



MANUAL DE SONORIZACIÓN EN DIRECTO

Carles P. Mas

UNA PUBLICACION

MANUAL DE SONORIZACIÓN EN DIRECTO

Carles P. Mas

ISBN: 84-930813-0-2

Presentación:

La primera edición de este libro en papel se presentó a finales del año 1999, iniciándose su distribución en Enero del año 2000. Al cabo de pocos meses se agotaron todos los ejemplares, pero no fue posible hacer una segunda edición ya que la empresa editora –Música y Tecnología, S.L.- había cerrado sus puertas a mediados del mismo año.

La insistencia de varios antiguos alumnos míos, y la constatación de que aún hoy no existen libros en castellano que muestren de forma clara como funciona el sonido en vivo, me han movido a digitalizar todo el contenido del libro original para que quien lo desee cuente con este ejemplar en formato de papel o bien digital.

Al revisar mis escritos, al cabo de una década larga, he podido constatar que casi todos los temas expuestos son perfectamente aplicables a las instalaciones de sonido en directo que hoy se realizan; esto significa que los conocimientos técnicos que se muestran en este libro son hoy tan válidos como ayer.

Pero para llegar a ser hoy un buen técnico de sonido en vivo, es preciso tener presente algunos aspectos que la tecnología ha incorporado en los últimos diez años, y que por razones evidentes no se comentan en esta edición.

La amplificación en clase D, las mangueras multicanal de fibra óptica, los auriculares de monitor sin cable, los controladores para mezclas digitales, los sistemas de altavoces con dispersión lineal, los plug-ins de efectos, son sólo algunas de las novedades que se han incorporado en los últimos años al mundo del sonido en vivo. Aquel que dese extraer un buen sonido de su equipo debería estar al día de aquellas novedades técnicas que le permitan obtener los mejores resultados.

Dicho esto, quede patente que la comprensión clara de los conceptos que aparecen en este “Manual de Sonorización en directo” es sencillamente imprescindible para obtener un resultado óptimo al montar cualquier sistema de amplificación en directo.

Deseo que este libro os sea de utilidad en vuestro trabajo, uno de los oficios –no lo dudes- más hermosos que existen, ya que nuestra labor permite que la música o las palabras emocionen en directo con fuerza y limpieza a miles de personas; casi nada.....

Carles P. Mas

Tecnico Superior de Sonido por la UPC y el Institut del Teatre (Barcelona)



INDICE

Capítulo 1. Física del Sonido:

Naturaleza de las ondas sonoras	9
Como avanzan las ondas sonoras	9
Período, Longitud y Frecuencia	10
Velocidad de propagación	11
Relación entre velocidad, frecuencia y longitud	11
Las ondas rebotan y rodean obstáculos	12
Interferencia y Fase del sonido	13
Intensidad, Tono y Timbre	14
Armónicos	17
Vibraciones de placas de membranas	18
Las Frecuencias musicales	19
Directividad de las fuentes de sonido	19
El Decibelio. Definición	21
Niveles absolutos y relativos	23
Nivel de señal en decibelios	23
Relación entre dBV, dBu y dBm	24
Niveles de potencia en decibelios	24
Extensión Dinámica	25

Capítulo 2. Acústica musical:

Sensibilidad del Oído	27
Relación Intensidad-Sonoridad	27
Relación entre tonos musicales	28
Consonancia y disonancia	29
Enmascaramiento	30
El Timbre musical	30
Octavas musicales	31
Tesituras y Armónicos	32
Estereofonía	32
Reflexión y difracción del sonido	32
La absorción acústica	34
Coefficientes de absorción	35
La Reverberación	36
Medir la reverberación	36
Protección auditiva	38

Capítulo 3. Microfonía:

Transductores	41
Cadena básica de amplificación sonora	42
Características direccionales	42
Elegir un micrófono según su directividad	45
Micrófonos dinámicos	46
Micrófonos de carbón y cerámicos	47
Micrófonos de cinta	49
Micrófonos de condensador	50
Micrófonos electret	51
Micrófonos especiales	52
La alimentación "Phantom"	54
Características electrónicas	55
Líneas balanceadas	55
Cableado y conexiones	56
Micrófonos de características variables	57
Sistemas de microfonía inalámbrica	57
Problemática de la microfonía inalámbrica	58
Datos orientativos para escoger un micrófono	59
Algunos micrófonos de frecuente utilización	60

Capítulo 4. Especificaciones técnicas:

Respuesta en frecuencia	66
Relación señal-audio	68
Distorsión armónica	68
Distorsión por intermodulación	69
Impedancias de entrada y salida	69
Niveles operativos de la señal audio	71
Interferencia por cruce	72
Ruido blanco y ruido rosa	73
Símbolos de componentes	74
Diagrama de bloques	75

Capítulo 5. Los Amplificadores:

Ecuaciones fundamentales. Ley de Ohm	79
Amplificación de tensión y de potencia	80
Nivel de señal y potencia en el amplificador	81
Respuesta a señales transitorias	81
El amplificador operando en puente	82
El factor de amortiguación	83
Relación entre potencia y dB SPL	83
Especificaciones de potencia en los amplificadores	84
Válvulas, Transistores, Mosfet	84
Controlando la Impedancia	86
Escoger un combo	87
Escoger una etapa de potencia	90

Capítulo 6. Mesas de mezclas:

Fuentes de alimentación	92
Variedades de mesas de mezcla	93
Los mezcladores	94
Módulo de entrada	95
Módulo Master	97

Módulo de Subgrupo	97
Módulo de salida / monitor	97
Especificaciones de una mesa de mezclas	97
“Headroom” (techo dinámico)	99
Indicadores de nivel	100
Amplificadores operacionales	100
Mesas automatizadas	101
Ecuador desde la mesa	102
Ampliando las entradas de una mesa	103
Mesas para el control en escenario	105
Situación de la mesa en un directo	107
Como escoger una mesa de mezclas	108

Capítulo 7. Los Altavoces:

Altavoces electrodinámicos	110
Altavoces piezoeléctricos y de condensador	111
Como trabaja el altavoz electrodinámico	112
Altavoces para bajas frecuencias	112
Altavoces para altas frecuencias	113
Altavoces para frecuencias medias	115
Filtros de frecuencia	115
Filtros pasivos de alto nivel	116
Filtros activos de bajo nivel	117
Especificaciones técnicas de los altavoces	118
Conexionado entre altavoces	122
Problemas en los altavoces	123
Problemas debidos a otros componentes	123
Las cajas acústicas. El cortocircuito acústico	124
Recinto compacto	124
Recinto “bass reflex”	125
Recinto con laberinto	125

Capítulo 8. Procesadores de la señal audio:

Ecuadores y filtros	127
Controles de tono	128
Filtros activos y pasivos	128
Filtros pasa-altos y filtros pasa-bajos	129
Ecuadores gráficos	130
Ecuadores paramétricos	131
El lugar del ecualizador	133
Utilización práctica del ecualizador gráfico	133
Compresores y Limitadores	134
Utilización del compresor / limitador	136
Aplicaciones prácticas del compresor / limitador	137
Excitadores	137
Puertas de ruido y expansores	138
Aplicaciones de puertas de ruido y expansores	140
Unidades de reverberación	141
Sistemas de reverberación analógica	141
Unidades de reverberación digital	143
Aplicaciones de las unidades de reverberación	144
Unidades de retardo	144
Efectos digitales	145

Capítulo 9. Montaje práctico de un Directo:

Arquitectura de sistemas de potencia	150
Niveles de los circuitos	151

Sistemas de potencia para la amplificación musical	151
Cajas de conexionado	154
El cableado	156
Cables multifilares (Mangueras)	159
Conectores	159
Utilidad práctica del crossover	161
Puntos de corte y relaciones entre grupos de frecuencias	161
Control direccional de los altavoces	163
Altavoces de refuerzo	165
Tomas de tierra	167
Conexión a red	168
Técnicas de captación microfónica	169

Capítulo 10. El sonido en exteriores:

Disminución de la intensidad sonora con la distancia	173
Efecto del ruido ambiente	174
Cobertura sonora y control acústico	174
Extensión dinámica de un sistema de potencia	176
Los factores atmosféricos	177
Situación de las cajas acústicas	178
Conexionado entre etapas y cajas	179
Control de la realimentación exterior	180
Calibración y equilibrado de un sistema	181

Capítulo 11. El sonido en interiores:

Reflexión y reverberación sonora en recintos	184
Control de la reverberación	185
Distancia crítica	185
El control en respuesta tonal	186
Las ondas estacionarias	188
Frecuencia de resonancia de un recinto	188
Colocación de las cajas acústicas	189
Tipos de monitores	189
Sistemas para suprimir la realimentación en escenario	190

Capítulo 12. Mejorando el rendimiento de un Directo:

Arquitectura del monitoraje	193
Comprobación de las polaridades	194
Eliminar ruidos inducidos	195
Control de niveles en las mesas de mezcla	196
Control de difusión en los altavoces	197
Los sistemas de potencia procesados	198
Aplicaciones del procesado a diversos instrumentos	200
Ejemplos de instalaciones reales	201

FÍSICA DEL SONIDO

¿Quién no se ha preguntado en alguna ocasión, mientras la música fluye por nuestros sentidos, cuál es la naturaleza intrínseca de esto que denominamos sonido?.

¿Qué hay de cierto en torno a su aparente bondad? ¿O acaso se trata de un fenómeno malicioso que se oculta tras una apariencia agradable?.

¿Tienen algún parentesco las ondas sonoras con las ondas de luz, o pertenecen a distintas familias que se ignoran?, ¿y en este caso, están enemistadas unas y otras?

¿Es posible la transmisión sonora por el espacio interestelar?.

¿Cómo se reproduce el sonido?, ¿hay sonidos masculinos y femeninos?.

¿Cuál es la apariencia real de las ondas sonoras? (vaya, que si están de buen ver...)

¿Van de legales, en general, las ondas de sonido? y si no es así ¿qué tipo de ondas son las que persigue la Ley?.

¿Porqué hay sonidos que nos dan una sensación de dulzura, mientras que otros se nos antojan francamente histéricos?.

¿Es cierto que cuando un sonido contiene muchos armónicos se convierte, a la larga, en francamente empalagoso?.

¿Es lícito acaparar más decibelios que el prójimo?, y si esto no es correcto ¿hacerlo constituye un hecho moralmente reprochable?.

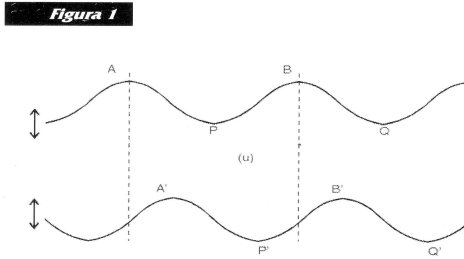
¿Es posible encontrar el silencio absoluto, una ausencia total de ruidos?; y si es posible ¿dónde narices hay que hacer los trámites para poder visitar este lugar tan excepcional?

Si en alguna ocasión te has preguntado alguna cosa parecida, mejor olvidarlo. Bastantes problemas nos trae la vida cotidiana como para que nos la compliquemos más con preguntas de repuesta incierta...

- FÍSICA DEL SONIDO -

NATURALEZA DE LAS ONDAS SONORAS.

Si se pide a una persona que mueva una cuerda desde un extremo, mientras el otro permanece sujeto, y se toma una fotografía del movimiento, se obtendrá la imagen de una forma ondulada (figura 1); ésta es la imagen de una onda en un momento determinado. En ella se ve como la cuerda se ha ondulado, y sus distintas partes se mueven de arriba a abajo, en un sentido u otro.



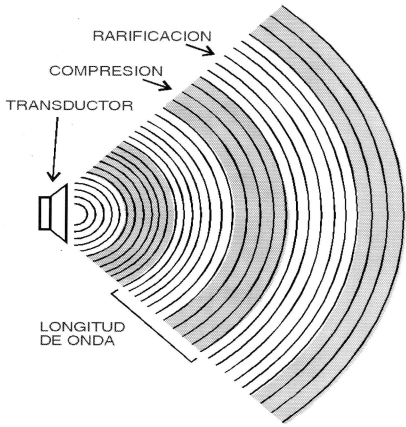
Supongamos que se toma otra foto al cabo de un segundo. La onda se habrá movido a la posición de la figura 1.b, pero la longitud de onda AB seguirá siendo la misma. La característica de las ondas es que aunque avancen de izquierda a derecha por la cuerda, ésta no se mueve con ellas; lo único que se mueve y lo que llamamos onda es la forma de la cuerda que cambia, por lo cuál los picos y los valles se encuentran en sitios distintos.

Si se superponen las dos figuras obtenidas en la fotografía (figura 2) se ve que cada parte de la cuerda se ha movido hacia arriba y hacia abajo desde su posición anterior, pero no lateralmente. Así que nos encontramos con la curiosa situación de que cada parte de la cuerda se ha movido hacia arriba y hacia abajo, mientras que la onda se ha desplazado lateralmente.

Si en un medio elástico -como el aire o el agua- un punto empieza a vibrar, arrastra en su vibración a los puntos próximos que a su vez transmiten a los contiguos. Esta propagación del movimiento vibratorio recibe el nombre de movimiento ondulatorio.

Si por cualquier medio se origina una vibración en el aire se produce un sonido, siempre que la frecuencia de la vibración se encuentre dentro de los límites capaces de causar una impresión en el oído. De hecho, lo que denominamos **sonido** es la forma en que percibimos estas vibraciones.

Figura 3



La vibración de una membrana, por ejemplo el cono de un altavoz, da lugar a una compresión de la masa del aire que es empujada por la membrana; y a una rarefacción o vacío en el mismo medio cuando la membrana se desplaza hacia atrás. Sucesivamente, cada molécula de aire afectada comunica su movimiento a la molécula adyacente, y la vibración se propaga; amortiguándose con la distancia a causa de la pérdida energética causada por el continuo rozamiento de las moléculas en movimiento.

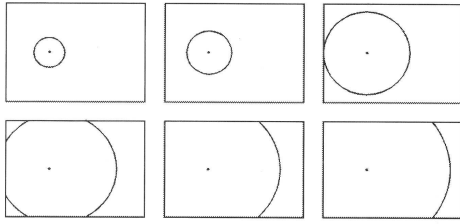
En la figura 3 se muestra la producción de un sonido cuando el cono de cartón de un altavoz se pone a vibrar.

COMO AVANZAN LAS ONDAS SONORAS

Supongamos que llenamos un tanque rectangular con agua, y que se cuenta con un motor de velocidad regulable para poder crear ondas en la superficie del agua.

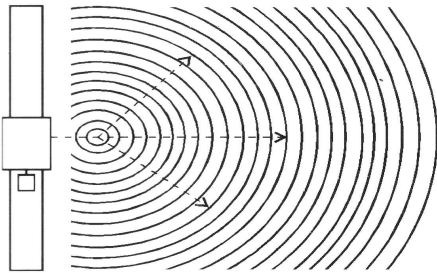
Si se toca la superficie una sola vez con un lápiz, el trazado de la onda tomará la forma indicada en la figura 4. Conforme pase el tiempo, la onda avanza desde el punto donde se inició a velocidad constante, pero su fuerza (el surco que provoca en el agua) disminuye.

Figura 4



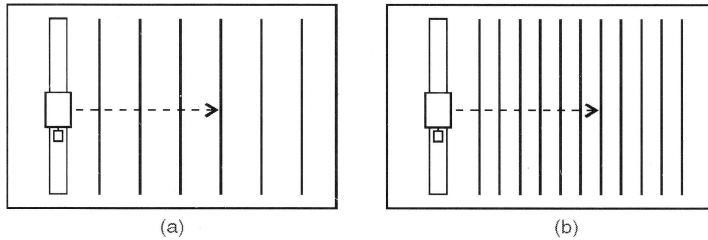
Si se une el lápiz con el motor, ajustándolo para que toque la superficie a intervalos regulares, se obtendrá una corriente de ondas circulares, tal como aparece en la figura 5.

Figura 5



Uniendo una barra al motor el trazado de las ondas es como aparece en la figura 6.a, tienen la misma forma recta que la barra que las ha formado y existe entre ellas idéntica separación.

Figura 6



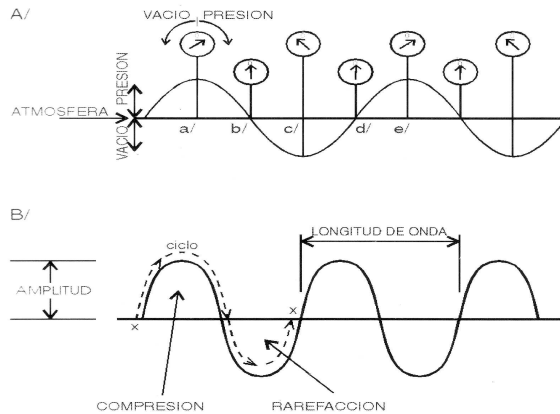
Si se acelera la velocidad del motor (fig. 6.b) las ondas viajan a la misma velocidad que lo hacían antes, ya que el medio es el mismo; pero el número de ondas (la frecuencia) es mayor, esto producirá una distancia entre las ondas más reducida, estarán más próximas entre sí.

PERÍODO, LONGITUD Y FRECUENCIA

Si a una cierta distancia de la membrana de un altavoz que vibre de una forma regular se coloca un galvanómetro, capaz de medir las variaciones de la presión atmosférica, de forma que su aguja indicará el cero para la presión normal en ausencia de vibraciones, se observará lo siguiente: Al vibrar la membrana el aparato nos indicará un aumento de presión en el instante a de la figura 7.A, en el instante b la aguja volverá a cero, en el instante c correspondiente a una depresión o rarefacción del aire registrará una bajada de la presión, regresando de nuevo a cero en d y repitiendo todo el ciclo hasta que cese la vibración en la membrana del altavoz.

Longitud de onda es la distancia que recorre una onda para completar un ciclo, o bien la distancia entre dos zonas del aire que se encuentran en idéntica posición respecto a la curva sinusoidal que representa su movimiento (fig. 7.B). Volviendo al ejemplo de la figura 6, la longitud de onda será la distancia existente entre una onda y la que viene detrás, de forma que la longitud de onda de la figura 6.A será mayor que la de la figura 6.b. Período es el tiempo que tarda una onda en realizar un ciclo completo, y se representa por medio del signo T.

Figura 7



Frecuencia es el número de vibraciones que tiene una onda cada segundo; dicho de otra forma, es el número de oscilaciones completas (abcde) que experimentará el manómetro de la figura 7.A en un segundo de tiempo. La unidad de medida de la frecuencia es el Hertz o ciclo por segundo. Cuanto mayor es la frecuencia de un sonido, más agudo se percibe, y cuanto menor es la frecuencia más grave es este sonido. Atendiendo a estas características, los sonidos se clasifican en graves cuando su frecuencia está entre los 16 y los 360 Hz, en medios cuando la frecuencia está situada entre los 360 y los 1500 Hz, y en agudos cuando su frecuencia está entre los 1500 y lo 20.000 Hz.

Las vibraciones que se hallan por debajo de los 16 Hz no son percibidas por nuestros oídos, y se denominan infrasónicas; mientras que las que su frecuencia sobrepasa los 20.000 Hz reciben el nombre de ultrasónicas, y tampoco son percibidas por el oído humano.

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN

La velocidad de propagación del sonido depende del medio donde éste se origina, y de ciertas condiciones inherentes al mismo, como son la temperatura y la densidad.

Cualquiera que sea la frecuencia de un sonido, viajará por el aire a una velocidad de 343'4 metros por segundo a la presión atmosférica normal (760 mb) y a 20 grados de temperatura. Si la temperatura es de cero grados la velocidad de propagación será de 331'4 mts/sg; es decir, que se reduce según la temperatura a razón de 60 cms por cada grado centígrado menos.

En el agua dulce el sonido viaja a 1430 metros por segundo; mientras que en el agua salada lo hace a 1505 metros por segundo. En ambos casos se supone una temperatura de 15 grados.

La velocidad de propagación del sonido puede considerarse como permanente, cualquiera que sea la intensidad o la frecuencia del mismo; aunque de hecho las frecuencias altas se desplacen algo más deprisa, no hace falta tenerlo en cuenta para hacer cualquier medición o cálculo.

RELACIÓN ENTRE VELOCIDAD, FRECUENCIA Y LONGITUD.

l= LONGITUD DE ONDA (En unidades de longitud)

V= VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN (Longitud/Tiempo)

F= FRECUENCIA (En Hertz = Ciclos/segundo)

T= PERÍODO (Intervalo constante de tiempo)

El período de una onda es inverso a su frecuencia. Por ejemplo, sabemos que una onda sonora tiene una frecuencia de 80 Hz, es decir, que realiza 80 ciclos cada segundo, ¿Qué período tiene esta onda?. Como la frecuencia es el número de veces que se repite la trayectoria en unidad de tiempo:

T = inverso de la frecuencia = 1/80 de segundo

Su período será 1/80 segundo. La relación entre velocidad, longitud de onda y frecuencia se expresa mediante las fórmulas:

$$V = \frac{e \text{ (espacio)}}{T \text{ (tiempo)}} = e \cdot \frac{1}{T} \quad T = e \cdot F$$

Longitud de onda = Velocidad de propagación/Frecuencia

Así por ejemplo, la longitud de onda de un sonido con una frecuencia de 80 Hz. será de:

$$l = 340 \text{ mts/sg} : 80 \text{ ciclos/sg} = 4'25 \text{ mts.}$$

LAS ONDAS REBOTAN Y RODEAN OBSTÁCULOS.

Volviendo al tanque de agua, si la barra toca una vez la superficie se obtendrá una onda recta que se desplaza y cuya trayectoria se puede seguir con facilidad (Figura 8.A). La onda chocará con la barrera recta que se ha colocado a la derecha, y como podía esperarse, los ángulos entre la barrera y la onda (tanto cuando incide como cuando rebota) son iguales.

Si se conecta el motor, la disposición es más compleja, con dos conjuntos de ondas, unas que se aproximan a la barrera y otras que la abandonan después de rebotar (Fig. 8.B)

Figura 8a

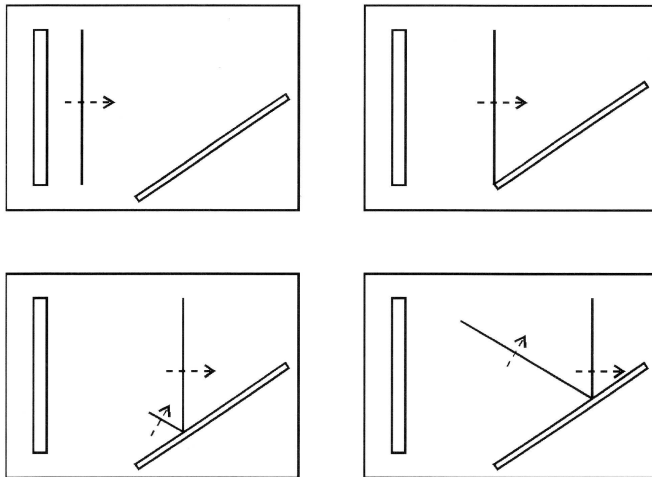
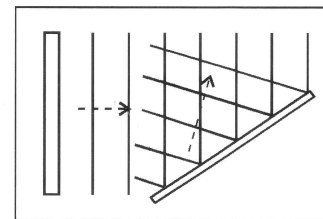


Figura 8b



Cuando se produce un pulso de forma circular, cada parte de la onda rebota en la barrera con el mismo ángulo con que llegó, pero su centro está en algún punto por detrás (Fig. 9); esto significa que el centro virtual de la onda rebotada no coincide con el centro de la onda original. Suponiendo que se tratara de ondas sonoras, y de que hubiera un oyente escuchando en la parte superior del cuadro, éste tendría dificultades para discernir de donde le proviene el sonido, donde está el origen; si bien recibirá primero el impacto sonoro de la onda A (correspondiente al sonido directo) y luego el de la onda B (sonido reflejado).

