena de TV.), en cuyo interior poseen un hilo rígido. Su impedancia es de 75 ohmios para cable de antena de TV., y de 52 ohmios para cable de antena de radio. Los cables coaxiales de audio poseen una resistencia de 50 ohmios, y se encuentran de forma simple (un cable) y en paralelo (dos cables).

#### 11.4. Conectores de audio

Los de uso mas común son los conectores RCA. Son monofónicos, poseen dos terminales y una funda de color rojo, blanco o negro. El color rojo indica que la conexión se debe realizar a la derecha (RIGHT) del estéreo y el blanco o el negro a la izquierda (LEFT). La malla del cable se conecta al terminal de soldadura exterior y el cable interno o vivo, al terminal interior del conector. Suelen utilizarse en parejas una para cada canal de sonido, obteniendo así el estéreo.

También son utilizados los conectores JACK, pudiendo ser monofónicos o estereofónicos existiendo dos medidas: 1/8 de pulgada (JACK pequeño) usado en equipos de audio domésticos para conectar auriculares, WALKMAN, etc., y 1/4 de pulgada (JACK grande) que se utiliza en amplificadores, mesas de mezcla, instrumentos musicales eléctricos, etc.

Otro tipo de conector es el XLR, también llamado canon. Posee una gran fiabilidad y robustez, asegurando la conexión mediante una pestaña que se enclava al conectarse, el modelo más común es el de tres contactos, utilizándose en *micrófonos*.

El conector DIN es un conector que se utilizó hace unos años, pero hoy en día está en desuso.