Figura 9

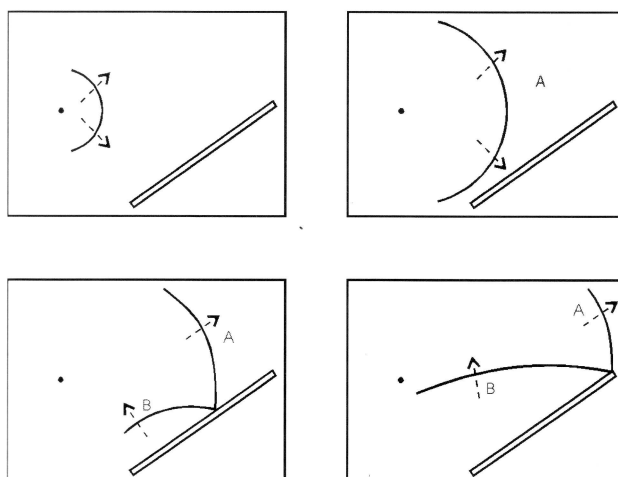
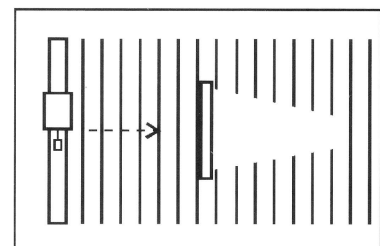
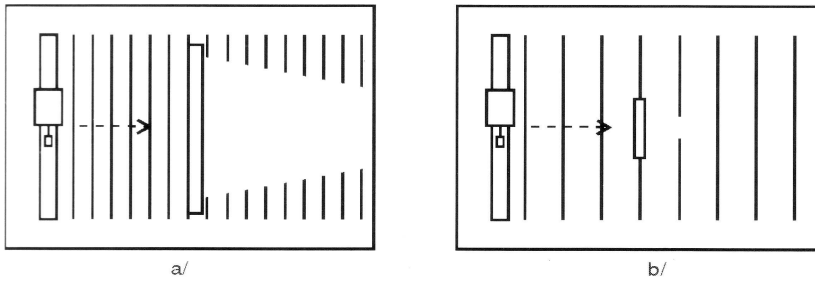


Figura 10



Si hacemos vibrar la barra con el motor, de manera que un buen número de ondas incidían en algún obstáculo colocado en su camino, el resultado será parecido al que aparece esquematizado en la figura 10. Las ondas reaparecen claramente dentro de lo que debería ser un área sombreada, llegando a aparecer completas a cierta distancia del obstáculo, aunque algo debilitadas. La longitud de onda no varía en ningún caso.

Figura 11



Si se emplea un obstáculo de distinto tamaño, y se varía la longitud de onda cambiando la velocidad del motor, se producirán algunos cambios interesantes (Fig. 11). La magnitud crucial que determina como la onda va a rodear el obstáculo es el tamaño del obstáculo comparado con la longitud de onda. Las ondas largas rodean con facilidad los pequeños obstáculos, mientras las ondas cortas no pueden rodear los obstáculos mayores, y en muchos casos tampoco los pequeños.

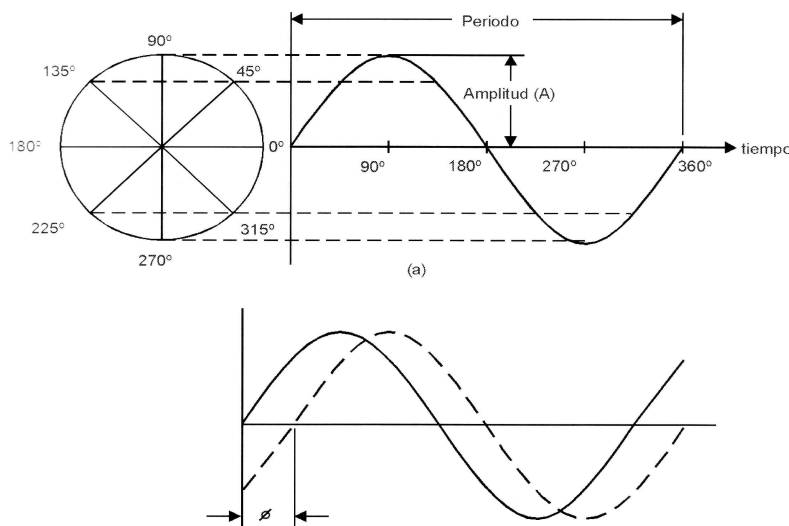
Este efecto es muy claro en el caso de las ondas de radio; para ondas de 1500 metros los edificios y las colinas no representan ninguna dificultad, pero las emisiones de VHF -de unos 2 metros- no pueden rodear fácilmente estos mismos obstáculos.

INTERFERENCIA Y FASE DEL SONIDO

La relación de tiempo de una onda sonora con un tiempo de referencia conocido es denominado fase de esta onda. La fase de una onda sonora se expresa en grados; así, un ciclo completo de una onda senoidal tiene 360 grados.

El tiempo de referencia puede ser escogido de forma arbitraria, tomando un instante cualquiera del ciclo. La figura 12 representa un tipo de señal de audio denominado onda senoidal, que pertenece a un tono puro, es decir una frecuencia fundamental sin armónicos.

Figura 12



La fase de esta onda senoidal está representada en el gráfico en relación con un tiempo de referencia llamado T.0 y se supone que comienza en cualquier momento en que la presión de la onda sonora es nula, que el aire por donde transcurre no está comprimido ni rarificado.

En la figura 13 está representada una señal de audio que entra en un procesador (V in) y tres señales del mismo valor que salen de este procesador (V out). La fase de las señales de salida se toma en relación con la señal de entrada.

Figura 13

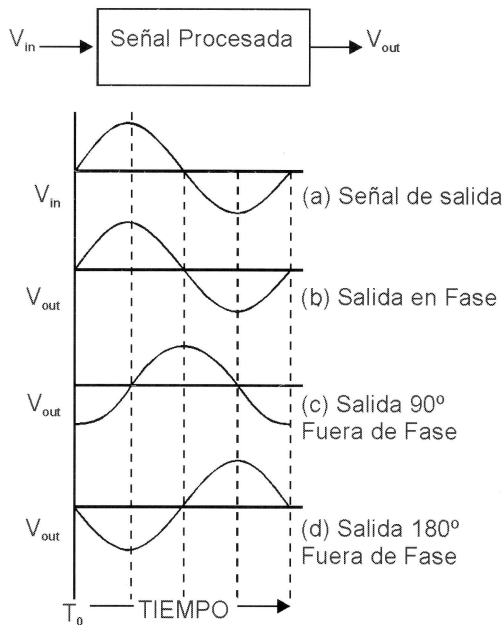
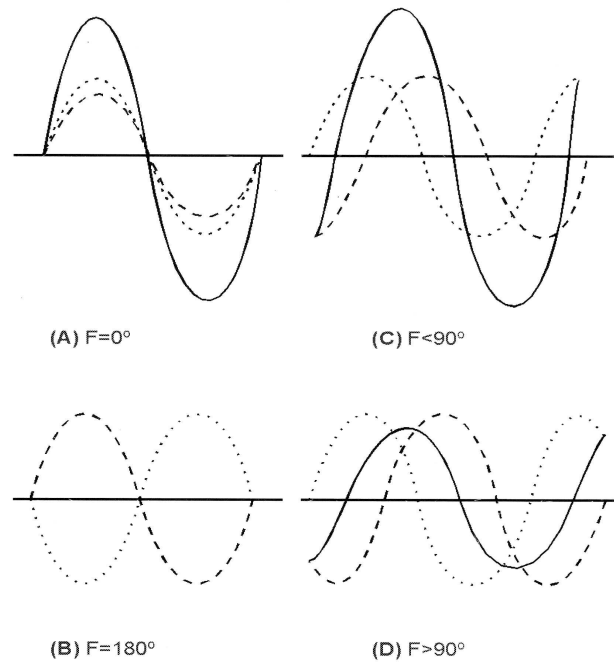


Figura 14



La salida representada en la figura 13 (b) está en fase con la señal de entrada, ambas tienen los momentos de compresión y de rarefacción en el mismo tiempo, y además cruzan la línea de presión cero a la vez.

La salida (c) está situada a 90 grados fuera de fase respecto a la señal de entrada; la onda senoidal cruza la línea de presión cero al tiempo que la onda de entrada registra su valor máximo, estando ambas en la misma dirección. La señal de salida (d) está a 180 grados fuera de la fase respecto a la señal de entrada, ya que si bien ambas señales cruzan la línea de presión cero a la vez, lo hacen en direcciones opuestas. Se produce una interferencias de sonidos cuando dos ondas distintas que se propagan en el espacio se encuentran, y hacen vibrar al tiempo la misma masa de aire. Si las frecuencias respectivas son muy distintas se oirán los dos sonidos a la vez sin que se influyeran mutuamente; pero si la frecuencia de los dos sonidos es la misma, la audición dependerá en gran manera de la fase que mantengan entre si estas ondas.

En la figura 14 se puede comprobar la onda resultante (en trazo continuo) de la suma de dos ondas sonoras que poseen la misma frecuencia (en trazos discontinuos) pero en distinta fase.

Si las ondas de igual frecuencia están en fase (A), el resultado es una onda sonora de la misma frecuencia con una amplitud igual a la suma de las dos amplitudes, lo cual proporciona una audición más fuerte.

Si las dos ondas se encuentran en contrafase (B), la onda sonora resultante llega a anularse si las dos amplitudes son iguales; en cualquier caso disminuye la intensidad de la audición debido a la suma de sus amplitudes respectivas.

En la figura 14 (C) se muestra el desfase comprendido entre 0 y 90 grados, que proporciona una onda resultante de mayor amplitud, aunque sin llegar a ser la suma de las dos amplitudes originales.

Un desfase que esté entre los 90 y los 180 grados (D) reduce progresivamente la amplitud de la onda, y por tanto la intensidad de la audición por debajo de las amplitudes que poseen las ondas por separado.

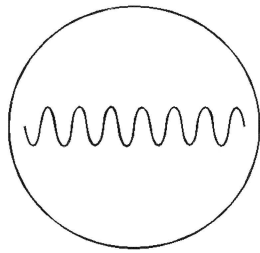
Como resulta evidente, la puesta en fase de dos fuentes sonoras que emiten el mismo sonido o frecuencias tiene una gran importancia en cualquier sistema de amplificación, ya que de ello depende el aprovechamiento íntegro de todos sus componentes.

INTENSIDAD, TONO Y TIMBRE DE UN SONIDO

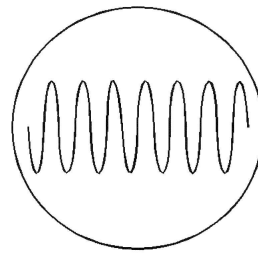
Mediante la ayuda del osciloscopio nos es posible visualizar la forma que poseen las ondas sonoras, ya que este aparato es capaz de transformar las vibraciones eléctricas que recibe (por ejemplo de un micrófono) en ondas visibles, mediante la pantalla que incorpora.

Con un osciloscopio es fácil comprobar la diferencia entre un sonido fuerte y uno débil (fig. 15). El desplazamiento máximo de la onda de la línea central es conocida como amplitud de un sonido. Cuanto más fuerte es el sonido mayor será la amplitud de la onda, lo cual significa que las moléculas de aire se agitan más que con un sonido débil.

Figura 15



Sonido débil



Sonido fuerte

La **intensidad** es una cualidad que os permite clasificar a los sonidos en fuertes y en débiles, y está en función de su amplitud; se puede afirmar que la Intensidad (I) es proporcional al cuadrado de la amplitud sonora. Teóricamente la intensidad es "la cantidad media de energía transportada, por unidad de superficie y por unidad de tiempo"

$$I = \frac{1}{2 \cdot \rho \cdot V} \cdot P^2$$

Siendo

ρ_0 = densidad del aire = 0'00122 gr/cm.

V = Velocidad del sonido en el aire

P = Presión manométrica (Amplitud)

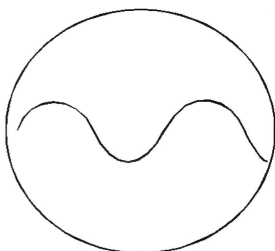
La presión máxima que puede soportar el oído humano está alrededor de 280 dinas/cm², realizando las correspondientes operaciones tendremos que el valor de la intensidad máxima de sonido que podemos percibir es de 10⁻⁴ watt/cm². Alrededor de esta intensidad está el umbral de dolor del oído, sonidos más intensos pueden provocar la rotura del tímpano.

La presión mínima para que un sonido sea audible está a partir de 2.10⁻⁴ dinas/cm²; esta presión corresponde a una Intensidad de: 10⁻¹⁶ watt/cm². y se corresponde con el umbral de audición humano; ya que los sonidos con una intensidad menor no pueden ser percibidos.

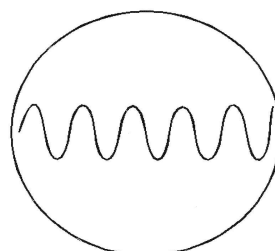
La estrecha relación que guarda la intensidad con la presión es consecuencia directa de las diferencias de presión entre las compresiones y las rarificaciones máximas del aire, por donde se transmite la vibración.

El tono de un sonido tiene su correspondiente magnitud física en la frecuencia del mismo: Si se observa la figura 16 se puede ver que hay más ondas en un sonido agudo que en uno grave. Hay que tener en cuenta, no obstante, que tono y frecuencia no son lo mismo, el tono depende del que escucha, es pues una cualidad subjetiva; mientras que la frecuencia es una cualidad física, y por tanto objetiva.

Figura 16



Sonido grave



Sonido agudo

El **timbre** de un sonido está determinado por el número de frecuencias armónicas que contiene, por esto aunque un violín y un piano emitan la misma nota, distinguiremos con claridad el sonido característico de los dos instrumentos. El número de armónicos que contiene la nota, sus amplitudes relativas y las relaciones de fase entre ellas son las que nos permiten distinguir un instrumento de otro. La naturaleza de la nota que cada instrumento emite nos indica claramente de que instrumento se trata; esto es lo que se conoce como timbre de un sonido.

Si un conjunto de instrumentos diversos tocan la misma nota frente a un micrófono, y se usa un osciloscopio para ver la forma de onda que toma, observaremos ondas distintas que se diferencian en su forma y en su perfil (Fig. 17). Unas toman una forma más plana y redondeada, mientras que otras tienen crestas agudas o formas complejas.

Figura 17

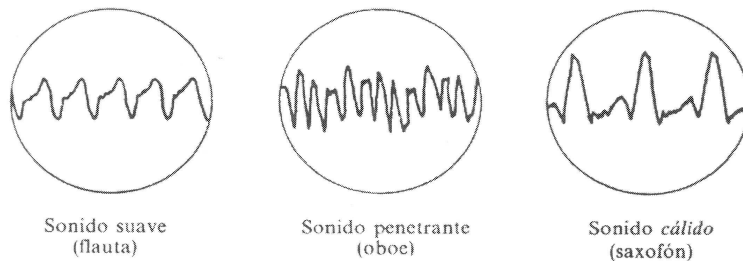
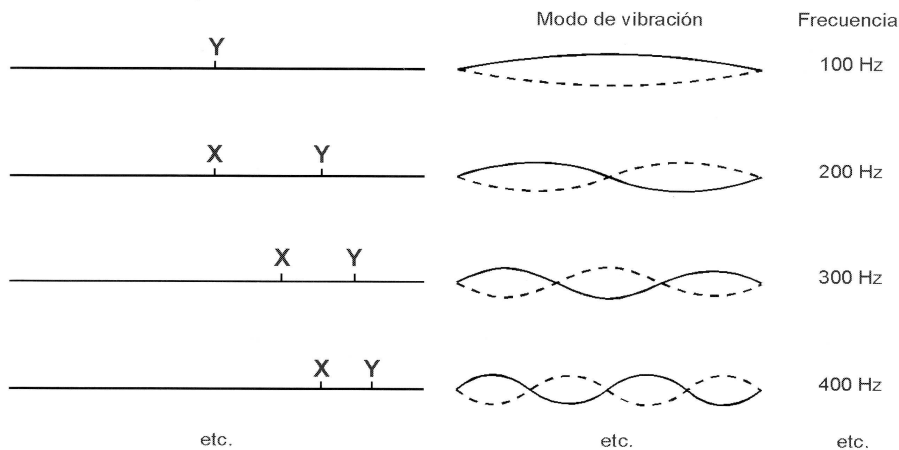


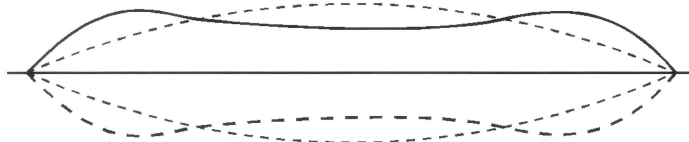
Figura 18



¿Por qué se forman estos picos en las ondas de los instrumentos musicales? La razón es que cualquier objeto vibrante tiene, comúnmente, más de una frecuencia de vibración.

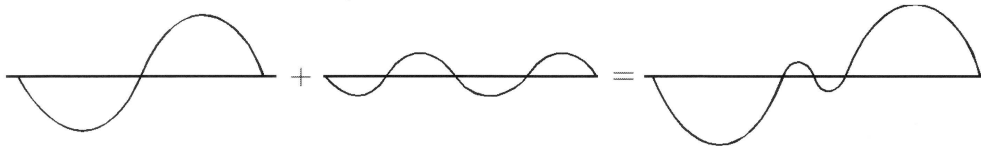
Una cuerda tensada se utiliza, por ejemplo, para emitir sonidos en un violín, un bajo o una guitarra. Para una longitud, un grosor y una tensión fijas esta cuerda puede vibrar de diversas maneras. Puede apretarse en el punto X y pulsarla en el punto Y para cada una de las posiciones que se indica en la figura 18. Una vez pulsada, si se retira el dedo de X la cuerda seguirá emitiendo esta nota hasta que la vibración se detenga.

Figura 19a



Cuando la cuerda se pulsa con una púa o con un arco, ésta vibra en más de uno de los modos que se indican al mismo tiempo. Si vibrara en el primer y tercer modo, esta cuerda vibraría como se muestra en la figura 19A, donde la frecuencia más alta constituye el armónico de la más baja o fundamental. En este caso concreto el armónico tiene una frecuencia triple que el fundamental, y la onda resultante es la que se obtiene al sumar estas ondas (Fig. 19B). Si se añaden todos los distintos armónicos a la frecuencia fundamental en la proporción debida, se pueden obtener las formas de onda que se deseen. Esto es lo que realizan los sintetizadores electrónicos, que permiten escoger combinaciones de frecuencias para imitar el sonido de los instrumentos.

Figura 19b

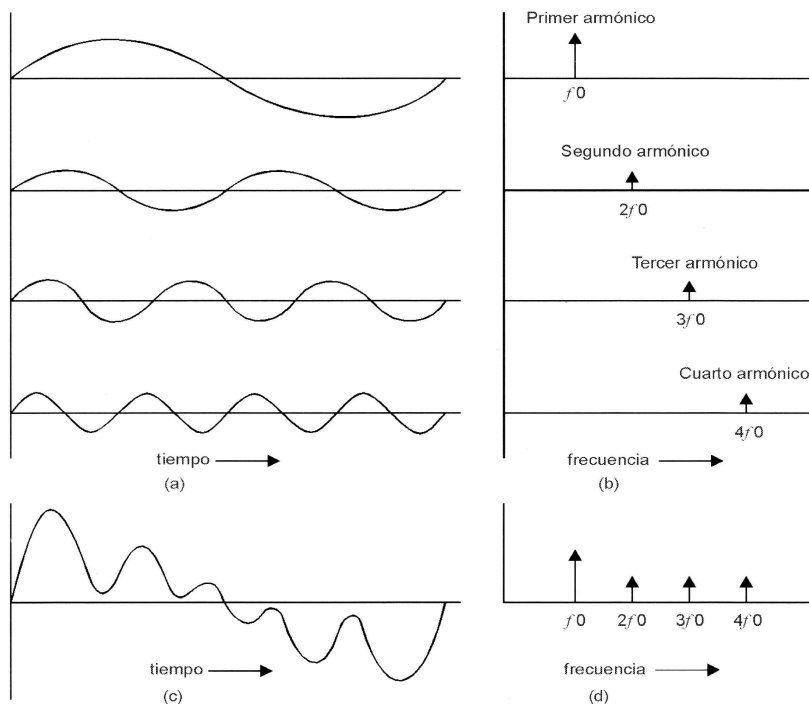


ARMÓNICOS

Todo sonido musical que escuchemos está compuesto de ondas senoidales con diversas frecuencias y amplitudes. Estas ondas determinan la forma del sonido, y la relación entre estas frecuencias y amplitudes determina el timbre de este sonido.

Cuando una nota musical está compuesta con distintos tonos, la forma de la onda es el resultado de combinar cada una de las ondas que tendrían estos tonos por separado, con su frecuencia, fase e intensidad correspondiente. A estas ondas senoidales se les llama **armónicas**, y sus frecuencias están relacionadas entre sí, ya que todas ellas son múltiplos del primer armónico, denominado armónico fundamental.

Figura 19c

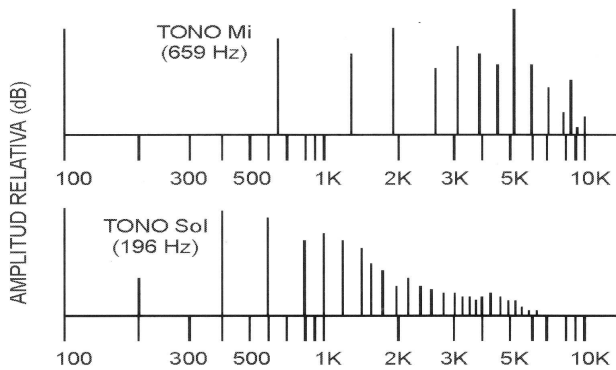


Por encima del armónico fundamental -o primer armónico- se encuentran el resto de tonos que componen la nota, siendo todas sus frecuencias múltiplos de la fundamental (fig 19c). Si el primer armónico tiene, por ejemplo, una frecuencia de 250 Hz, los armónicos que le siguen tendrán unas frecuencias de 500 Hz, 750 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, etc. A medida que la frecuencia de los armónicos se incrementa, la amplitud de éstos suele ir decreciendo, de forma que los armónicos que tengan unas frecuencias más elevadas tendrán un nivel muy inferior al del primer armónico; pero no en todos los casos es así.

Algunos armónicos pueden tener la misma intensidad que el armónico fundamental, el sonido obtenido tendrá un timbre áspero e hiriente, como sucede con algunas notas que da un oboe o un clarinete.

En la figura 20 se puede observar un gráfico con los diversos armónicos que contienen dos cuerdas de un violín pulsadas al aire. En la parte superior el espectrograma reproduce los armónicos de un Mi5 (659 Hz), mientras que en la parte inferior los armónicos pertenecen a un Sol3 (196 Hz). En éste caso los armónicos de la nota con un armónico fundamental más bajo están más cercanos unos de otros.

Figura 20



Es gracias a los armónicos que podemos distinguir entre un instrumento y otro. Cuando en dos instrumentos (por ejemplo un piano y un fagot) se está pulsando una misma nota, podemos reconocer su procedencia debido a los armónicos distintos que acompañan a la fundamental, que en ambos casos tiene el mismo valor.

Así pues, la textura del sonido emitido por un instrumento musical está relacionada con la calidad de los armónicos que emite. La diferencia que pueda haber entre dos instrumentos proviene de la distinta capacidad que tienen sus armónicos para resonar.

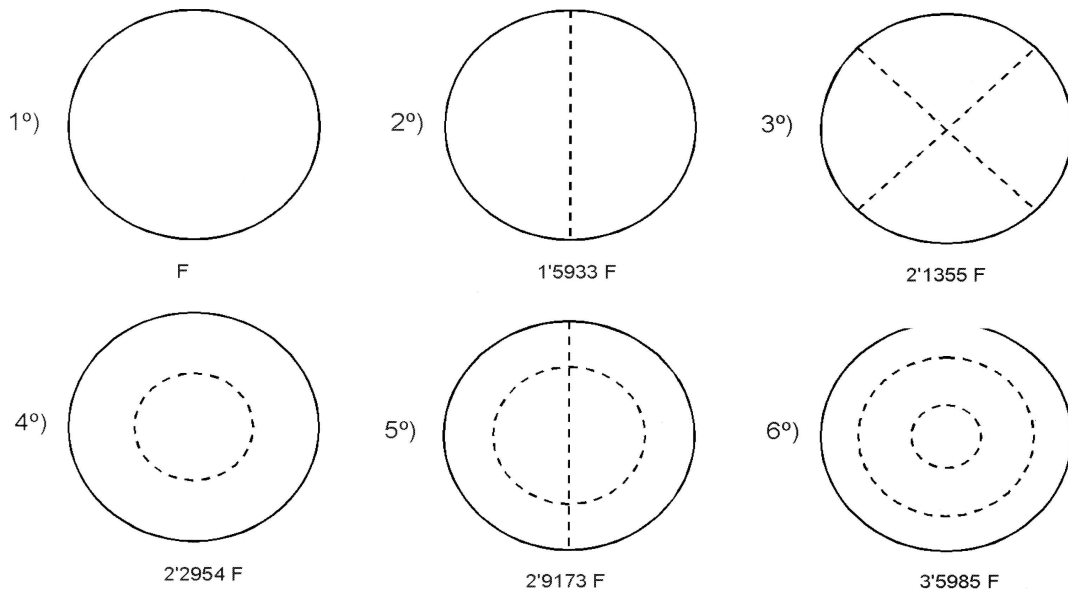
VIBRACIONES DE PLACAS Y MEMBRANAS.

En algunos instrumentos los armónicos que componen las notas musicales no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. La mayor parte de instrumentos de percusión obedece a esta premisa.

Si se golpea en un punto de una membrana tensa, como puede ser un tambor, una perturbación de dos dimensiones se propaga desde el punto donde se ha golpeado y se refleja repetidamente en el borde de la membrana. Cuando esta membrana vibra hay un cierto número de armónicos presentes.

La frecuencia propia de cada forma de vibración se dan en función de la frecuencia fundamental (F).

Figura 21



En la figura 21 se puede comprobar cual será el valor que tomarán las distintas líneas de vibración en un hipotético tambor. Se observará como las frecuencias de los armónicos no son múltiplos de F; así que, en realidad, no se comportan como tales armónicos. Si se da a la fundamental un valor de 200 Hz, el cuarto armónico tendría que tener un valor que fuera múltiplo entero del fundamental, pero (como se puede ver en la ilustración) el valor que tomará será de: $200 \text{ Hz} \cdot 2'2954 = 459'08 \text{ Hz}$.

La mayoría de instrumentos de percusión -tambores, platillos, vibráfonos, campanas- tiene este comportamiento irregular con los armónicos que emiten.

LAS FRECUENCIAS MUSICALES.

En comparación con la amplia gama de sonidos audibles, la voz humana cubre una gama de frecuencias relativamente estrecha, que va de los 100 Hz a los 6 KHz (6000 Hz). Dentro de esta gama, el mayor peso lo contienen las frecuencias que están por debajo de 1 KHz, de forma que un 80% de la energía total de la voz humana se concentra en las frecuencias inferiores a los 500 Hz.

El contenido de altas frecuencias en el habla es muy reducido, no obstante la mayor parte de la energía empleada en las consonantes se encuentra por encima de 1 KHz, por lo tanto una pérdida en la reproducción de las altas frecuencias puede afectar notablemente la inteligibilidad del mensaje hablado.

Como valores mínimos, la gama de frecuencias necesaria para reproducir la voz humana se encuentra entre los 300 Hz y los 3500 Hz, siendo ésta la respuesta en frecuencias de un receptor telefónico normal.

Como norma general, la inteligibilidad de la palabra puede mejorarse añadiendo una mayor presencia -mediante el uso de algún sistema ecualizador- a todas las frecuencias comprendidas entre los 2 kHz y los 6 kHz.

Los sistemas de amplificación sonora requieren, para sus aplicaciones en directo, una alta fidelidad en la reproducción de las voces. Por éste motivo deben ser capaces de obtener una respuesta plana entre los 100 Hz y los 8 kHz. En ocasiones, un incremento de las frecuencias altas de la voz (de 2 a 6 kHz) puede mejorar su nitidez, pero se corre el peligro de provocar, mediante este incremento, la realimentación acústica. Por esto aumentar la ganancia en estas frecuencias debe realizarse siempre con cautela, cuando se esté trabajando en directo.

En la figura 4a del capítulo 2, donde se habla de Acústica, están los márgenes de frecuencia de diversos instrumentos musicales y de la voz.

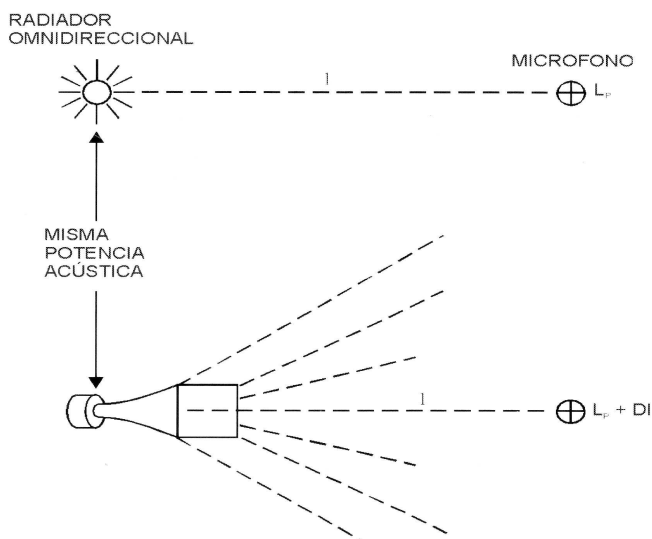
Las señales musicales ofrecen una mayor dificultad para ser reproducidas que las voces, ya que su gama de frecuencias es mucho más amplia. La alineación de los tonos y las potencias de las señales que componen un pasaje musical dependen del estilo instrumental que se emplee, de los instrumentos que formen parte, de los arreglos musicales, del tipo de producción que se emplee, etc. Algunos estilos musicales, por ejemplo, dependen en gran parte de que la energía sonora situada entre los 20 Hz y los 100 Hz sea reproducida con toda su intensidad; en cambio, estas mismas frecuencias están ausentes en otros estilos musicales.

Por este motivo, el profesional que pone a punto cualquier sistema de amplificación debe aprender a usar sus orejas, para analizar cuidadosamente el material musical y aplicar las necesidades que este material conlleva al sistema de potencia.

La habilidad para efectuar correctamente esta función se adquiere después de una larga escucha con varios sistemas de sonido, y empleando diferentes fuentes musicales que contengan toda la gama de frecuencias.

DIRECTIVIDAD DE LAS FUENTES DE SONIDO

Figura 22



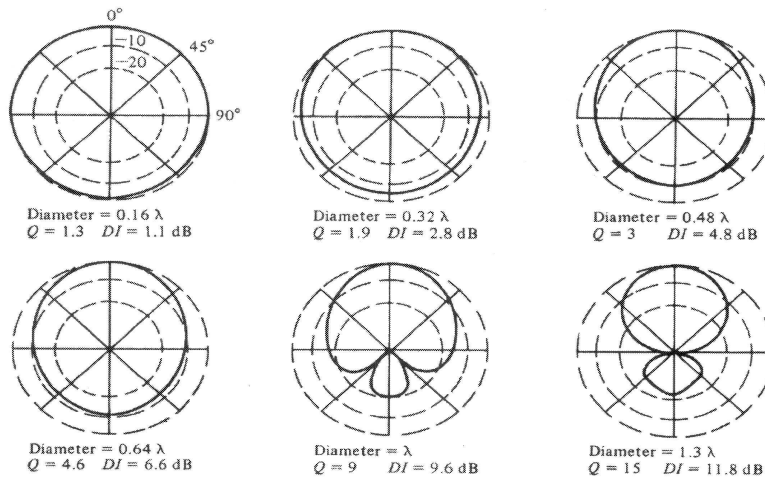
Aunque normalmente no se usa este término cuando se habla de instrumentos musicales, ID describe la tendencia que tienen la mayor parte de fuentes sonoras de radiar su energía, con preferencia, en una

dirección determinada. En la figura 22 puede verse ilustrado este concepto; el índice de directividad (ID) y el factor de directividad (Q) pueden hallarse mediante el uso de estas ecuaciones:

$$ID = 10 \log Q \quad Q = (10)$$

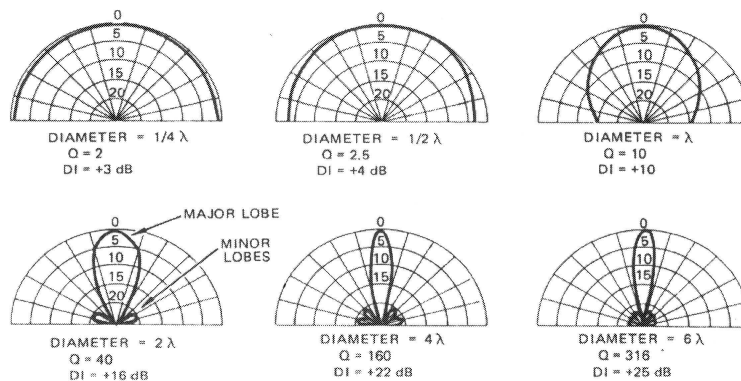
La figura 23 muestra la directividad característica de la vibración de un pistón dentro de un tubo, una situación que se corresponde aproximadamente con la radiación sonora de un instrumento de metal. Como se puede comprobar, la directividad está en función de la longitud de onda (λ), relacionada con el diámetro del pistón.

Figura 23



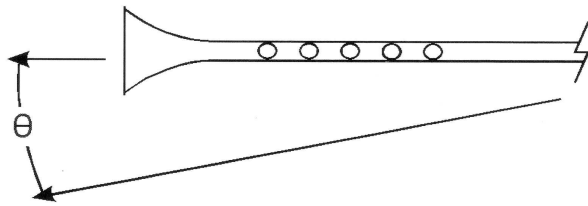
La figura 24 permite comprobar las características direccionales de las vibraciones de un pistón montado en un muro o en una caja; unas características que se corresponden con bastante exactitud a muchos altavoces de monitor. Nótese que cuando el diámetro del pistón -o del altavoz- es idéntico a la longitud de onda emitida, su radiación es limpiamente direccional (ID=10dB), pero no se observan los pequeños lóbulos laterales que aparecen cuando el diámetro del altavoz es mayor que la longitud de onda emitida.

Figura 24



La direccionalidad de los instrumentos de viento es muy compleja, ya que depende en cada momento de la llave que el músico está apretando. En la figura 25 se muestra la compleja radiación de unos instrumentos de madera, siendo el ángulo 0 el que corresponde al eje del instrumento y f_c la frecuencia de corte del mismo. Es fácil comprobar como cambia la radiación acústica de un instrumento según la frecuencia que está emitiendo y según el ángulo. Así por ejemplo, si se trata de registrar el sonido de un clarinete bajo, que tiene una frecuencia de corte de 1 kHz, habrá que colocar el micro a 75 grados del eje si se desea captar sin pérdidas esta frecuencia, mientras que para una frecuencia de 4 kHz. (cuatro veces la f_c) la colocación idónea será en el mismo eje. En la práctica, se busca una posición intermedia que permita una buena captación de todas las frecuencias.

Figura 25



Angulo (θ):	a fc:	a 4/3 fc:	a 2 fc:	a 4 fc:
0°	-40 dB	-7.4 dB	-2 dB	0 dB
±15°	-26	-5.6	-1	-1
±30°	-20	-2	0	-8
±45°	-6.5	0	-7	-18
±60°	-2	-2.5	-14	-18
±75°	0	-10	-16	-18
±90°	-2.5	-14	-20	-18
±105°	-8.5	-14	-26	-26
±120°	-14	-14	-26	-26

Los instrumentos de cuerda también presentan unas características direccionales complicadas; las bajas frecuencias son emitidas por el mismo cuerpo del instrumento, por su propia caja, y tienden a desplazarse en todas direcciones. En las frecuencias medias el sonido es radiado con preferencia desde la perpendicular a la caja del instrumento, mientras que las frecuencias agudas se recogen con más intensidad en la zona cercana al puente.

Todo ello nos demuestra que la correcta colocación de la microfónica, y el buen conocimiento de los instrumentos a sonorizar, son condiciones indispensables para conseguir el sonido que se desee en cualquier sistema de amplificación. Ir variando la posición de la microfónica alrededor del eje de un instrumento hará que el sonido obtenido sea más suave o más estridente; el músico y el técnico deben conocer las características direccionales de los instrumentos con que trabajan, para lograr un sonido acorde con sus gustos.

EL DECIBELIO, DEFINICIÓN

El decibelio (dB) describe siempre una relación entre dos magnitudes, una de las cuales es la que se emplea como referencia. Según cual sea la magnitud que se mide, el valor de esta relación puede tener significados muy diversos.

La razón por la cual se usa el dB para varios tipos de medida es por el carácter logarítmico que posee, y que permite utilizar menor cantidad de números para expresar valores que, de otra forma, precisarían de muchas cifras.

Por otro lado nuestra sensibilidad auditiva tiene un comportamiento logarítmico; por ello, cuando se realizan mediciones en dB las cifras que se obtienen guardan una relación más cercana con nuestra sensibilidad auditiva que si se hiciera con otras unidades de medida.

Un decibelio es la décima parte de un Bel. Un Bel equivale al logaritmo de una relación entre dos magnitudes acústicas, eléctricas, o de cualquier otro tipo. Así para expresar la relación entre dos potencias medidas en vatios - P₀ y P₁ - utilizando Bels tendríamos:

$$\text{Bel} = \log (P_1/P_0)$$

El decibelio es más adecuado que el Bel para utilizar en todo tipo de medidas relacionadas con los sistemas de sonido, ya que la secuencia de valores que proporciona es más natural.

Para expresar la misma relación entre dos potencias, pero usando ahora el decibelio, escribiremos:

$$\text{dB} = 10 \cdot \log (P_1/P_0) \text{ Siendo } P_0 \text{ la magnitud de referencia.}$$

Cuando se trata con logaritmos en general cualquier número puede ser usado como base, pero cuando se efectúan cálculos con decibelios en cuestiones de audio la base que se suele utilizar es 10.

No es imprescindible tener un conocimiento claro del sistema logarítmico para operar con decibelios; lo que es importante entender es que un logaritmo describe la relación entre dos potencias, y no el valor absoluto de esta potencia. Como demostración vamos a resolver este problema: ¿Cuál es la relación, en dBs., entre 2 vatios y 1 watio?

$$\begin{aligned} \text{dB:} &= 10 \cdot \log. (P_1/P_0) \\ &= 10 \cdot \log. (2/1) \\ &= 10 \cdot \log. 2 \end{aligned}$$

Si se usa una calculadora o unas tablas se vera que el logaritmo de 2 es 0,301. Entonces:

$$\text{dB} = 10 \cdot 0,301 = 3,01$$

La relación entre 2 watios y 1 watio es de 3,01 decibelios.

De la misma forma se podrá resolver esta otra cuestión: ¿Cuál es la relación entre 100 watios y 10 watios, expresada en dBs.?

$$\begin{aligned} \text{dB} &= 10 \cdot \log. (P_1/P_0) \\ &= 10 \cdot \log. (100/10) \\ &= 10 \cdot \log. 10 \end{aligned}$$

Usando, otra vez, la calculadora o las tablas hallaremos que el logaritmo de 10 es 1:

$$\text{dB} = 10 \cdot 1 = 10$$

Esta relación, medida en dB, será de 10 dB. Con estos dos problemas prácticos se ponen de manifiesto dos interesantes aspectos que resultan al utilizarse el dB como unidad de relación entre potencias:

- Siempre que una potencia es el doble de otra, tendrá 3 dB más.
- Siempre que una potencia es diez veces mayor que otra, tendrá 10 dB más.

Estos dos enunciados se aplican siempre que se usan dB para expresar potencias eléctricas.

El decibelio puede también ser utilizado para expresar relaciones de voltaje; en éstos casos la relación entre dos valores no será la misma que se aplica a las potencias. Como la potencia eléctrica es proporcional al cuadrado de la diferencia de tensión, la relación en dB entre dos voltajes será el doble de la que tiene para las potencias, resultando:

$$\text{dB voltios} = 20 \cdot \log (E_1/E_0)$$

Donde E_0 es el voltaje de referencia y E_1 es el voltaje que se considera. Cuando se trata de tensiones, las relaciones en dB siguen estas normas:

- Siempre que una tensión es el doble de otra, tendrá 6 dB más.
- Siempre que una tensión es diez veces mayor que otra, se incrementará en 20 dB.

Así por ejemplo: ¿Cuál es la relación en decibelios entre dos tensiones eléctricas de 100 voltios y de 10 voltios?

$$\begin{aligned} \text{dB voltios} &= 20 \cdot \log (E_1/E_0) \\ &= 20 \cdot \log (100/10) \\ &= 20 \cdot \log 10 \\ &= 20 \text{ dB} \end{aligned}$$

Tabla A

Valor de Potencia	Nivel en dB (Relative a 1 Watt P_0)
1	0
10	10
100	20
200	23
400	26
800	29
1.000	30
2.000	33
4.000	36
8.000	39
10.000	40
20.000	43
40.000	46
80.000	49
100.000	50

Tabla B

Valor de Potencia	Nivel en dB (Relative a 1 Watt P_0)
1.0	0
1.25	1
1.6	2
2.0	3
2.5	4
3.15	5
4.0	6
5.0	7
6.3	8
8.0	9
10.0	10

La misma relación que existe entre dos tensiones eléctricas es aplicable a la relación entre intensidades eléctricas. De hecho todas las relaciones de dB que tengan el 20 como multiplicador del logaritmo seguirán el mismo comportamiento de las relaciones entre voltajes. Las que se exponen en las tablas A y B son las más usuales.

Las relaciones de dB que tengan el 10 como multiplicador del logaritmo tendrán, por otro lado, el mismo comportamiento de las relaciones entre potencias eléctricas:

NIVELES ABSOLUTOS Y RELATIVOS

La clave del concepto del dB en si mismo es que no posee un valor absoluto, ya que éste siempre viene dado por la unidad de referencia a que se refiera; y tomará el valor de "0 dB". El número de dB por encima o por debajo del valor de referencia puede ser usado para describir un valor específico. Veamos dos ejemplos para ilustrar este concepto:

"La mesa de mezclas tiene un nivel máximo de salida de +20 dB".

Sólo con estos datos no es posible determinar el valor absoluto que posee la salida de la mesa, ya que no está especificado el valor de referencia para 0 dB, es imposible determinar el valor absoluto de +20 dB.

"La mesa de mezclas tiene un nivel de salida máximo de +20 dB sobre 1 milivatio".

En este caso se puede afirmar que la mesa puede entregar en su salida 100 milivatios. ¿Cómo se ha hallado este valor? Sabemos que siempre que una potencia es 10 veces mayor que otra tendrá 10 dB más; así con un nivel de +10 dB la potencia se incrementará de 1 mW a 10 mW, mientras que al aumentar 10 decibelios más hasta llegar a los +20 dB se incrementará otras 10 veces, pasando de 10 mW a 100 mW.

En la tabla A se puede observar las relaciones entre potencias, comparadas con el nivel en decibelios. Para encontrar valores más reducidos podemos consultar en la tabla B.

NIVELES DE SEÑAL EN DECIBELIOS.

dBm. Este término expresa el nivel de potencia eléctrica, y su nivel de referencia es de 1 milivatio. El dBm no está directamente relacionado con la impedancia o con el voltaje de línea.

El circuito de referencia para medir el dBm está formado por un circuito con una tensión de 0'775 V con una resistencia de línea de 600 ohmios; cuando en este circuito existe un mW de potencia se afirma que su nivel en dBm es 0. Veamos un ejemplo:

"Un mezclador tiene un nivel de salida máximo de +20 dBm sobre 600 ohmios".

En este caso nos dan la información adicional sobre la resistencia de la línea, que coincide con la nominal. Para hallar el voltaje de salida de la mesa, a +20 dB, habrá que tener en cuenta las relaciones de tensión, una de las cuales nos indica que siempre que una tensión es diez veces mayor que otra se incrementa su relación en 20 dB. Por consiguiente el nivel de voltaje a la salida del mezclador será de : $0'775 \text{ V} \cdot 10 = 7'75 \text{ V}$.

dBu. Las modernas unidades de audio indican su sensibilidad referida a los niveles de voltaje. La potencia de salida sólo es considerada en el caso de las etapas de potencia, donde la cantidad de dB en vatios es el nivel que más interesa.

La relación dBu es la más apropiada para expresar el voltaje de entrada y de salida. Esta diferencia de tensión es equivalente a la que se usa para el dBm, donde la carga eléctrica se disipa sobre una Resistencia de 600 ohmios. No obstante el valor del dBu no depende de la carga: 0 dBu son siempre 0'775 voltios.

El valor en dBu está especificado en todas las unidades de audio, y debe evitarse el confundir este valor con cualquier otra relación de voltaje, como pueda ser el dBV. Ejemplo:

"El nivel máximo de salida en una mesa es de +20 dBu sobre 10 Kohms de impedancia".

En el ejemplo anterior se calculaba que el voltaje de salida para +20 dBm era de 7'75 V. Pero ahora nos hallamos con una diferencia significativa, ya que la impedancia de carga de este problema es de 10.000 ohmios, mientras en el problema anterior era de 600 ohmios. De todas formas, si esta mesa se conecta a su salida con unidades que trabajen a 600 ohmios, habrá una caída de voltaje, la distorsión tomará valores elevados, y hasta existe el peligro de quemar los circuitos de la misma mesa.

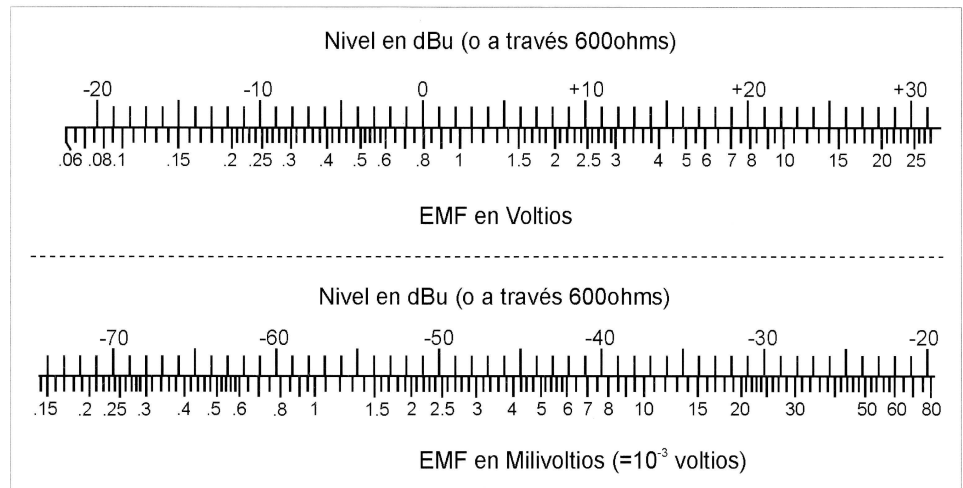
En la figura C se muestra un gráfico que muestra las equivalencias de los niveles dados en dBu (o en dBm sobre 600 ohmios) con los voltajes.

dBV y dBu. El término dBu es bastante reciente, y durante varios años la referencia de voltaje fue el dBV, siendo 0 dBV=1 voltio. Al mismo tiempo se utilizaba el término dBv, donde la relación es: 0 dBv=0'775 V. El término dBv puede confundirse con dBm, ya que ambos poseen un mismo voltaje de referencia; pero en el término dBm se especifica que la resistencia es de 600 ohmios, mientras en dBv no está especificado. Si se trata básicamente de voltaje, es posible efectuar la conversión de dBV en dBu (o en dBm si es sobre 600 ohmios) añadiendo 2'2 dB al valor que tengamos de dBV. Para convertir dBu en dBV se opera de forma inversa, restando 2'2 dB del valor que tengamos en dBu.

RELACIÓN ENTRE dBV, dBu Y dBm.

En muchos productos, las entradas de jack y también las salidas están especificadas en dBV (referencia 1 voltio), ya que éste es el estándar utilizado para estas aplicaciones. Cuando se trata de los niveles de salida en conectores canon (XLR), los niveles suelen venir especificados en dBm (referencia 1 mW) o en dBu (0'775 V).

Figura C



Usualmente los niveles de línea en las entradas y salidas para conector tipo jack están preparados para trabajar con impedancias elevadas, y su nivel específico suele tener valores como -10 dBV, por ejemplo. Estos valores han sido usados durante muchos años por toda la industria del sonido de consumo.

Los niveles de línea para las entradas y salidas de los conectores XLR están pensados para ser usados con unidades de alta o de baja impedancia. El nivel nominal de estas líneas suele tener unos valores como +4 dBm ó +8 dBm, que son característicos de los sistemas de amplificación profesionales o de los equipos de broadcast.

Una salida de baja impedancia puede conectarse con una entrada que tenga una impedancia mayor, sin que se cause una variación importante en el nivel de la señal de audio. Pero si se trata de una salida de alta impedancia, y se conecta con una entrada de baja impedancia, puede resultar la línea sobrecargada, incrementándose la distorsión y obteniendo un nivel de señal muy pobre. En este último caso parte del equipo puede quedar dañado, así que es importante leer las especificaciones relativas a estos niveles detenidamente, y obrar en consecuencia.

NIVELES DE POTENCIA EN DECIBELIOS

El término nivel sonoro se refiere normalmente al nivel de presión sonora, aunque también puede indicar la potencia de un sonido.

Cuando se efectúan mediciones es importante establecer el significado de cada concepto. Así, la potencia sonora nos indica la energía sonora total que irradia un altavoz en todas direcciones; mientras que la presión sonora nos indica el nivel de presión que se recibe en un área determinada.

dB SPL. Se utiliza para medir el nivel de presión sonora sobre un área determinada, siendo 20 el multiplicador del logaritmo, ya que la presión sonora es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Así P₀ es la presión de referencia (0'0002 dina/cm.) y P₁ el nivel de presión que se compara:

$$\text{dB SPL} = 20 \cdot \log(P_1/P_0)$$

Con este multiplicador sabemos que cuando una presión es el doble de otra, aumentará su valor en 6 dB; y que cuando la presión es diez veces mayor el aumento será de 20 dB.

El decibelio SPL puede ser tomado como unidad de referencia para mediciones de sonoridad en cualquier espacio, ya que el nivel 0 dB SPL coincide con el umbral de audición humano, y representa la presión

mínima necesaria para experimentar la sensación sonora entre 1 kHz y 4 KHz (Las frecuencias a las que el oído es más sensible).

De todas formas, a nivel práctico y sin necesidad de efectuar ecuaciones, se pueden tomar como base estas relaciones entre presión y decibelios SPL:

- Un incremento de **3 dB** equivale al cambio de presión necesaria para que el oído perciba un ligero aumento del volumen sonoro; y para lograr este incremento se precisa doblar la potencia de las etapas de amplificación.

- Un incremento de **6 dB** significa una relación de 2 a 1 en decibelios SPL; y a nivel auditivo se percibe un aumento del volumen, pero sin que llegue a ser el doble.

- Para incrementar un programa musical en **10 dB** será necesario aumentar diez veces la potencia de amplificación; pero sin embargo, a nivel auditivo, será percibido como si sonara al doble del volumen anterior.

dB PWL. Sirven para representar la potencia acústica que comúnmente viene indicada en vatios. El multiplicador del logaritmo es 10, al igual que otras ecuaciones que expresan relaciones de potencia:

$$\text{dB PWL} = 10 \cdot \log (P_1/P_0)$$

La potencia acústica en dB PWL se utiliza cuando se trata de comprobar la eficiencia de un sistema de altavoces, o cuando se efectúan cálculos de reverberación en recintos cerrados; pero se usa muy raramente en cálculos que impliquen conocer el rendimiento de todo un sistema, para esto se usa preferentemente el dB SPL.

Si trabajamos tomando como base vatios acústicos, en lugar de vatios eléctricos, se pueden usar los valores dados en las tablas A y B para sumar o restar decibelios PWL. De todas formas conviene tener claro que el dB PWL es una relación de potencia acústica, mientras que el dB W es una relación de potencia eléctrica.

EXTENSIÓN DINÁMICA

Se llama extensión dinámica -o rango dinámico- a la diferencia, en decibelios, entre la parte más fuerte y la más silenciosa de un programa musical. A menudo la parte más suave de un programa puede quedar tapada por el ruido de ambiente; en éstos casos la extensión dinámica es la diferencia entre el trozo más alto del programa musical y el ruido de fondo, medida en dB.

Dicho de otra forma, el rango dinámico define la distancia entre los niveles de un programa sonoro.

El conocimiento de la extensión dinámica es aplicable a los sistemas de amplificación en potencia. Cada sistema tiene un ruido de fondo propio, que suele estar provocado por sus propios componentes electrónicos. El rango dinámico de un sistema de sonido es igual a la diferencia entre el nivel de salida máximo que el sistema puede entregar y el ruido de fondo que genera el propio sistema.

El nivel de sonido ante un micrófono puede tener una extensión de 90 decibelios; ésta es la distancia entre el ruido de fondo, que puede estar a 35 dB (murmullo del público, ruido de viento, tráfico), y una señal muy intensa que da 125 dB (el cantante gritando pegado al micro). Estos 90 dB de extensión dinámica son los que entrega el micrófono, no los que pueda dar el sistema de amplificación.

De hecho, el nivel de la señal eléctrica que proporciona un sistema de amplificación es proporcional al nivel de presión sonora que entregan los micrófonos. Este nivel eléctrico depende de la sensibilidad de los micros, de la ganancia de los canales de la mesa, de la potencia que entreguen las etapas, y de todos los elementos que intervienen en la cadena de amplificación. En ningún caso la extensión dinámica de un sistema será superior al rango dinámico que los micrófonos puedan entregar.

En nuestros días, los niveles de sonido que se dan en los conciertos pueden llegar a niveles muy elevados, ya que contamos con etapas y altavoces capaces de suministrar más de 130 dB SPL; así que el punto más alto del rango dinámico puede calcularse en función de la capacidad efectiva de los altavoces para reproducir altas potencias, y también de la distancia que exista entre el público y los altavoces.

ACÚSTICA MUSICAL

Es innegable que uno puede sorprenderse cuando se entera, a ciencia cierta, de que nuestros órganos auditivos nos engañan **siempre**, ya que la intensidad sonora que percibimos suele ser muy superior a la que existe en realidad.

También puede causar curiosidad, el hecho demostrado de que nuestros oídos presentan una notable preferencia para escuchar ciertos tonos; mientras que para enterarse de la presencia de otros tonos es preciso que sean muy intensos, en comparación con los primeros.

Es decir, nuestros apreciados órganos auditivos discriminan claramente unas frecuencias sonoras, mientras que favorecen descaradamente a otras.

Puede que algún espíritu sensible quede perplejo al enterarse de que además, nuestros propios oídos van por ahí generando sonidos que sólo ellos pueden percibir, ya que de hecho no existen en la onda sonora real. O sea que nos engañan sin nuestro consentimiento expreso, y lo que es peor, sin que podamos hacer nada para evitarlo. Pero no desesperemos, ya que debido al progreso de los ruidos a escala planetaria los humanos estamos perdiendo, día a día, la capacidad para detectar sonidos muy sutiles; y cada vez son más frecuentes los casos detectados de sorderas parciales.

Así que, probablemente, en un futuro ya muy próximo todos estaremos medio sordos. Entonces cuando alguien se jacte delante nuestro de «tener un buen oído», podremos darnos el gustazo de enviarle -sin disimulos- a hacer puñetas (alzando mucho la voz para que se entere, claro).

- ACÚSTICA -

SENSIBILIDAD DEL OÍDO.

Diversos experimentos realizados han demostrado que los límites de la percepción de presiones sonoras por parte de nuestro oído, y dentro de las frecuencias medias, van de un mínimo de 0'0002 microbares a un máximo de 2.000 microbares. El microbar es una medida de presión que equivale a la fuerza ejercida por una dina sobre un centímetro cuadrado de superficie, lo cual equivale a una millonésima parte de la presión atmosférica al nivel del mar. Los sonidos con una presión inferior a 0'0002 microbares no llegan a ser percibidos por la inmensa mayoría de personas, mientras que los que generan presiones superiores a los 2.000 microbares pueden perjudicar nuestros oídos; así que partiendo de estos valores se han establecido dos niveles patrón:

Umbral de la audición: Nivel mínimo de sonido que la mayoría de personas puede percibir, dentro de unas frecuencias determinadas.

Umbral del dolor: Nivel de presión sonora a partir del cual se causa molestias o dolor al oído, a unas frecuencias determinadas.

El umbral de audición es una característica fisiológica concreta que varía de una persona a otra, ya que un sonido se oye o no se oye según el buen estado del órgano auditivo de cada sujeto. Pero la intensidad que percibimos, o sonoridad, es más difícil de medir o de definir.

Generalmente, un sonido comienza a ser molesto cuando sobrepasa el nivel de 120 dB (200 microbares, ya que el dB de presión equivale al dB de tensión) si su frecuencia se halla entre los 200 y los 10.000 Hz; siendo realmente dolorosos los sonidos superiores a los 140 dB (que equivalen a 2.000 microbares)

Comparemos la sensación sonora causada por un determinado sonido y por otro de referencia. Si ambos producen la misma sensación en nuestros oídos se dice que tienen la misma sonoridad, aunque pueden ejercer distintas presiones sobre el oído. Si el sonido que comparamos parece dos veces más potente que el de referencia, podrá afirmarse que su sonoridad es el doble que aquel, lo cual no quiere decir que sea así en realidad, dadas las particulares cualidades de nuestros órganos auditivos.

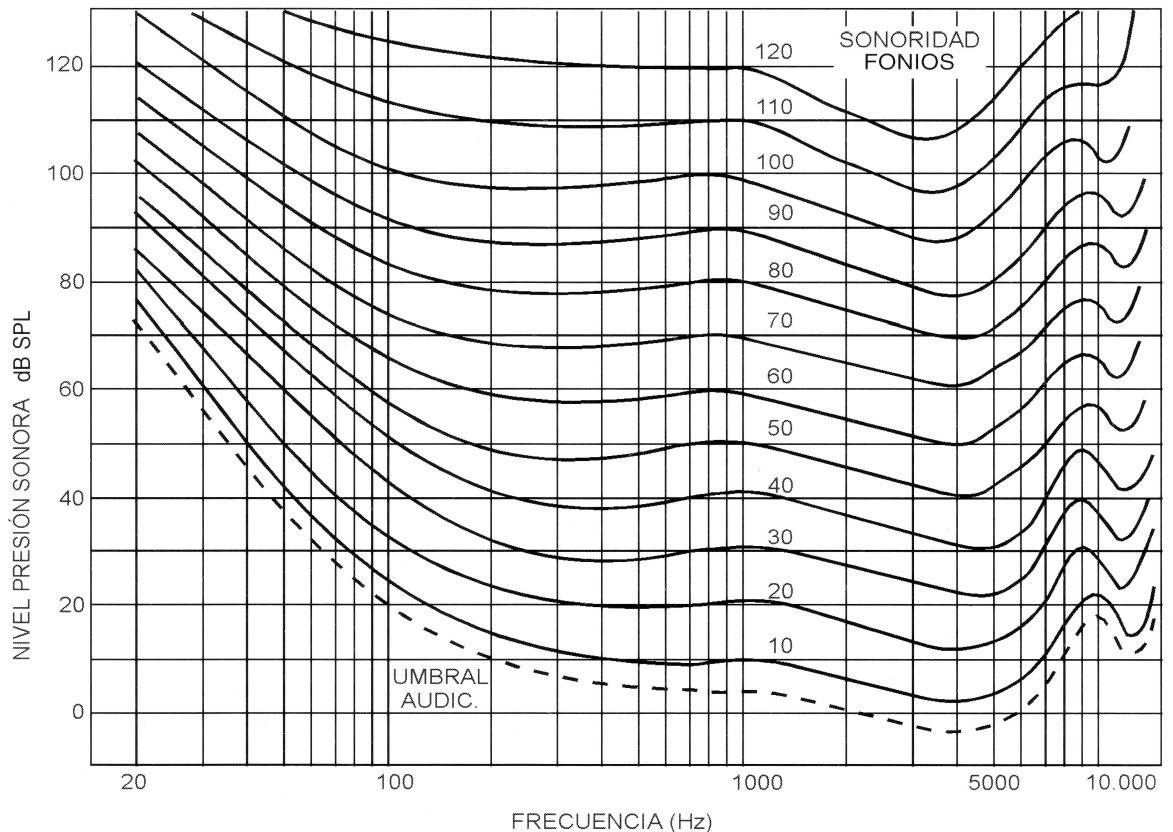
Debido al mecanismo de autoprotección que posee el oído, su sensibilidad es muy superior a niveles bajos de sonido que a niveles altos. A mayor intensidad sonora, hacen falta mayores aumentos de los estímulos sonoros para poder percibir los cambios de nivel. Por otro lado, nuestra sensibilidad auditiva no es la misma para todas las frecuencias, ya que nos es más fácil percibir los tonos medios que los altos o los bajos. Por todo ello, existen dos magnitudes distintas que miden la misma presión sonora desde dos parámetros: la Intensidad, o magnitud física objetiva; y la Sonoridad, o sensación subjetiva que produce un sonido.

RELACIÓN INTENSIDAD-SONORIDAD

Para estudiar las variaciones de sonoridad en función de las frecuencias e intensidades dos científicos, Fletcher y Munson llevaron a cabo en 1933 un experimento con diversas personas, que se iban introduciendo por grupos en una cámara anecoica, y luego se les pidió que compararan la sonoridad de un tono de referencia con diversos tonos de prueba; conociéndose en todos los casos los niveles objetivos de presión sonora. Este experimento se repitió con múltiples frecuencias e intensidades, hasta que los datos fueron promediados y con ellos se trazaron las llamadas curvas de igual sonoridad. Estas curvas fueron mejoradas y ampliadas por Robinson y Dodson más tarde, pero conservan el nombre de sus primeros descubridores, y son las que aparecen en la figura 1. A lo largo de cada curva el oído percibe la misma sonoridad, y hace falta más presión sonora si se trata de frecuencias altas o bajas para equiparar su sonoridad con las frecuencias medias.

La unidad utilizada para medir la sonoridad es el Fon ó Fonio. Numéricamente, el Fon es igual al nivel de presión (en dB) que tiene una nota de 1000 Hz que se percibe con igual sonoridad a la del sonido considerado. Observando las curvas de igual sonoridad se comprueba como el oído tiene una sensibilidad máxima en las frecuencias comprendidas entre los 1000 y los 6000 hercios; por el contrario en las frecuencias más bajas se necesitan unos niveles de presión muy altos para conseguir la misma sensación sonora obtenida en las frecuencias medias.

Figura 1



Si se observa la figura 1, se puede comprobar como el valor numérico del Fon es siempre el mismo que la presión sonora medida en dB SPL a 1 KHz. Para las otras frecuencias, esta relación es variable según la intensidad sonora. Si se sigue la línea correspondiente a una sonoridad de 100 Fones, a 1 KHz coincide con la línea horizontal que corresponde a un nivel de presión acústica de 100 decibelios SPL. La correspondencia entre Fones y decibelios SPL es siempre válida para esta frecuencia.

En la zona alrededor de los 4 KHz la línea de sonoridad cae hasta los 88 dB SPL. Esto significa que para obtener una sonoridad de 100 Fones en las frecuencias cercanas a los 4 KHz basta con disponer de un sistema que nos entregue 88 dB SPL de presión sonora. En las partes extremas de la curva de 100 Fones se precisa una mayor presión sonora para obtener idéntica sensación de sonoridad; y así a las frecuencias de 50 Hz y de 17 KHz precisan de 110 decibelios SPL para dar 100 Fones de sonoridad.

Las curvas de Fletcher-Munson demostraron que la sensibilidad de nuestros oídos no es la misma para todas las frecuencias, no es plana. Además se observa que a medida que se aumenta o se disminuye el volumen de la presión sonora también varía la relación entre frecuencias.

RELACIÓN ENTRE TONOS MUSICALES.

El tono de un sonido depende de la frecuencia de éste; se denominan tonos graves aquellos que contienen bajas frecuencias, y tonos agudos los que contienen altas frecuencias. De hecho, durante mucho tiempo se consideró que ambos vocablos -tono y frecuencia- eran sinónimos, pero en la actualidad se ha demostrado que no guardan una correspondencia absoluta, aunque cuando aumenta la frecuencia (magnitud objetiva) también lo hace el tono musical (magnitud subjetiva), la variación no es igual.

En todo el espectro de las frecuencias medias la altura tonal se corresponde con las frecuencias, pero esto no sucede fuera de esta zona del espectro. Si pasamos de un tono puro de 1000 Hz a otro de 2000 Hz, habremos recorrido una octava; pero la sensación auditiva no será la misma si pasamos de escuchar un tono de 5000 Hz a otro de 6000 Hz, aunque en los dos casos se hayan aumentado 1000 Hz. Sería necesario, en el segundo supuesto, recorrer una octava entera, pasando de 5000 Hz a 10.000 Hz para sentir un efecto auditivo similar al primero.

Una octava es el intervalo musical entre dos tonos, que guardan entre sí una relación en frecuencias de 2 : 1. El intervalo entre octavas es más amplio a medida que va aumentando la frecuencia. Para poner un ejemplo, una octava por encima de 40 Hz llega hasta los 80 Hz, con un intervalo en frecuencias de 40 Hz; mientras que

una octava por encima de los 2.000 Hz llega hasta los 4.000 Hz, con un intervalo en frecuencias de 2.000 Hz. No obstante, ambos intervalos producen en nuestros oídos la misma impresión subjetiva de doblar un tono.

CONSONANCIA Y DISONANCIA

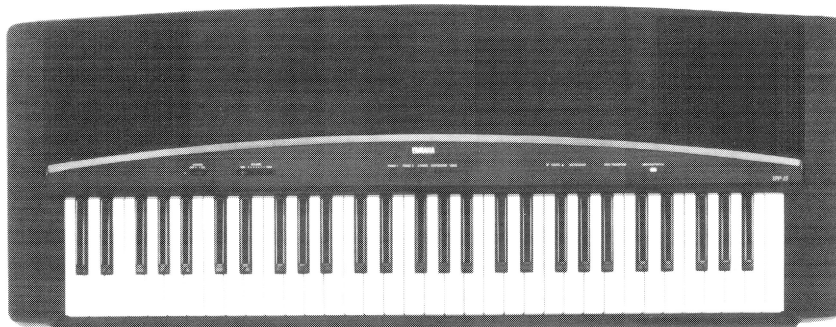
Cuando escuchamos dos tonos musicales distintos de forma simultánea, y el resultado suena agradable a nuestro oído, se dice entonces que estos tonos son consonantes; si resultara un sonido desagradable se diría que son disonantes. La consonancia entre dos sonidos se debe a que ambos tienen armónicos en común, mientras que la disonancia se da cuando entre dos sonidos existe un intervalo próximo al semitono.

Se denomina **armonía** a la técnica musical donde se estudian las normas de la consonancia entre distintos acordes; esta disciplina surgió del análisis de las obras escritas por los grandes compositores clásicos, si bien sus normas pueden aplicarse perfectamente a la mayor parte de estilos musicales, ya que están basadas en la sensibilidad del oído humano. La armonía se fundamenta en el análisis de los armónicos naturales que acompañan a todo tono musical, y además regula la sucesión y el encadenamiento de los acordes emitidos por un instrumento.

La armonía depende de los espacios o intervalos entre las notas musicales, de forma que el efecto agradable al oído -consonancia- se obtiene por el mantenimiento de una relación fija de frecuencias entre una nota y la que le sigue, o entre una nota y las que suenan al mismo tiempo.

Cada nota musical está separada de la siguiente por un mismo intervalo de frecuencia, que es aproximadamente de un 6 por ciento; así, con doce intervalos consecutivos se dobla la frecuencia de partida, y se alcanza el primer armónico de dicha frecuencia. Dos notas espaciadas por doce intervalos tienen frecuencias doble o mitad, según la nota que tomemos como partida (Por ejemplo 80 Hz y 160 Hz).

Figura 2



En el teclado de piano de la figura 2 se puede observar como cada doce intervalos, integrados por siete teclas blancas y cinco negras, contiene un margen completo de frecuencias patrones; y como al pulsar la octava tecla blanca emite la frecuencia armónica de la primera tecla desde donde se comience a contar. En la música escrita cada una de las frecuencias patrones que reproducen las teclas blancas son designadas por las notas musicales Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do (C, D, E, F, G, A, B, C en la notación sajona). Hay que remarcar que, en realidad, son siete notas, mientras la octava tecla repite la misma nota ya que constituye el segundo armónico de la misma.

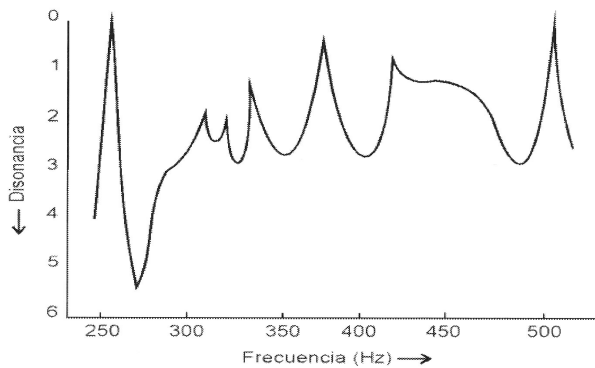
Sobre consonancia y disonancia musical existen variados puntos de vista; hemos aprendido a apreciar ciertas combinaciones de acordes como consonantes y otras como disonantes, si bien ello es debido básicamente a las reglas y a las costumbres musicales. Normalmente una formación musical podrá variar nuestra experiencia subjetiva de consonancia o disonancia, un oído con una buena formación musical podrá percibir muchas cosas en la armonía que escapan a los que no posean esta formación.

Una vez dada cualquier nota musical, ¿Cuáles son los intervalos que serán consonantes con dicha nota?. Según las reglas clásicas de la armonía los intervalos consonantes son los siguientes:

Nombre	Distancia en semitonos	Relación entre frecuencias
Octava	doce	2:1
Sexta Mayor	nueve	5:3
Sexta menor	ocho	8:5
Quinta	siete	3:2
Cuarta	cinco	4:3
Tercera Mayor	cuatro	6:4
Tercera menor	tres	5:4

En el gráfico número 3 se muestra la consonancia y la disonancia de dos tonos musicales. Cada uno de ellos contiene una frecuencia fundamental y cinco parciales armónicos; obsérvese como aparecen los picos de consonancia en los intervalos mencionados, siendo el que representa la octava el más pronunciado. En este gráfico la distancia horizontal mide la diferencia de frecuencias, o sea los componentes de las frecuencias con razón de 2 a 1 están separados por una octava.

Figura 3



ENMASCARAMIENTO

La sonoridad en una reproducción musical puede verse afectada por el denominado efecto de enmascaramiento, que sucede cuando los sonidos se hallan muy próximos en frecuencia.

Si tomamos, como ejemplo, un tono de 350 Hz con una sonoridad de 70 fones y otro tono de 5.000 Hz con el mismo nivel de sonoridad, tendremos un total de 80 fones, correspondiente a la suma de ambos valores. Pero si tenemos dos tonos con la misma frecuencia y sonoridad, la sensación auditiva al sonar los dos tonos simultáneamente no es el doble de la que produce uno de ellos, sino sólo ligeramente superior.

superior.

En consecuencia, la suma directa entre distintas sonoridades sólo es válida entre sonidos que estén suficientemente separados en frecuencia. Cuanto más cerca se encuentren dos frecuencias, más se influyen entre sí, y la sonoridad total es inferior a la suma de las sonoridades de ambos tonos por separado. Este efecto recibe el nombre de enmascaramiento parcial, y puede llegar a ser total cuando haya además una gran diferencia de sonoridad entre ellos. Un sonido fuerte con una frecuencia determinada puede ocultar por completo a un sonido débil que tenga una frecuencia próxima al primero, de forma que el segundo ni se llegue a percibir.

Este efecto se explica por el hecho de que cuando dos sonidos excitan los mismos nervios de nuestro oído interno, las células se mueven como respuesta a la excitación más fuerte mientras que no reaccionan ante la más débil.

En la mayor parte de casos de enmascaramiento las frecuencias más bajas tienden a ocultar a las altas. Este efecto debe ser considerado cuando se realice cualquier labor de sonorización en potencia o bien un registro musical, ya que su desconocimiento nos puede acarrear resultados inesperados.

La presencia de dos tonos simultáneos de frecuencias próximas se percibe en nuestros oídos como un único tono, recibiendo el nombre de intertono. Si estas dos frecuencias están suficientemente separadas, el oído percibe los tonos combinados de ambos (suma y diferencia de frecuencias), además de los dos tonos correspondientes. Nuestros oídos no son, pues, dispositivos lineales, ya que la presencia de tonos múltiples da lugar a la generación de las frecuencias suma y diferencia. Esto, en la audición musical, significa una distorsión fisiológica, que es tanto mayor cuanto más elevado es el volumen sonoro. Así en toda audición musical el oído trabaja con una notable cantidad de frecuencias, ya que añade a las reales las generadas por él mismo.

EL TIMBRE MUSICAL

El tono o altura de un sonido está determinado por su frecuencia fundamental, mientras que el timbre lo está por el número de frecuencias armónicas que contiene y las relaciones de fase entre ellas.

El timbre es la característica que nos permite distinguir de que instrumento proviene un sonido determinado, aunque tenga el mismo tono. Así, si un violín y un piano emiten el Do de la cuarta octava, ambos tendrán la misma altura musical, correspondiente a una frecuencia de 261'6 hercios; pero el oído distinguirá perfectamente los dos instrumentos aunque ambos suenen a la vez, debido a los distintos armónicos secundarios que emiten.

Hipotéticamente, si se emitiera la misma nota desde distintos instrumentos, y las hiciéramos pasar por los filtros adecuados que suprimieran todas las frecuencias armónicas, dejando sólo la frecuencia fundamental, a la salida del filtro todos los instrumentos sonarían igual y no sería posible distinguir unos de otros.

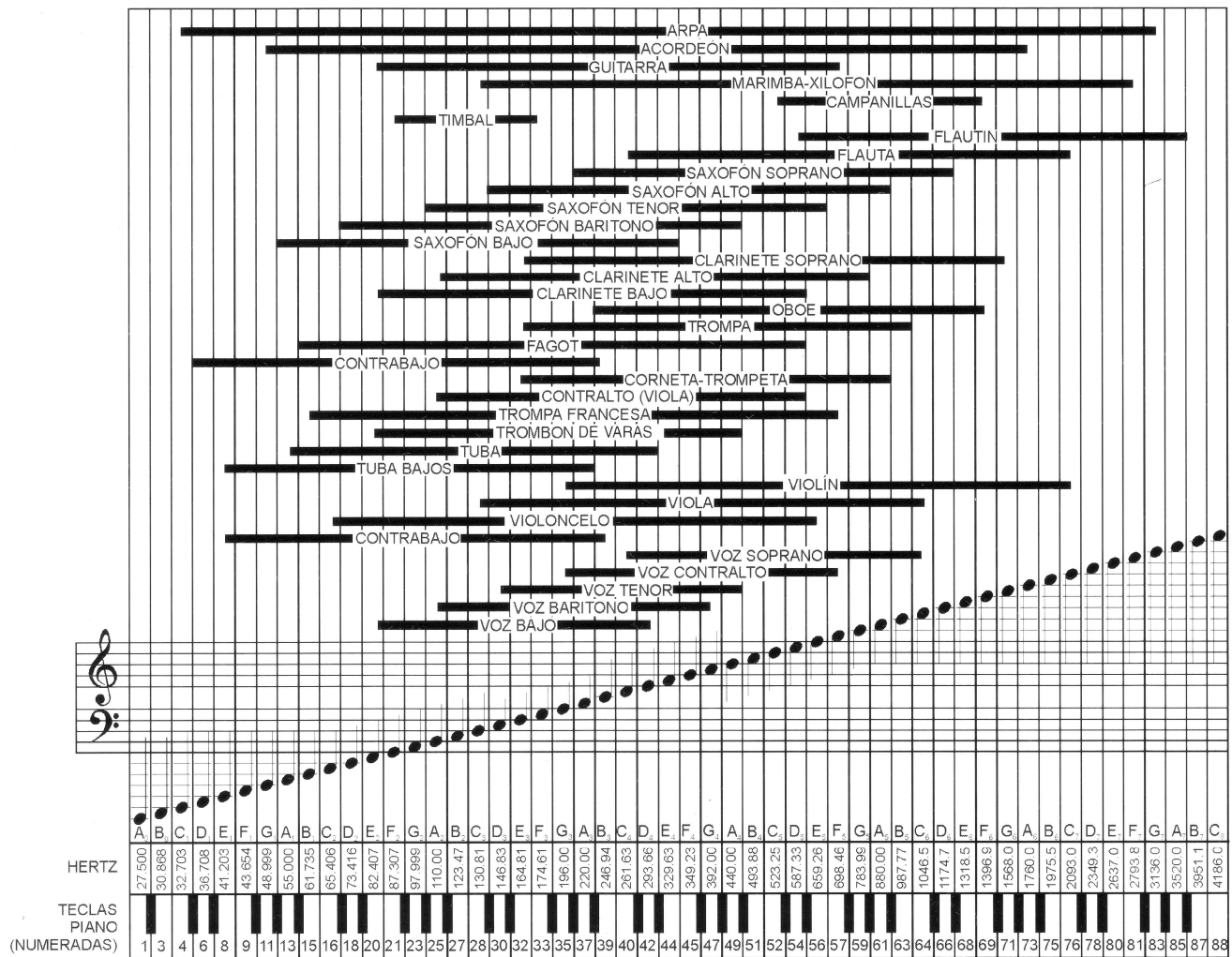
Los sonidos musicales periódicos están formados por muchas componentes de frecuencia relacionadas armónicamente, los armónicos o parciales; cuyas frecuencias son múltiplos enteros de su frecuencia fundamental. Un sonido que contenga armónicos intensos de alta frecuencia sonará brillante y estridente; mientras que un sonido en el que predominen los armónicos de baja frecuencia no se percibirá tan brillante, sonando más bien mate y opaco.

Cuando escuchamos sonidos musicales en un equipo de sonido, se puede modificar el brillo variando el control de tono, pero esto no cambiará la altura de estos sonidos. El timbre depende de las intensidades relativas entre los armónicos de las distintas frecuencias; girando los controles de tono se puede modificar la proporción de los armónicos sin modificar la periodicidad del sonido (el tono), que es la misma de la frecuencia fundamental.

OCTAVAS MUSICALES

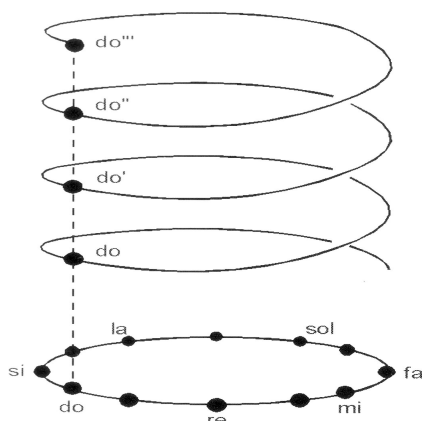
En la figura 4A se puede ver toda la gama de frecuencias fundamentales de los principales instrumentos acústicos, comparada con el piano de 88 teclas y con la designación gráfica de las notas y frecuencias.

Figura 4a



Por acuerdo universal, se parte siempre de una frecuencia patrón de 440 Hz, designada como A4, y que corresponde a la tecla número 49 del piano convencional. Las octavas por encima de A4 quedan designadas como A5, A6, y A7; mientras que las octavas por debajo de A4 se designan por A3, A2, A1 y A0, siendo esta última la nota inferior que corresponde a una frecuencia de 27'5 Hz.

Figura 4b



Las seis notas que comprende cada octava musical se designan con las letras B, C, D, E, F y G seguidas del subíndice que indica el orden de octava o armónico al que pertenecen.

Por ejemplo, la nota más elevada que contiene el piano es la C8, que corresponde a una frecuencia de 4.186 Hz. No obstante el espectro musical completo empieza por la nota C0 (16'35 Hz) y termina en C10 (16.744 Hz), ambas son frecuencias extremas incluidas en los teclados convencionales, y a las que únicamente llegan algunos órganos de viento o sintetizadores electrónicos. Este es el orden y el

espectro total sobre el que está establecida la escala musical occidental, o escala diatónica.

En la figura 4b se puede observar las notas de esta escala representadas como puntos a lo largo de una espiral ascendente. Las notas do, re, mi, fa, sol, la, si y do se repiten una y otra vez alrededor de la espiral a medida que subimos por la escala; pero el do de la octava superior siempre está próximo al do de la octava inferior, y esto mismo sucede con las otras notas de la escala.

TESITURA Y ARMÓNICOS

La frecuencia fundamental de una nota musical viene determinada por su primer armónico, que es el componente que tiene una mayor amplitud en la onda sonora resultante. La tesitura de cualquier instrumento musical -o de la voz humana- se determina a partir de la gama de fundamentales que puede producir un instrumento determinado; considerándose armónicos a las frecuencias múltiples de estas fundamentales.

Es interesante conocer con precisión donde empieza y termina la tesitura de un instrumento, así como también hasta donde llega la gama de armónicos que puede generar. De esta forma, cuando se trabaje en la equalización de un instrumento determinado, podremos saber cuando estamos variando el valor de sus componentes fundamentales o bien el de sus armónicos. En el primer caso resultará afectada la propia tonalidad básica del instrumento, mientras que en el segundo sólo se cambiará la calidad tímbrica del mismo.

Seguidamente, se incluyen los valores en frecuencias que corresponden a la tesitura de los instrumentos musicales más usuales, y también cual es su extensión en armónicos:

	<u>Tesitura</u>	<u>Armónicos</u>
Violín:	175 - 3950 Hz.	hasta los 16 kHz.
Violoncello:	65 - 1320 Hz.	hasta los 12 kHz.
Guitarra:	165 - 1750 Hz.	hasta los 10 kHz.
Piano:	27'5 - 4190 Hz.	hasta los 16 kHz.
Flauta travesera:	220 - 2350 Hz.	hasta los 15 kHz.
Clarinete alto:	196 - 2530 Hz.	hasta los 12 kHz.
Saxo tenor:	280 - 1690 Hz.	hasta los 8 kHz.
Saxo soprano:	560 - 3000 Hz.	hasta los 12 kHz.
Trompeta en Do:	70 - 2090 Hz.	hasta los 11 kHz.
Tuba:	55 - 440 Hz.	hasta los 6 kHz.
Bombo:	48 - 65 Hz.	hasta los 500 Hz.
Caja:	50 - 175 Hz.	hasta los 6 kHz.
Timbal:	210 - 400 Hz.	hasta los 8 kHz.

ESTEREOFONIA

Nuestros oídos funcionan de forma distinta a cómo lo hacen otros órganos duplicados, como por ejemplo los ojos. La luminosidad percibida no varía si se mira con un sólo ojo o con los dos, pero la sonoridad que se experimenta cuando se escucha con los dos oídos es mayor a cuando funciona uno solo de ellos. Los sonidos llegan de forma independiente por cada oído, y crean distintos efectos en diferentes partes de nuestro cerebro: no existe ninguna interferencia entre ellos.

La diferencia de tiempo (o de fase) con que un sonido llega a cada uno de nuestros oídos es lo que nos permite averiguar la dirección de su procedencia, y localizar así un instrumento en un espacio. En las frecuencias más altas la diferencia de intensidad, entre lo que percibe un oído y otro, colabora también a establecer la procedencia de un sonido.

La localización en el plano vertical está, en el ser humano, mucho menos desarrollada que la localización en el plano horizontal; es por ello que en cualquier sistema de amplificación las cajas acústicas deben emplazarse teniendo en cuenta este factor, si se desea dar una buena imagen estereofónica del concierto.

REFLEXIÓN Y DIFRACCIÓN DEL SONIDO.

Cuando las ondas sonoras chocan con una superficie de un material sólido o líquido pierden parte de su energía, que es absorbida por dicho material, y son reflejadas tal y como se indica en la figura 5A. Si la superficie que se interpone está constituida por un material duro y con la superficie pulida, la energía que este material absorbe es mínima y la intensidad del sonido reflejado es casi la misma que la del sonido incidente. Cuando esta superficie es de un material blando y poroso, una buena parte de la energía sonora es absorbida, y la intensidad del sonido reflejado es muy inferior a la del sonido incidente. Se puede decir, en estos casos, que la energía perdida por las ondas sonoras ha sido absorbida por la superficie del material.

Figura 5a

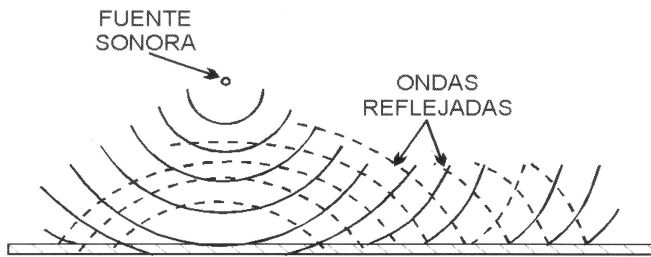
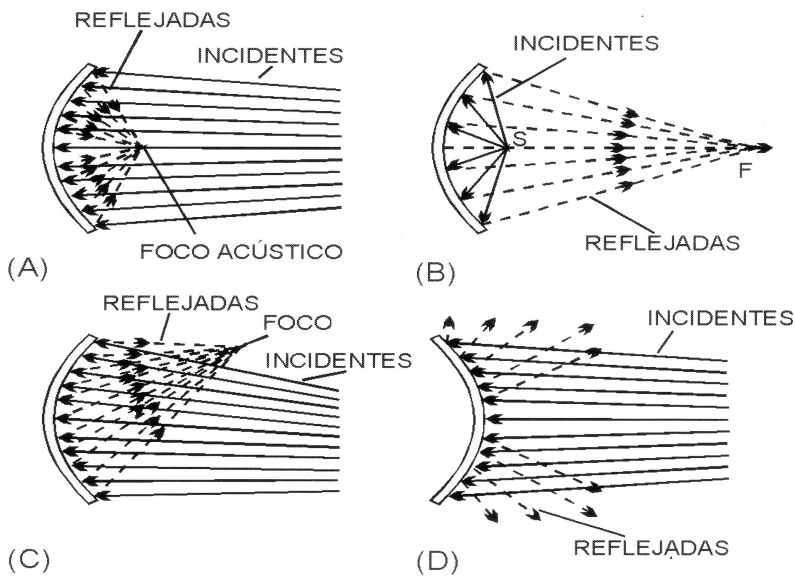


Figura 5b

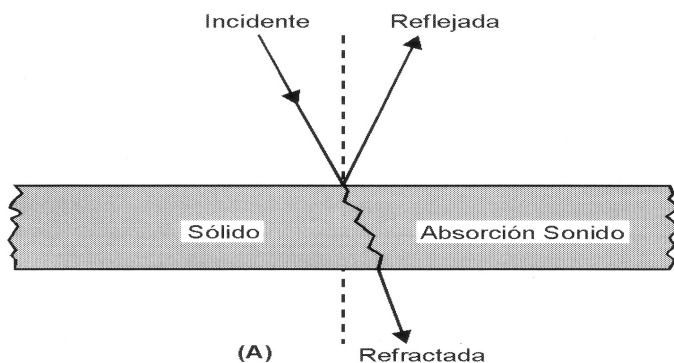


El comportamiento de las ondas sonoras cuando inciden en una superficie que no es plana es muy parecido al que tienen las ondas de luz. La figura 5B nos puede dar una idea al respecto. Si el sonido se refleja en una superficie cóncava resulta posible la convergencia de las ondas sonoras en un punto determinado, que recibe el nombre de foco acústico. Esta particularidad es aprovechada en muchos auditorios para concentrar el sonido que emana de puntos muy cercanos al foco acústico sobre el patio de butacas.

Si la superficie de reflexión es convexa, las ondas reflejadas esparcen el sonido por un espacio mucho mayor que el que ocupan las ondas incidentes, disminuyendo su intensidad por unidad de superficie.

En todos los casos, tal como está gráficamente expuesto en la figura 6, el ángulo de reflexión es siempre igual al ángulo de incidencia; tal y como postula el Principio de Huygens.

Figura 6

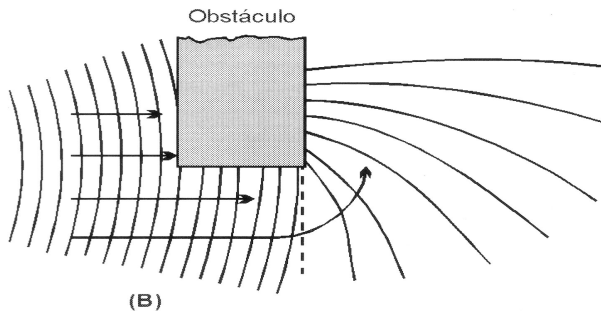


Cuando una onda sonora tropieza con un obstáculo sólido, ésta tiende a curvarse para rodearlo y seguir su camino, resultando un cambio en la dirección de propagación, tal como podemos ver en la figura 7.

A este fenómeno se lo conoce como **difracción acústica**. Se ha podido comprobar como las bajas frecuencias rodean los obstáculos con mayor facilidad que las altas frecuencias. Como norma general, se sabe que cuando las dimensiones del obstáculo son iguales o mayores que una longitud de onda determinada, una parte de las ondas sonoras es reflejada por el obstáculo mientras que otra parte lo rodea.

Otro de los aspectos derivados de la difracción acústica, y que también tiene su importancia en la reproducción sonora, es el que se muestra en la figura 8, y tiene lugar cuando las ondas sonoras encuentran una superficie sólida en la que existe un orificio, a través del cual se propagan de forma esférica, siempre que el diámetro de este orificio sea inferior a la longitud de onda del sonido incidente.

Figura 7



cualquier tipo de obstáculos sólidos que se interfieran en el camino de las ondas sonoras. En todos estos casos será preciso que se disponga con especial cuidado la colocación de las cajas acústicas, para tratar que el eje de los altavoces no coincida, en ningún caso, con ninguno de estos obstáculos; evitando en lo posible el exceso de reflexiones por este motivo.

LA ABSORCIÓN ACÚSTICA

Cuando una onda sonora tropieza con una pared o con un obstáculo, parte de su energía es absorbida por el obstáculo mientras que el resto es reflejada. La energía que es absorbida será mayor o menor según la naturaleza del material con que tropieza. Una superficie rugosa es siempre más absorbente que una superficie lisa de un mismo material.

El concepto del coeficiente de absorción fue desarrollado por el Dr. Wallace Sabine, considerado como el padre de la arquitectura acústica actual. Sabine definió que una ventana abierta que no refleja ningún sonido actúa como un absorbente perfecto, asignándole un coeficiente de absorción 1 (+-100 %). De igual forma una superficie que refleja todo el sonido que incide sobre ella tendrá un coeficiente de absorción 0, si bien ninguna superficie real cumple este requisito, ya que cualquier material es acústicamente absorbente, aunque presente un porcentaje muy bajo. En consecuencia, la energía reflejada es siempre menor que la energía incidente. Esta energía perdida por la onda sonora ha sido absorbida por la superficie del material.

Se deduce pues que la absorción sonora es la inversa de la reflexión sonora; para un determinado material el coeficiente de absorción es: $C.Ab. = I_a/I_r$, siendo I_a el sonido absorbido y I_r el sonido incidente.

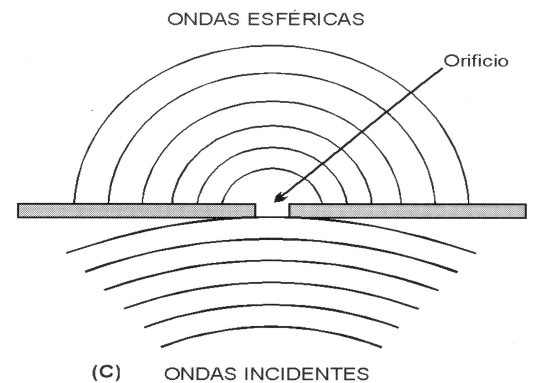
Si se conoce el coeficiente de absorción de un material, nos es posible conocer el porcentaje de sonido que este material va a reflejar. Por ejemplo, consideremos que la pared situada delante de los altavoces es de un material que posee un coeficiente de absorción del 0'18; para determinar el sonido que va a ser reflejado después de incidir sobre esta pared operamos así:

1º) Convertimos el coeficiente en un porcentaje: $0'18 = 18\%$ Esta cifra indica que el 18% del sonido incidente será absorbido por este material.

2º) Obtendremos el sonido que ha sido reflejado mediante una resta: $100 - 18 = 82\%$. El 82% del sonido que incide sobre la pared será reflejado.

Este efecto de absorción no es el mismo para todas las frecuencias, y resulta que algunos tonos parecen reforzarse con relación a otros que son amortiguados en exceso, dando así lugar al fenómeno conocido como **coloración musical**. Las alfombras, cortinas, tapices o moquetas, materiales que suelen ser considerados muy absorbentes, no lo son sino a frecuencias altas y medio-altas. La colocación de cortinajes puede absorber más del 50% de la energía acústica que incide sobre ellos a la frecuencia de 4000 hercios; pero sólo absorberá un 7% de las frecuencias que estén alrededor de los 125 hz.; y menos aún si se trata de frecuencias más bajas. La absorción de los tonos medios se obtiene principalmente con mobiliario de tipo blando, sofás, sillones

Figura 8



y alfombras gruesas; mientras que el mobiliario liso de madera presenta una buena absorción a las frecuencias altas (por encima de 2500 Hz). Otros materiales con los que se procura la absorción de los tonos agudos son las cortinas delgadas, además de varios materiales de fibra suelta. Los tabiques y los cielos rasos, como los suelos de cemento o de mosaico, presentan un coeficiente de absorción muy bajo para todas las frecuencias. Para los tonos más graves el mejor absorbente son las aberturas puertas o ventanas, ya que el vidrio corriente presenta un alto coeficiente de absorción a estas frecuencias.

La presencia de personas en un local modifica notablemente la sonoridad del mismo, ya que la capacidad de absorción acústica del cuerpo humano es bastante notable.

COEFICIENTES DE ABSORCIÓN

Es preciso conocer cuales son los coeficientes de los materiales y rellenos más comunes para poder realizar cualquier acondicionamiento acústico, contando entre ellos con las personas del público, sillas, cortinajes, etc. No obstante, nos encontramos con el problema añadido de que cada material presenta un coeficiente de absorción distinto según las distintas frecuencias sonoras que incidan en él. Por ello se indica, en la tabla de coeficientes de absorción, cuales son los valores que toman para tres frecuencias distintas:

	<u>125 Hz</u>	<u>500 Hz</u>	<u>4000 Hz</u>
- Ladrillo pintado	0,01	0,02	0,03
- Bloque de hormigón pintado	0,10	0,06	0,08
- Pared de yeso sobre ladrillo	0,02	0,04	0,03
- Panel de yeso de 1,25 cm grueso clavado sobre superficie dura	0,29	0,05	0,09
- Suelo de terrazo	0,01	0,015	0,02
- Suelo de linóleo o corcho	0,02	0,03	0,02
- Parquet de madera de pino	0,09	0,08	0,10
- Mármol o baldosa	0,01	0,02	0,20
- Panel de madera de 10 cm	0,28	0,17	0,11
- Cristal de ventana de 8mm	0,35	0,18	0,04
- Alfombra sobre hormigón	0,02	0,14	0,65
- Cortina ligera	0,03	0,11	0,35
- Terciopelo o cortina gruesa	0,14	0,55	0,65
- Superficie metálica	0,01	0,03	0,04
- Corcho grueso	0,07	0,26	0,42
- Techo de cielo raso	0,12	0,03	0,04
- Puerta de Táblex de 12,5 mm, con cámara de aire de 5 mm	0,25	0,35	0,20
- Butaca tapizada	0,30	0,27	0,33
- Silla de madera	0,02	0,03	0,04
- Persona adulta	0,35	0,46	0,49

Existen hoy en el mercado numerosos materiales de construcción y revestimiento controlados acústicamente, que ofrecen unos coeficientes de absorción muy notables para ciertas frecuencias. Mediante la combinación de estos materiales nos es posible conseguir una absorción equilibrada en todas las frecuencias, y así reducir el fenómeno de la coloración musical que siempre resulta molesto, ya que falsifica el equilibrio que debiera existir entre los tonos que componen un pasaje musical.

Como muestra de las características acústicas de estos materiales, veamos a continuación los valores de absorción que presentan algunos de ellos:

	<u>125 Hz</u>	<u>500 Hz</u>	<u>4000 Hz</u>
- Panel Heraklith akustik TRAV-R	0,10	0,70	0,55
- Espuma de poliuterano ILLSENT	0,10	0,90	1,00
- Panel de fibra PI 256 (Fibra de vidrio aglomerada con resinas)	0,21	0,90	0,94
- Panel PM 300 y PM 800	0,50	0,85	0,80
- Techo FM-64/1 Sonebelux	0,26	0,12	0,08
- Panel DIN (30 mm espesor)	0,50	0,63	0,13

La manera más precisa de medir el total de absorción acústica que presenta un recinto a todas las frecuencias, es con la utilización de un analizador de espectro en tiempo real. Si no se dispone de este aparato es posible lograr una aproximación bastante fiable con un poco de paciencia, si se cuenta con una cinta métrica y con los coeficientes de absorción de los materiales contenidos en el recinto. Así, podremos conocer si existe una mayor absorción de unos tonos con respecto a otros, y corregir el desequilibrio en lo posible.

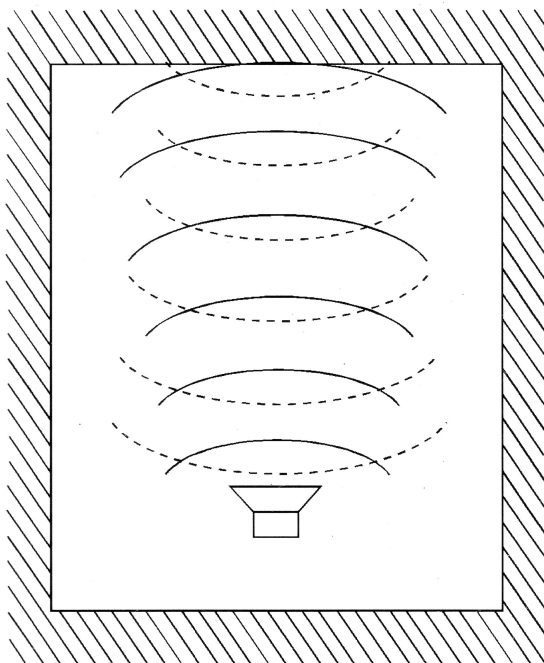
LA REVERBERACIÓN

Cuando se emite un sonido al aire libre, lejos de cualquier obstáculo, las ondas sonoras se propagan en todas direcciones hasta perderse, de forma que nuestros oídos sólo perciben una sola vez la vibración sonora emitida.

Cuando la emisión del sonido ocurre en un espacio limitado por paredes o accidentes del terreno, las ondas sonoras se reflejan y regresan al punto de partida (figura 9). En un local cerrado podemos percibir, además del sonido directo, el que resulta de las múltiples reflexiones que se originan.

Supongamos que la fuente de un sonido deja de emitir; las últimas ondas sonoras seguirán reflejándose de una pared a otra durante algún tiempo, perdiendo energía en cada reflexión. Finalmente toda la energía sonora se desvanece y el sonido cesa.

Figura 9



Cuando una fuente de sonido deja de emitir nuestros oídos pueden seguir percibiéndolo durante un tiempo determinado, que puede ser medido: es el tiempo de reverberación. Este tiempo es el período requerido para que la percepción de un sonido, en un local cerrado, disminuya su intensidad hasta una millonésima parte de su valor inicial, cuando el sonido ya ha sido interrumpido. Esto equivale a un amortiguamiento de 60 decibelios.

El tiempo de reverberación depende de la frecuencia central de los sonidos emitidos, y muy especialmente de las dimensiones y de los condicionantes acústicos del local.

Una reverberación corta o moderada en una ejecución musical cuyo equilibrio espectral sea más bien suave, por ejemplo una pieza de música de cámara, es percibida como agradable y natural. Un tiempo de reverberación excesivo puede dificultar el entendimiento de la palabra, y hasta impedir el goce de la audición musical.

Posiblemente, muchos de nosotros hemos experimentado como es la audición musical en locales poco apropiados (Palacios de deportes, campos de baloncesto, antiguos almacenes, etc.), y ya tengamos constancia de la dificultad de lograr un buen sonido en estos recintos con una reverberación irregular, que impide la inteligibilidad musical en cualquier concierto.

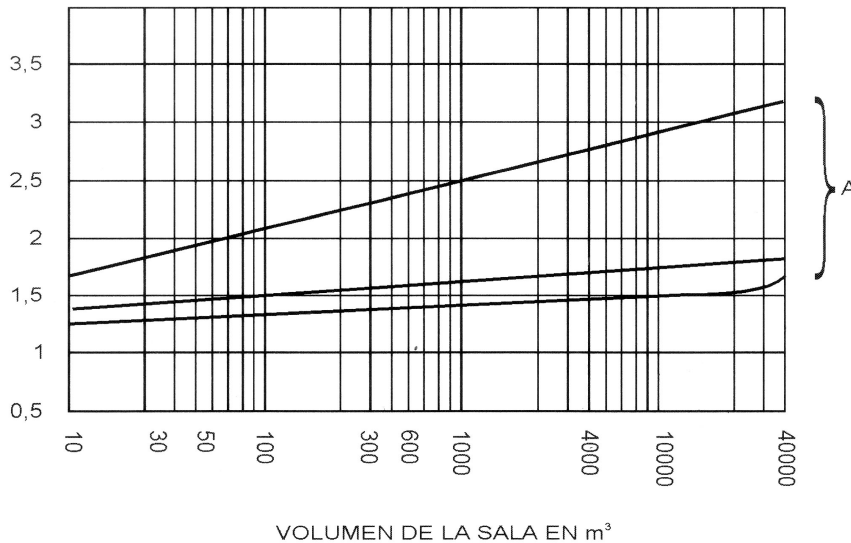
MEDIR LA REVERBERACIÓN.

En la figura 10 se muestran los márgenes de tiempos de reverberación más adecuados para la audición musical (A) y para la audición de la palabra (B), relacionados con el volumen del auditorio en metros cúbicos. Como ejemplos prácticos cabe mencionar que el Teatro de la Opera de Bayreuth, considerado uno de los que posee mejor acústica a nivel mundial, tiene un tiempo de reverberación de 2'2 sg.; y que en el Royal Albert Hall

de Londres el tiempo de reverberación llega a los 2'9 segundos. Ambos valores entran dentro de lo conveniente, como se puede ver en el gráfico 10, teniendo en cuenta el elevado volumen que poseen estos auditorios. En ambos casos se supone que estos recintos están ocupados por el público, en los 2/3 de su capacidad total.

El tiempo de reverberación es, pues, el parámetro más importante para evaluar la calidad acústica de un local. La forma más sencilla de obtener este tiempo es mediante la utilización de un sonómetro; si bien con la ayuda de un analizador de espectro se pueden obtener medidas más precisas. El analizador nos permite conocer cuál es la reverberación en todas las frecuencias, separadamente; mientras que el tiempo que nos indica un sonómetro es un promedio de los tiempos de reverberación de las frecuencias medias.

Figura 10



Existen diversas fórmulas matemáticas que permiten obtener, con bastante aproximación, el tiempo de reverberación de cualquier recinto. Todas ellas se derivan de la fórmula que Sabine propuso a finales del siglo XIX:

$$T \text{ Rev.} = 0'16 \times \text{Vol} / \text{Sa} (**)$$

Siendo Vol. el volumen de la sala expresado en metros cúbicos, y Sa(**) la suma de todos los coeficientes de absorción expresados en sabin, una unidad que indica la absorción absoluta de una superficie de un pie cuadrado, y que se suele utilizar en los países de influencia anglosajona. La ecuación de Sabine es bastante precisa en aquellos recintos con un tiempo de reverberación igual o superior a los 2 segundos, pero se hace menos exacta a medida que el coeficiente se acerca a la unidad.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que cuando se calcula el Tiempo de Reverb. de un local con materiales muy absorbentes, el sonido desaparece al cabo de muy pocas reflexiones, con lo que nuestra base estadística se estrecha.

De una manera similar, en una sala de grandes proporciones el sonido no puede cruzar todo el recinto muchas veces mientras se efectúa la medida, por lo que la validez de la fórmula propuesta por Sabine queda afectada. Varias aproximaciones posteriores, con el fin de salvar esta dificultad, fueron realizadas por físicos y matemáticos; entre todas cabe destacar la realizada por Eyring:

$$T. \text{ Rev.} = 0'049 \times \text{Vol} / -S \times \ln (I-**))$$

Siendo S el área total (en metros cuadrados) de las paredes del recinto, ** el coeficiente medio de absorción de estas paredes, y el término ln se refiere al logaritmo neperiano que toma como base 2'7182.

La precisión de esta fórmula es muy notable, y debe ser empleada cuando se precise obtener un resultado fiable.

No obstante, cuando no exista un compromiso demasiado riguroso, bastará con aplicar la fórmula que propuso Bergtold, adecuada para hallar el T. de Reverb. de un local de dimensiones reducidas, como pequeños estudios de sonido, locales de ensayo, bares y auditorios con poca capacidad, entre otros.

T. Rev. = Volumen en m³/ 6 x Absorción total

Como ejemplo de la utilización de la fórmula de Bergtold, procedemos al acondicionamiento acústico de una sala de 4'5 m. de largo por 3 m. de ancho y 2'7 m. de alto; con una puerta de 0'7 x 2'10 m. y una ventana de 2 x 1'5 m. El volumen del recinto propuesto será de: $4'5 \times 3 \times 2'7 = 36'5$ m³. Para los cálculos se escogen los coeficientes de absorción a 500 hercios, aunque si conviniera podrían utilizarse otras frecuencias y así obtener los tiempos de reverberación a distintas frecuencias.

Primero se calcula toda la superficie interior expuesta a las ondas sonoras, a excepción del suelo de terrazo (su coeficiente es de 0'01). La suma de esta superficie nos da un total de 54 m², así tenemos: $54 \times 0'03 = 1'62$ unidades de absorción. En este cálculo se incluye el techo de cielo raso, ya que presenta el mismo coeficiente que las paredes.

La puerta tiene 1'47 m², por lo que su diferencia con el coeficiente ya calculado es: $0'35 - 0'03 = 0'32$; hay pues un aumento de $1'47 \times 0'32 = 0'47$ unidades de absorción.

Supongamos que todo el suelo presente un total de 0'12 unidades de absorción; el total de esta sala será, si se añade el coeficiente de la ventana ($3 \text{ m}^2 \times 0'18 = 0'54$) el siguiente:

$1'62 + 0'47 + 0'12 + 0'54 = 2'75$ unidades. El tiempo de reverberación de este recinto vacío será de:

T. Rev. = $36'5 / 6 \times 2'75 = 2'21$ segundos

Si se observa el gráfico 10 se hallará que el tiempo de reverberación para una sala de 40 m³. (por aproximación) es de 1'75 segundos. El recinto examinado producirá excesivos rebotes y ecos pronunciados, pero tal vez cuando estén las personas en su interior, el tiempo de reverberación será el ideal.

PROTECCIÓN AUDITIVA

Los ruidos de alta intensidad producen efectos nocivos sobre nuestros órganos auditivos, pudiendo desencadenar sorderas permanentes. Se ha podido comprobar como el oído humano va perdiendo sensibilidad a medida que avanza la civilización industrial; mientras que algunos pueblos primitivos que aún subsisten poseen una capacidad superior para percibir sonidos muy leves.

La respuesta a un estímulo sonoro en el oído es prácticamente instantánea (2'5 milisegundos), bastan pocos ciclos de una onda sonora para que todo el sistema auditivo reaccione.

Para preservar nuestros órganos auditivos de las grandes variaciones de presión producidas por los ruidos intensos, el oído posee un sistema de protección. Cuando aparece un sonido muy fuerte, un músculo pone en tensión el tímpano para reducir su capacidad vibratoria, mientras que otro músculo modifica la posición de los huesecillos del oído medio para alterar su ángulo de incidencia y disminuir la fuerza aplicada sobre el oído interno. Todo funciona como si se tratara de un control de ganancia automática. No obstante, las lesiones auditivas pueden producirse cuando un ruido muy fuerte aparece de forma brusca, no dando tiempo de que estos músculos protectores se activen.

El umbral de audición -el sonido más leve que se puede percibir- se desplaza a niveles más elevados después de que el oído se haya visto sometido a presiones sonoras superiores de las habituales. La percepción diaria y continuada de sonidos con niveles superiores a 80 decibelios, puede ocasionar un desplazamiento permanente de nuestro umbral de audición. Esto supondría una pérdida de nuestra capacidad auditiva; y a causa del daño causado en el oído interno esta pérdida acostumbra a ser irreversible.

La sonorización de las discotecas es un ejemplo típico de presiones acústicas muy elevadas. Aunque se trate de componentes de alta calidad, nuestros oídos soportan difícilmente estos altos niveles sonoros; el ambiente y la música distraen nuestra atención de las leves molestias auditivas que se suelen percibir durante los primeros minutos, ya que más tarde nuestros oídos parecen acostumbrarse al elevado nivel de sonoridad. Esta conformación auditiva suele ser más aparente que real, y en el futuro nos puede pasar una triste factura.

Es conocida la sensación que se experimenta, cuando al salir de una discoteca o de un concierto de rock nos damos cuenta de que tenemos los oídos como taponados. Hasta al cabo de un buen rato la sensación de sordera parcial no nos abandona, y se vuelve a gozar de una audición normal.

El nivel sonoro de muchas discotecas, así como también de numerosos conciertos, está entre los 105 y los 115 decibelios. El tiempo máximo de exposición a estos niveles, sin pérdida auditiva, oscila entre los 15 y los 60 minutos diarios. Es fácil comprender el evidente riesgo que corre nuestro sistema auditivo; y de cómo si no se toman medidas preventivas nos encaminamos hacia la proliferación de las sorderas parciales.

Tanto el músico como el técnico de sonido tiene en sus oídos uno de sus bienes más preciados; es por ello que es recomendable el uso de tapones acústicos cuando se prevean largas sesiones musicales con altos niveles de presión sonora.

En la tabla que sigue a continuación se muestran los tiempos máximos de exposición a distintas intensidades sonoras. El sobrepasar estos márgenes de tiempo pone en un riesgo evidente nuestra salud auditiva, además

de elevar nuestro umbral de audición por encima del nivel normal, con la consiguiente pérdida de dinámica que ello conlleva para nuestros oídos.

NIVEL DE PRESIÓN SONORA

-En dBs ponderación A-

90
92
95
97
100
102
105
110
115
120

EXPOSICIÓN DIARIA

-En horas-

8
6
4
3
2
1,5
1
0,5 (30 minutos)
0,25 (15 minutos)
0,016 (1 minuto)

MICROFONÍA

Si hay que juzgar por lo que vemos en muchos conciertos, el micrófono es aquel utensilio que los cantantes llevan pegado a la boca, siendo una de las misiones del técnico impedir como sea que pueda llegar a tragárselo. Para ello se utilizan unos micrófonos acabados en forma esférica, este diseño y el cable al que van unidos dificultan la deglución de los mismos, prolongando así la vida útil de estos valiosos elementos.

La robustez del micrófono debe estar a toda prueba, siendo preferible que no sufra ningún tipo de vértigo o mareo, ya que en ocasiones los micros son lanzados al aire sin motivo aparente, o volteados sin ningún miramiento. Un micrófono sano y valiente podrá soportar todas estas agresiones sin desfallecer, mientras que uno débil o aprensivo difícilmente lo resistirá.

Para que los micrófonos descansen de su dura tarea, unos hombres agradecidos crearon los pies de micro -también llamados soportes-; fue un gesto de buena voluntad que honra a sus inventores.

Según el físico que tenga cada micrófono, se pasará el resto de su vida a mayor o menor altura. Así los más grandes y fuertes tendrán a su cargo las tareas más duras: se les ubicará a ras de suelo a pocos milímetros del bombo. En cambio, los micros que tienen un cuerpo más estilizado son situados ante delicados instrumentos acústicos (guitarras acústicas, violines, flautas). Finalmente, cuando se trata de micros muy delgados, se les coloca por encima de los platos de la batería, a mayor altura que sus otros compañeros.

Habrà que tomar conciencia, nos guste o no, de que también en el mundo de los micrófonos existe una seria discriminación.

- MICROFONÍA -

TRANSDUCTORES

Se conoce con este nombre a cualquier aparato capaz de convertir energía física en energía eléctrica (o viceversa). Por ejemplo, las fotocélulas que llevan las cámaras fotográficas convierten la luz en energía eléctrica; son transductores de tipo lumínico.

En los sistemas de sonido podemos distinguir dos categorías básicas de transductores: de entrada y de salida. Los transductores de entrada convierten una vibración sonora en una señal electrónica de audio; dentro de esta categoría encontramos todos estos aparatos:

Micrófonos de presión o de velocidad, que convierten las ondas sonoras que llegan a través del aire en vibraciones físicas, las cuales son transformadas en el interior del micro en una señal eléctrica.

Cápsulas de contacto, transforman las vibraciones sonoras que tienen lugar en un material denso (madera, metal) en una señal eléctrica de audio.

Cápsulas magnéticas, convierten las fluctuaciones de un campo magnético en una señal de audio; las pastillas de las guitarras eléctricas están equipadas con este tipo de transductores.

Células ópticas, mediante un haz de luz son capaces de transformar las variaciones de densidad luminosa en una señal de audio; se utiliza en la banda sonora de las películas.

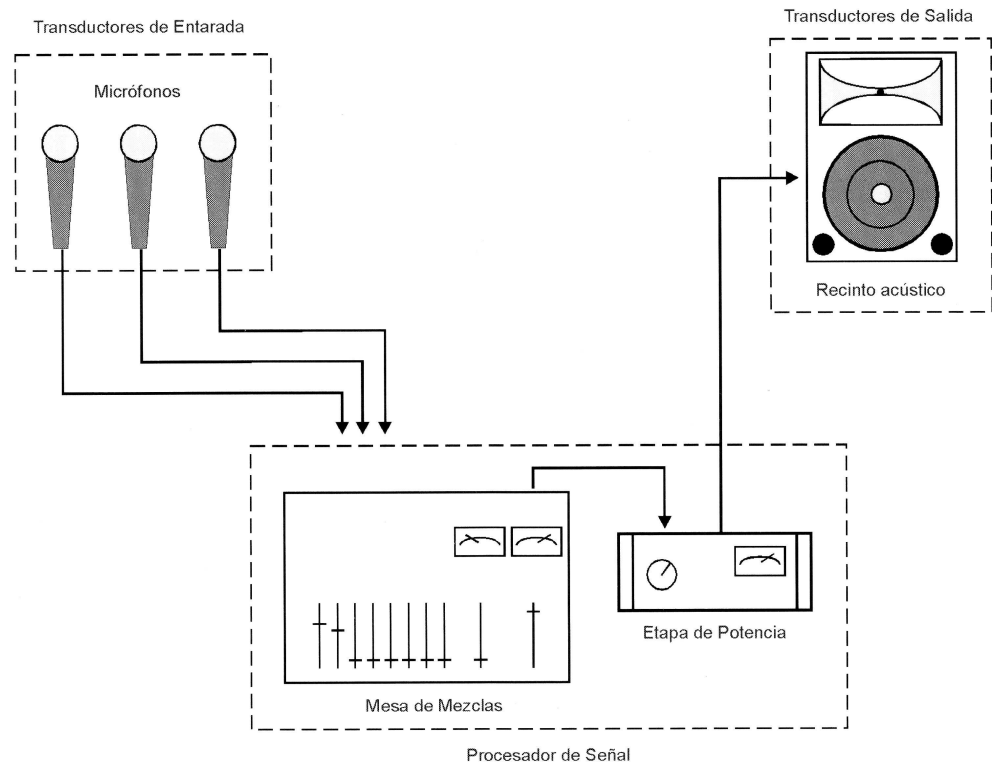
Cabezales magnéticos, que convierten fluctuaciones magnéticas impresas en una cinta en variaciones de voltaje; se utiliza en todos los sistemas de reproducción de cinta magnética.

Los transductores de salida más usuales en los sistemas de amplificación sonora son los siguientes:

Altavoces de alta potencia; son los que se utilizan en todo tipo de reproducción musical a distancia. Convierten la señal de audio amplificada en vibraciones físicas, mediante el movimiento que la bobina imprime a la membrana del altavoz. Se pueden distinguir tres categorías básicas: Altavoces para altas frecuencias (entre 2 y 15 kHz), para frecuencias medias (de 500 a 2000 Hz), y para bajas frecuencias (entre 20 y 500 Hz.).

Altavoces de baja potencia; son los que usualmente llevan los auriculares en su interior. Son capaces de reproducir una amplia gama de frecuencias (entre los 50 Hz y los 15 kHz aprox.) aunque su intensidad sonora es reducida.

Figura 1



CADENA BÁSICA DE AMPLIFICACIÓN SONORA

En la figura nº 1 se puede observar la constitución de un sistema básico de amplificación sonora. Este sistema puede dividirse en tres grupos básicos: Transductores de entrada, procesado de la señal, y transductores de salida.

Transductores de entrada. Los tres micrófonos de la figura convierten las vibraciones sonoras en señales de audio, que son enviadas a través del cableado hacia el grupo de procesado de la señal.

Procesado de la señal. Los micros están conectados a las entradas de la mesa de mezclas, que efectúa las funciones de preamplificación (amplificación de la señal en voltaje), ecualización (corrección del equilibrio tonal), y mezcla. La salida de la mesa está conectada con un amplificador de potencia, cuya misión es la de amplificar la señal en potencia, de forma que ésta sea capaz de mover los altavoces.

Transductores de salida. Los altavoces son los que convierten la señal de audio, una vez ha sido amplificada, en vibraciones sonoras; de tal forma que el nivel de presión sonora suele ser mayor a la salida de los altavoces que ante los micrófonos.

Todos los sistemas de amplificación sonora responden a este modelo básico; por más elementos que lo configuren siempre siguen este esquema. La calidad de cualquier sistema está siempre en función del elemento que tenga una calidad inferior; es decir, las cualidades técnicas de todo un sistema de amplificación están limitadas por el elemento que tenga una calidad inferior. Y el elemento donde una cadena sonora empieza su función es, justamente, el micrófono.

CARACTERÍSTICAS DIRECCIONALES

Un micrófono es un transductor capaz de convertir las vibraciones sonoras en variaciones de voltaje equivalentes. Estas variaciones eléctricas reciben el nombre de señal de audio.

Cuando se habla ante un micrófono, las ondas sonoras chocan con algún tipo de membrana sensible a la deformación, llamada diafragma, produciendo un movimiento elástico de vaivén que es transformado en una corriente eléctrica, proporcional a las presiones que recibe dicha membrana.

No todos los micrófonos recogen el sonido de la misma forma, ya que según la función a que están destinados conviene que tengan una manera determinada de captación u otra. Algunas cápsulas de micrófonos recogen con la misma intensidad un sonido que venga de delante del micro y otro que provenga de un lado o de detrás del micrófono; dicho de otra forma, recogen con la misma intensidad cualquier sonido venga de una dirección u otra.

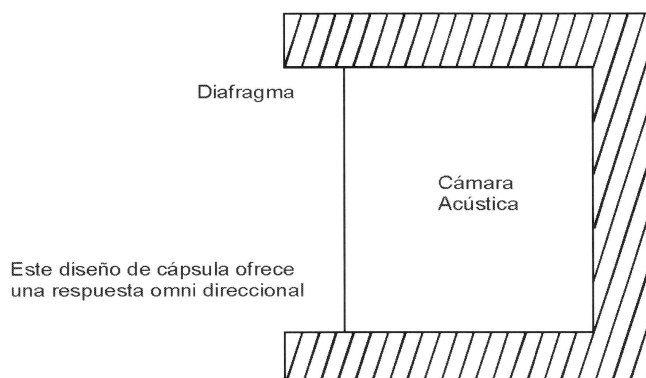
Otros micrófonos están diseñados para que capten con preferencia los sonidos que provengan de una dirección concreta; y otros que están diseñados para captar los sonidos que le llegan de delante y de atrás, pero que no captan los que llegan de los lados.

Las características direccionales básicas de los micrófonos se conocen con los nombres de: omnidireccional, unidireccional o cardioide, y bidireccional o con figura de ocho.

La respuesta direccional de un micrófono queda mejor definida con el auxilio de unos gráficos llamados diagramas polares, que consisten en unas curvas que muestran la sensibilidad del micrófono con respecto al ángulo de incidencia de las ondas sonoras sobre la membrana del micrófono a distintas frecuencias.

Es posible construir un micrófono con dos o más cápsulas de captación, las salidas combinadas de las cuales permitan seleccionar el sistema de captación que más interese al usuario.

Figura 2



Omnidireccional. El diafragma de estos micrófonos está fijado alrededor de una cámara de aire que permanece estancada, donde la presión es prácticamente constante. En el lado del diafragma abierto al exterior es donde los sonidos que llegan al micrófono hacen vibrar la membrana del diafragma. En la figura 2 se muestra una cápsula microfónica omnidireccional. Como este tipo de micros son impresionados por los cambios de presión que suceden en el aire, son también conocidos con el nombre de micrófonos de presión.

Como estos cambios de presión suceden venga el sonido de una dirección u otra, indistintamente, la captación de esta cápsula será omnidireccional.

Conviene, no obstante, tener en cuenta que debido a la propia estructura física de la cápsula, una plena respuesta omnidireccional no es fácil de obtener. En efecto, usualmente las frecuencias más altas que llegan al micro desde los lados o desde atrás no son captadas con la misma intensidad que si vinieran de delante del micro. Por fortuna esto sucede tan sólo con las frecuencias muy altas, mientras que el comportamiento omnidireccional con el resto de frecuencias suele ser satisfactorio.

Los micrófonos omnidireccionales no presentan el "efecto de proximidad" que es propio de los micros unidireccionales y bidireccionales.

En la figura 3 se muestra el diagrama polar de un micrófono con captación omnidireccional. Obsérvese que la curva de respuesta está trazada sobre un círculo dividido en circunferencias concéntricas, que representan los distintos niveles de captación con relación al nivel máximo.

Figura 3

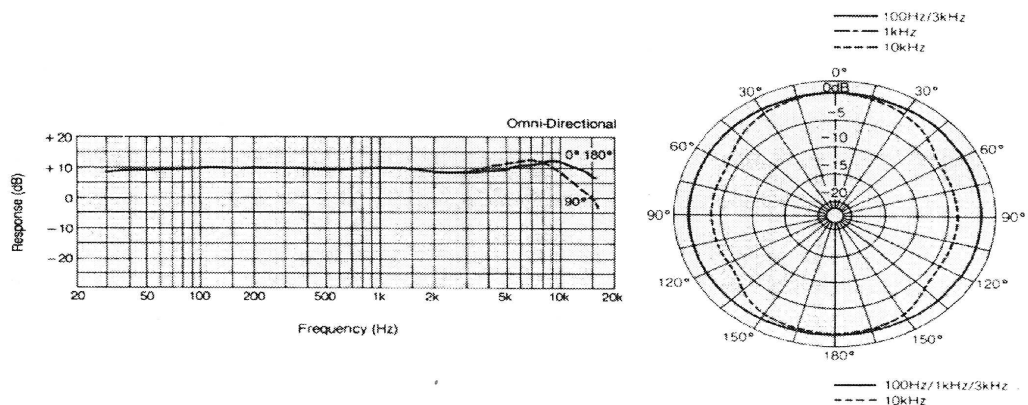
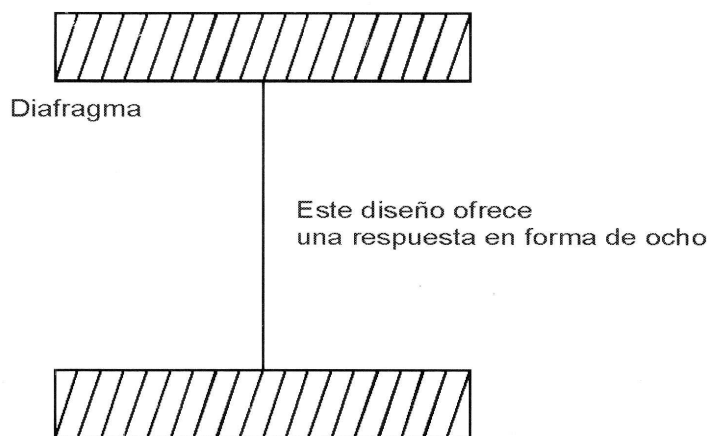


Figura 4



Bidireccional. Las cápsulas de los micrófonos bidireccionales utilizan un diafragma que está expuesto a las ondas sonoras por sus dos caras. Cuando un sonido llega perpendicularmente a una de las caras del diafragma, éste es captado perfectamente por el micrófono; recoge con igual sensibilidad las ondas sonoras procedentes del frente y de la parte posterior. No obstante estos micrófonos son insensibles a los sonidos que provengan de los lados. ¿Porqué sucede esto?. La figura 4 muestra una cápsula de un micro bidireccional; cuando el sonido llega de uno de los lados de la misma ejerce la misma presión sobre las dos caras del diafragma; al no haber diferencia de presión el diafragma no se moverá y no captará sonido alguno.

Este tipo de micrófonos operan gracias a la diferencia de presión que existe entre los dos lados del diafragma, por ello son conocidos también con el nombre de micrófonos de gradiente de presión y presentan, en consecuencia, el llamado "efecto de proximidad".

En la figura 5 se puede ver el diagrama polar típico de un micrófono con estas características direccionales. La forma de ocho que suelen tomar hace que estos micros sean conocidos también con el nombre de "forma de ocho", en referencia a esta particular forma de captación.

Figura 5

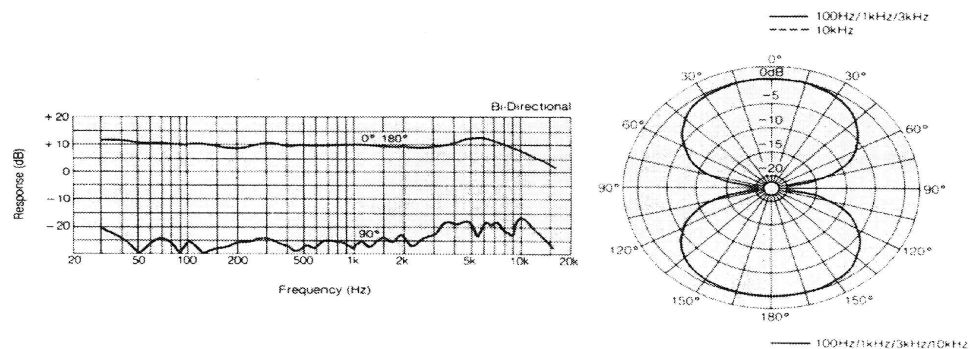
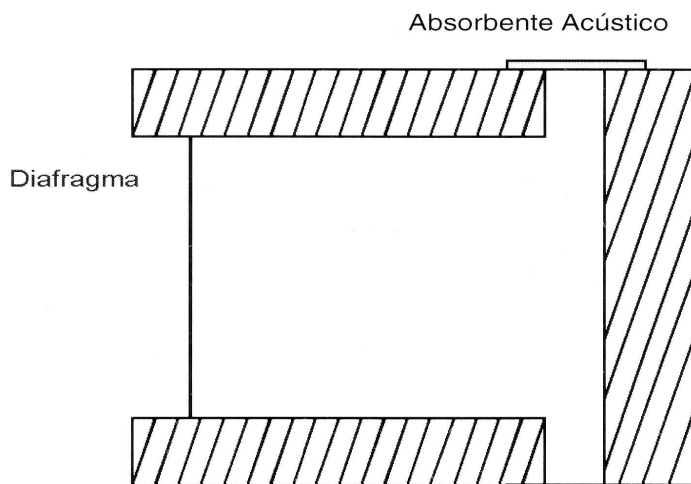


Figura 6



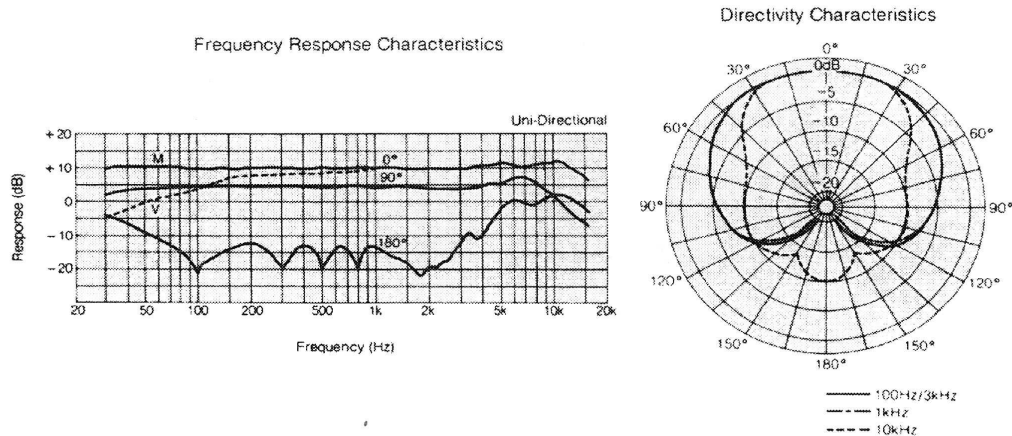
Direccional. Los micrófonos que presentan este tipo de captación funcionan gracias a las diferencias de presión que existen a los dos lados del diafragma. Operan según el principio del gradiente de presión.

El funcionamiento del micrófono direccional es parecido al bidireccional, a excepción del retardo que siguen los sonidos antes de llegar a la parte posterior del diafragma. Cada fabricante posee un diseño especial para sus micros, pero lo que se persigue es que el sonido que llega desde delante del micrófono cause una diferencia de presión entre los dos lados del diafragma, mientras que el sonido que llega desde los lados o desde atrás cause la misma presión a ambos lados del diafragma, y en consecuencia no sea captado (figura 6).

En realidad, todos los micros direccionales captan parte del sonido que les llega por los lados y por detrás; y para comprobar la calidad de uno de ellos es interesante ver su diagrama polar y observar su comportamiento con los sonidos que no vengán de su parte frontal; cuanto menos sean éstos mejor será comportamiento direccional. En la figura nº 7 se puede ver un diagrama polar típico de un micro

direccional; debido a la forma particular que tiene, estos micrófonos son también conocidos como cardioides, ya que su directividad se asemeja a la silueta del corazón.

Figura 7



Super-direccional. Algunos micrófonos se diseñan para que tengan un comportamiento direccional excepcional, y son denominados hipercardioides o supercardioides.

En la figura 8 se puede ver el principio de funcionamiento de estos tipos de micrófono. En 8(a) se ha fijado un cabezal microfónico detrás de una estructura tubular con un complejo grupo de aberturas por donde entra el sonido, con el objeto de que las ondas sonoras que no procedan de los puntos situados en el eje del micro (0°) sean canceladas. Por lo general, a medida que un sonido se aleja del ángulo 0° la captación va disminuyendo, ya que la diferencia de fase de las ondas sonoras que penetran por las aberturas del tubo hace que éstas se anulen. Estos micrófonos permiten la captación de sonidos a grandes distancias, y también cuando no es posible acercarse a la fuente del sonido, como cuando se realizan grabaciones de animales en libertad.

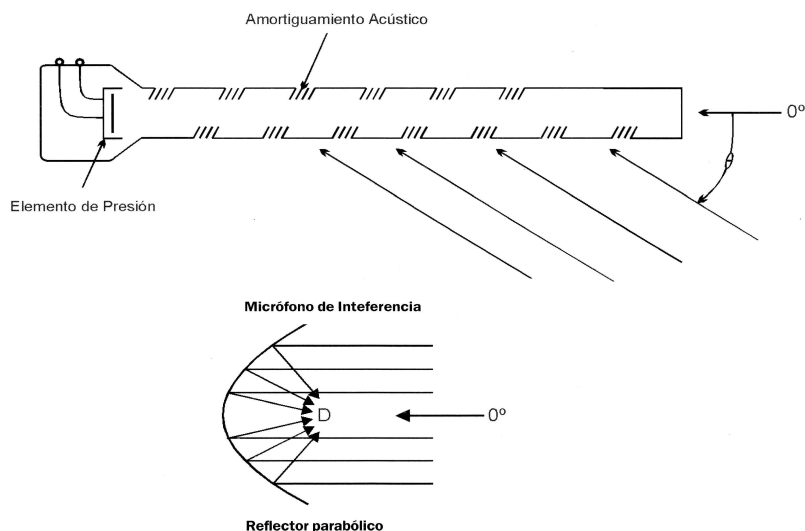
Una cápsula microfónica encarada con un reflector parabólico supone otro modelo de micro super-direccional (figura 8 b). Las ondas sonoras son concentradas hacia el foco de la parábola, donde se tiene que colocar el cuerpo del micrófono. Debido a su propia estructura física la efectividad de estos micros es inversamente proporcional a la longitud de onda, ya que captan solamente aquellos sonidos cuyas longitudes de onda sean menores o iguales que el diámetro de la parábola; es decir captan perfectamente las frecuencias altas y medio-altas pero no las frecuencias más bajas.

ELEGIR UN MICRÓFONO SEGÚN SU DIRECTIVIDAD

Distintas necesidades en la sonorización hacen que la directividad de un micrófono sea un factor determinante en la elección del mismo. Los de tipo cardioide serán los escogidos cuando no interese captar los sonidos que no provengan del eje del micrófono, ya sean las reverberaciones de la misma fuente de sonido u otros instrumentos. Este es el caso de una grabación en la que los instrumentos musicales se hallen muy cerca unos de otros, y nos interese su captación individual; y también cuando se coloque la microfónica en una batería, la gran proximidad que existe entre los diversos tambores exige la colocación de micros que presenten una direccionalidad muy estricta.

Especialmente importante es la separación entre instrumentos en todos los conciertos en vivo, donde la utilización de micrófonos cardioides es preceptiva.

Figura 8



Los micrófonos bidireccionales se usan en trabajos de directo donde interese la captación estéreo de varias fuentes sonoras, como por ejemplo una coral; y también cuando dos cantantes efectúan un dúo ante el público, situándose uno enfrente del otro con el micro entre ellos.

Tanto los micros direccionales como los bidireccionales operan según el principio del gradiente de presión, por esto ambos son afectados por el **efecto de proximidad**. Este efecto se reconoce por el incremento de las bajas frecuencias que ocurre cuando la fuente del sonido está muy cercana al micrófono. Esto sucede porque la distancia para que el sonido llegue a los lados anterior y posterior del diafragma no es la misma que cuando la fuente está más alejada.

Si la distancia entre el micrófono y la fuente es muy pequeña, la diferencia entre las distancias que separan la fuente de las partes anterior y posterior del diafragma es suficiente para que la fase de la señal sonora no sea la misma; esto provoca un aumento en la captación de todas las bajas frecuencias. Son muchos los vocalistas que utilizan esta propiedad para modificar en ciertos pasajes su tono de voz, acercando o alejándose del micro.

Los micrófonos omnidireccionales, por su constitución física, están capacitados para recoger el sonido con mayor naturalidad que los de tipo cardioide, ya que en su diseño no es necesario introducir barreras físicas que modifiquen su direccionalidad. Esto significa que los sonidos que provengan de fuera del eje del micrófono serán reproducidos con todo su espectro sonoro real. Otras ventajas de este tipo de micrófonos son que no presentan el efecto de proximidad, y que poseen una gran capacidad para manejar altos niveles de presión sonora.

Los micros omnidireccionales se utilizan en programas de radio y TV donde un grupo de personas se colocan alrededor de un único micrófono. También se utilizan como micros de ambiente y para las grabaciones en estudio de música clásica o de jazz.

MICRÓFONOS DINÁMICOS. El micrófono dinámico o de bobina móvil consiste en una pequeña bobina sujeta a un diafragma muy ligero, de forma que cuando unas ondas sonoras impresionan el diafragma la bobina se mueve solidariamente en el interior de un campo magnético creado por un imán. Las ondas sonoras que inciden en el diafragma originan su vibración mecánica, este movimiento se transmite a la bobina móvil que se desplaza en vaivén dentro del flujo magnético creado por el imán. Esto engendra una corriente eléctrica en la bobina móvil proporcional al movimiento del diafragma. Esta corriente es débil, pero puede ser amplificada utilizando el amplificador de voltaje presente en las entradas de las mesas de mezclas.

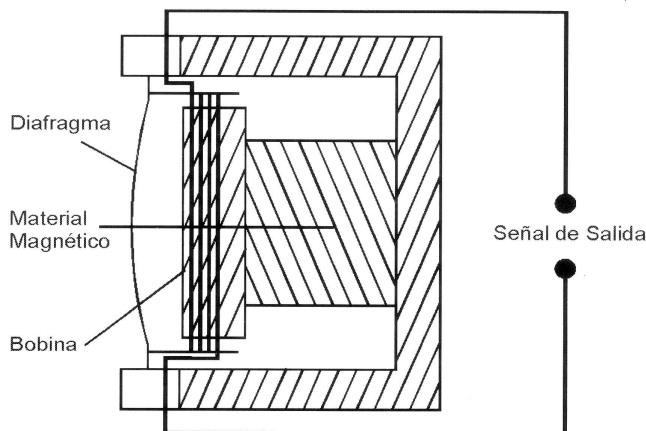
Este tipo de micrófonos tiene muchas ventajas sobre otros tipos; son relativamente económicos y bastante robustos, lo cual permite su utilización en cualquier sonorización en directo como también en estudio. Toleran unos niveles de presión sonora muy elevados y no precisan de alimentación eléctrica para su funcionamiento.

No obstante también pueden presentar algún inconveniente. El mismo movimiento del conjunto bobina móvil/diafragma posee una inercia que limita su capacidad para vibrar con las ondas sonoras; como resultado de ello la efectividad práctica de los micrófonos dinámicos es buena sólo hasta los 14 o los 15 kHz. Su eficiencia para captar frecuencias más altas es muy reducida.

Últimamente han aparecido nuevos micrófonos en los que se ha utilizado un nuevo material para construir el imán del micrófono. Este material (Neodymium) es capaz de crear un mayor campo

magnético utilizando bobinas con una masa muy reducida; esto permite que el diafragma pueda moverse con frecuencias más elevadas, llegando a captar hasta los 20 kHz.

Figura 9



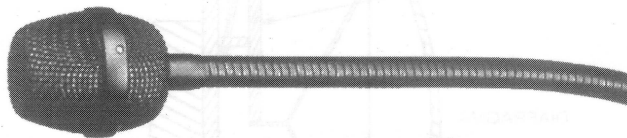
En la figura 9 puede verse el esquema de una cápsula de un micrófono dinámico. La bobina móvil tiene pocas espiras, ya que debe ser muy ligera para no entorpecer su movimiento. La impedancia de salida es baja, y se sitúa entre los 100 y los 600 ohmios en todos los casos; esto facilita la conexión del micrófono a través de líneas relativamente largas, sin que la señal sufra una atenuación notable en las frecuencias altas.

Los micrófonos dinámicos están disponibles en modelos omnidireccionales, cardioides y también hipercardioides.

Físicamente, un micrófono dinámico puede presentar cualquier forma, tal y como se muestra en la figura 10;

las más usuales la cilíndrica y la de corbata lavalère diseñada esta última para captar la palabra en programas de televisión donde el sujeto deba tener las manos libres. Los micros con un diafragma de un gran tamaño son los más indicados para captar plenamente las frecuencias más bajas, como son las que origina un bajo eléctrico o el bombo de una batería.

Figura 10

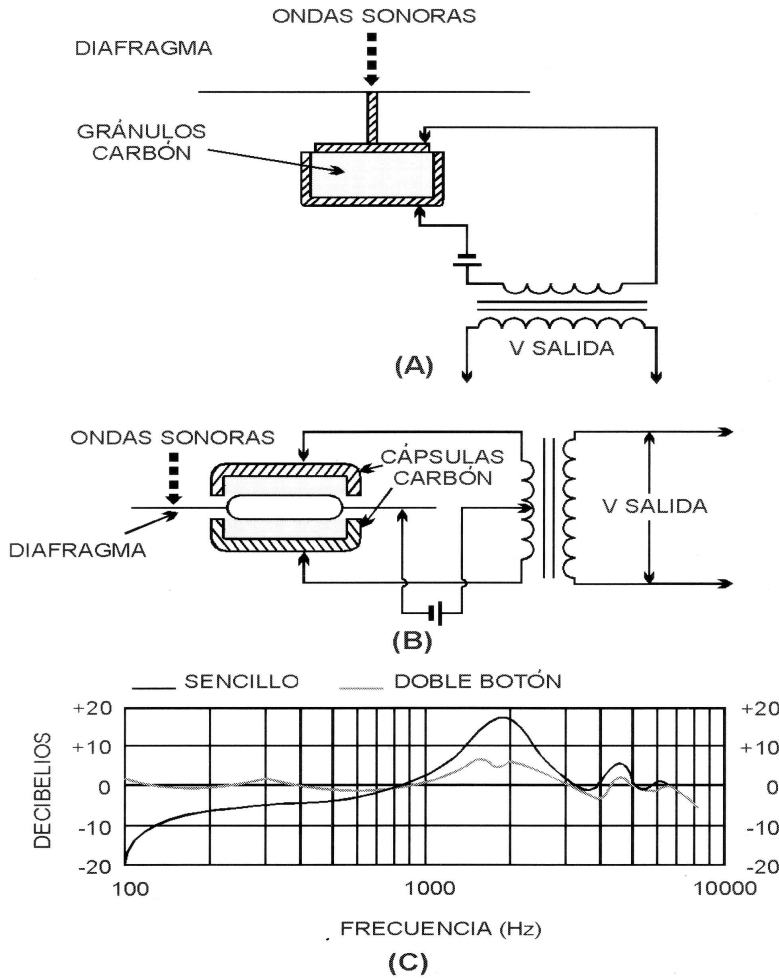


MICRÓFONOS DE CARBÓN Y CERÁMICOS. El primer transductor que permitió la transformación de una onda sonora en una diferencia de voltaje fue un micrófono de carbón. Este tipo de micros es el más sencillo, sólido y barato; pero su limitada calidad sonora restringe su uso, y no es apto para ser tomado en cuenta en amplificaciones musicales.

Según se puede ver en la figura 11, un micrófono de carbón está constituido por una membrana metálica que recibe el impacto de las ondas sonoras, que transmite esta vibración a un pistón que presiona los gránulos de carbón contenidos en una cápsula cerrada, aislada eléctricamente del pistón. Al vibrar el diafragma la presión que ejerce el pistón sobre los gránulos de carbón aumenta y disminuye, de la misma forma que aumenta y disminuye la

resistencia eléctrica que el carbón ofrece al paso de la corriente continua. Este tipo de micrófonos precisa, pues, de una tensión eléctrica exterior para que pueda funcionar. En realidad un micrófono de carbón no genera corriente alguna; simplemente modula la corriente continua que circula por su interior según la presión que reciban los gránulos de carbón, comportándose pues como una resistencia variable.

Figura 11



Es el micrófono más utilizado en telefonía, ya que debido a su elevado voltaje de salida (entre 2 y 15 V.) no precisan de ningún tipo de amplificación para ser captados a grandes distancias. Esto, al margen de su robustez ante los golpes y los factores meteorológicos.

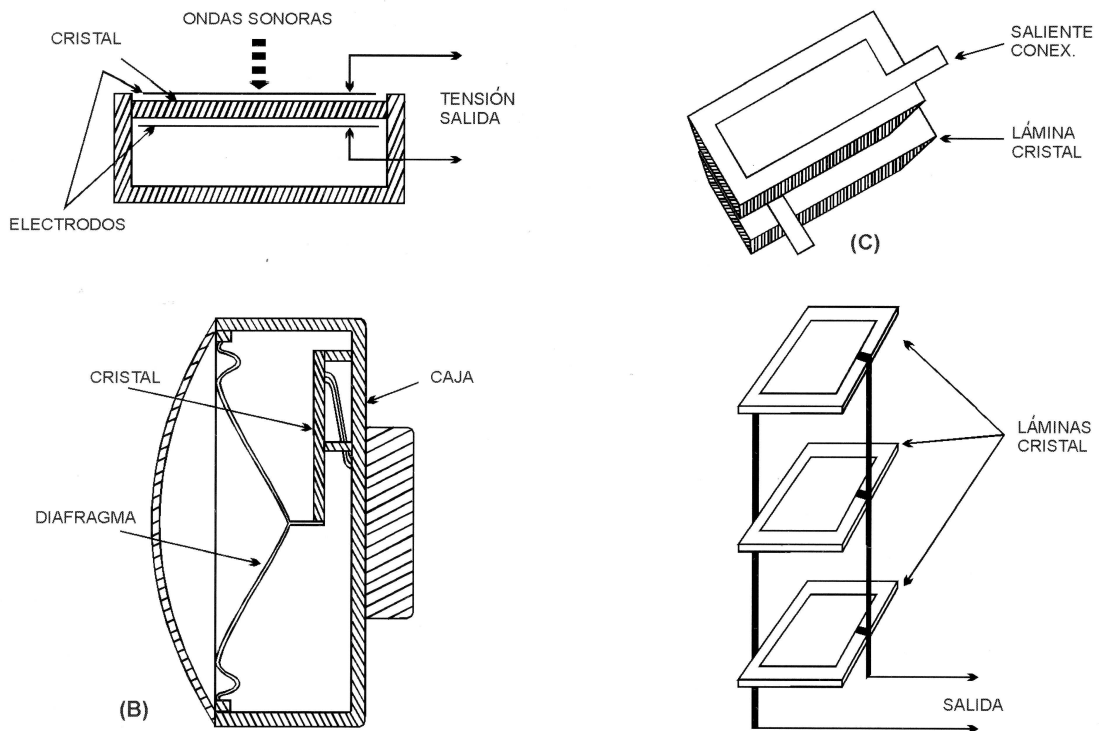
El micrófono cerámico se fundamenta en la propiedad de los cristales piezoeléctricos de engendrar un voltaje, cuando se ven sometidos a una torsión que los deforma; es por ello que son conocidos también con el nombre de piezoeléctricos. La intensidad eléctrica que se obtiene es proporcional a la fuerza que se aplica sobre los cristales, de forma que esta señal reproduce la onda acústica y puede enviarse hacia la entrada de un amplificador.

Básicamente, nos encontramos con dos clases de micros piezoeléctricos: los de presión y los de torsión. En la figura 12 se muestra en esquema como funcionan ambas variedades. En 12 A la presión sonora incide directamente sobre una de las caras del cristal, recubierta de una película muy fina de metal conductor; a esta presión el cristal reacciona generando una fuerza recogida entre esta capa de metal y la capa depositada en la parte interior del cristal.

En el tipo de torsión (Fig. 12 B) la onda acústica presiona sobre toda la superficie de un diafragma y proyecta su fuerza sobre un sólo punto del cristal, de manera que se concentra en un extremo de la lámina y ocasiona la torsión de la misma, generando una fuerza superior a la que se obtiene con el tipo de presión.

En ambos casos se aprovecha la diferencia de voltaje que se origina entre las capas metálicas que cubren ambos lados del cristal, cuando este cristal se deforma.

Figura 12



Los niveles de salida de estos micrófonos presentan una impedancia muy elevada, lo cual limita la longitud de los cables de unión con el amplificador a menos de 20 metros. Son unos buenos reproductores de las notas más agudas, pero bastante deficientes por debajo de los 100 Hz. Su utilización en sistemas de sonido de calidad suele limitarse a los conocidos como micrófonos de contacto, que utilizan uno o varios cabezales piezoeléctricos para su función.

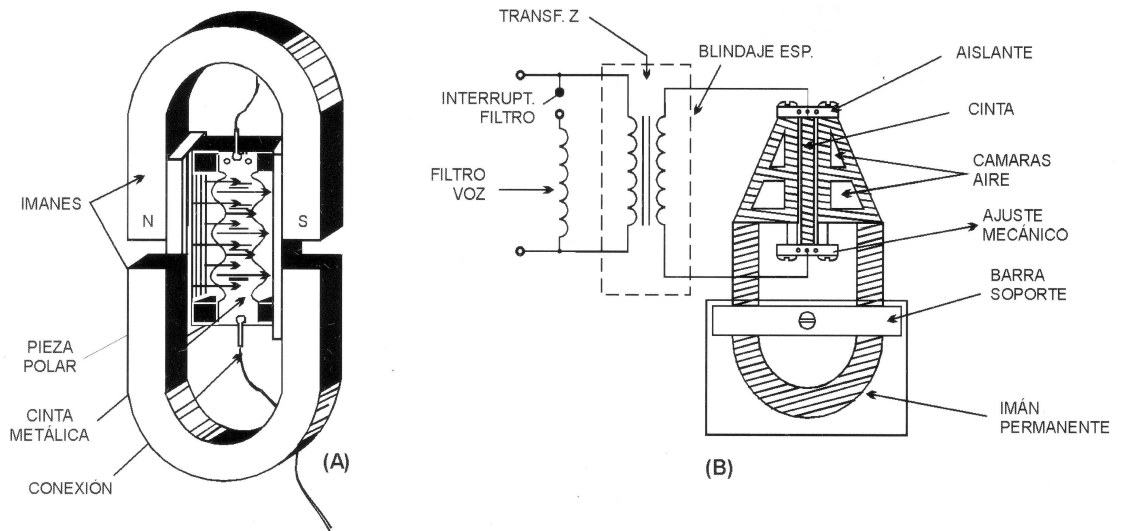
La elevada sensibilidad a la humedad, a la temperatura y a los golpes que presentan los micrófonos cerámicos hacen que su uso en conciertos sea muy limitado, a pesar de su reducido coste.

MICRÓFONOS DE CINTA. El micrófono de cinta trabaja gracias al mismo principio electrónico con que lo hace el micrófono dinámico, excepto que una cinta metálica reemplaza al conjunto diafragma/bobina. Esta cinta suele ser ondulada, con tal de aumentar su elasticidad y facilitar la vibración ante los impactos de las ondas sonoras; suele estar suspendida en el interior de un fuerte campo magnético, proporcionado por uno o dos imanes permanentes.

Las ondas sonoras que llegan de ambos lados de la cinta hacen que ésta se ponga a vibrar dentro del potente campo magnético, originando un voltaje proporcional a la velocidad con que la cinta corta el flujo magnético y a su propia longitud. Puesto que la cinta responde a las alteraciones de presión tanto si se producen por el frente como por el dorso de la misma. Estos micrófonos son fundamentalmente bidireccionales, si bien algunos modelos con un diseño modificado pueden tener otras características direccionales. En la figura 13 se puede observar la constitución típica de un micrófono de cinta.

Como el voltaje de salida de estos micros es muy bajo, suelen llevar un transformador de voltaje incorporado en el mismo cuerpo del micrófono. Un buen micrófono de cinta presenta una respuesta en frecuencias muy plana entre los 30 y los 20.000 Hz.

Figura 13



A pesar de su elevada calidad sonora, los micrófonos de cinta tienen algunas desventajas ante los micrófonos de tipo dinámico, una de las cuales es su fragilidad ante los golpes o las presiones acústicas demasiado elevadas. No obstante la tecnología progresa, y algunos modelos recientes de micros de cinta son bastante resistentes. En éstos se ha aplicado una delgada capa metálica sobre una cinta plástica, aumentando así su dureza y extendiendo su respuesta a las frecuencias extremas. En las grabaciones de música clásica los micrófonos de cinta son los más utilizados, ya que el sonido obtenido es más suave y natural que el que se obtiene usando micros dinámicos o de condensador. Su utilización en directos es prácticamente nula, ya que este tipo de micrófonos debe mantenerse a una cierta distancia de la fuente sonora (35 cms. o más), y esto puede acarrear problemas de realimentación cuando se utilizan monitores.

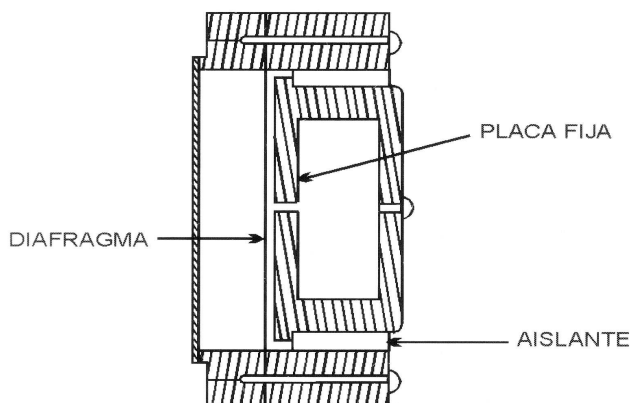
MICRÓFONOS DE CONDENSADOR. Un condensador consiste en un par de membranas metálicas paralelas, separadas entre si por un material aislante, que son capaces de almacenar electricidad estática dentro del espacio comprendido entre ambas. La carga eléctrica que puede guardar un condensador viene definida por la fórmula:

$$Q = C.V$$

siendo Q la carga eléctrica medida en culombios, C la capacidad de almacenaje medida en faradios, y V la diferencia de voltaje entre las dos membranas.

La capacidad de almacenar corriente estática entre las dos membranas (también llamada capacitancia) varía cuando se altera la distancia que separa una membrana de otra; en consecuencia también cambia el voltaje, y genera una corriente eléctrica proporcional a esta alteración de la distancia.

Figura 14



El cabezal de un micrófono de condensador está constituido por una membrana muy delgada que constituye el diafragma, y que está situada a muy poca distancia de otra membrana también metalizada, de manera que constituyen un condensador, donde el espacio que existe entre ambas actúa como aislante. El diafragma varía su distancia con la segunda placa que está fija al recibir los impactos de las ondas sonoras, alterándose la capacidad del conjunto y produciendo una diferencia de voltaje proporcional al sonido captado.

En la figura 14 puede verse el esquema de una cápsula típica de un micrófono de

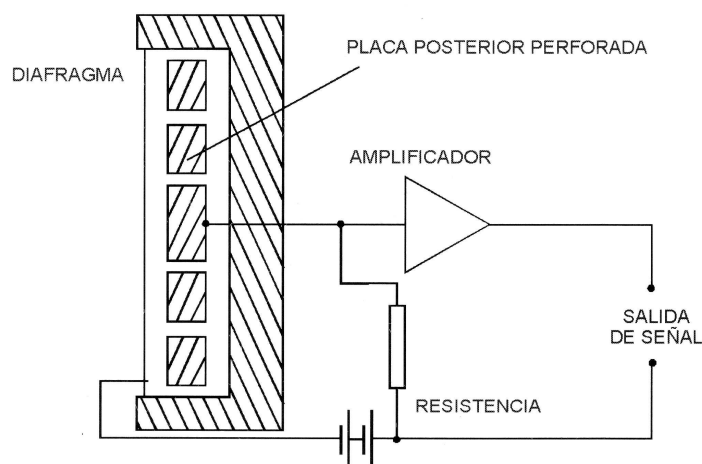
condensador. Este tipo de micros precisa de una fuente de alimentación externa que cargue eléctricamente el diafragma y la placa de la cápsula microfónica.

Esta carga puede ser enviada desde una mesa de mezclas hacia el micrófono -alimentación phantom- pero también se puede originar en el mismo cuerpo del micro mediante una pila eléctrica.

La impedancia de salida de estas cápsulas microfónicas suele ser del orden de unos 30 megaohmios; una resistencia tan elevada obliga a que estos micrófonos trabajen prácticamente pegados a un preamplificador transformador de impedancias, de forma que la cápsula y el preamplificador suelen encerrarse en un mismo cuerpo. En los modelos más antiguos este preamplificador empleaba válvulas, pero actualmente se utilizan mayoritariamente los FET (Transistores de efecto de campo). No obstante los modelos a válvulas no han desaparecido, ya que a pesar de su tamaño excesivo y de un coste bastante elevado son muy apreciados por algunos técnicos, debido a la sutileza del sonido que entregan.

En la figura 15 se muestra el circuito interno de un micrófono de condensador típico, en el que la placa fija es perforada para permitir una mayor libertad en el movimiento del aire que hay entre ésta y el

Figura 15



diafragma.

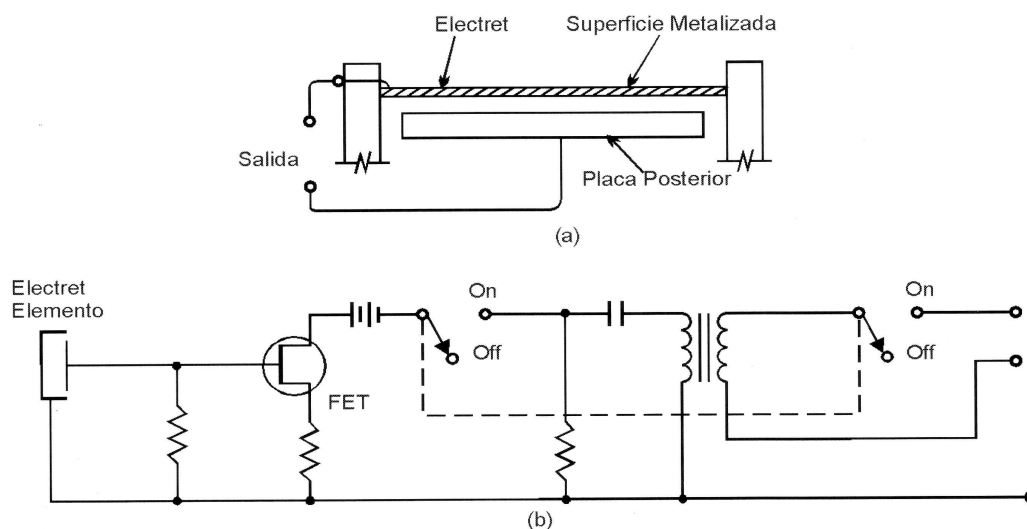
Comparado con el micrófono dinámico, la constitución de un micro de condensador es bastante más compleja; ello suele traducirse en un precio de coste más elevado. No obstante, el pequeño tamaño que suele tener el diafragma metálico hace que su inercia sea menor que la que posee el diafragma de un micrófono dinámico; como consecuencia de ello, el micrófono de condensador responde con mayor eficiencia a las altas frecuencias.

La respuesta en frecuencias de algunos micrófonos de condensador excede a la del propio oído humano, tanto en las altas como en las bajas frecuencias. Su utilidad en los estudios de grabación es indiscutible, y pueden encontrarse modelos que tengan la posibilidad de variar a voluntad la respuesta en frecuencias, para adaptarlos a diversos usos. Por otro lado se diseñan con cualquier clase de característica direccional.

Hay que tener presente, no obstante, que una elevada humedad en el ambiente puede afectar el buen funcionamiento de un micrófono de este tipo, ya que el vapor de agua puede actuar como un conductor eléctrico entre el diafragma y la placa posterior de la cápsula microfónica, originando un cortocircuito en la misma.

MICRÓFONOS ELECTRET. El principio de funcionamiento del micrófono electret es similar al del micrófono de condensador; la diferencia principal consiste en que la carga eléctrica que debe haber entre el diafragma y la placa no es suministrada exteriormente, ya que el mismo diafragma está construido con un material que retiene indefinidamente la carga eléctrica. Así, el diafragma y la placa son irradiados electrónicamente durante su fabricación, y luego no precisan un voltaje exterior para poder funcionar durante varios años. (Figura 16).

Figura 16



El micrófono electret precisa, al igual que el de condensador, de un preamplificador de impedancia unido a la cápsula; pero en este caso es suficiente un voltaje entre 1'5 y 9 voltios para su funcionamiento, que puede ser suministrado por una pila corriente. La limitación básica de este tipo de micrófonos viene dada por el grosor que tiene el diafragma. Dado que debe conservar durante mucho tiempo la carga eléctrica, es más grueso que el del micro de condensador, y esto se traduce en una menor capacidad de reacción ante las frecuencias más altas.

Los progresos habidos en los diseños de estos micrófonos permiten que hoy en día se utilicen más a menudo en sistemas de amplificación y en grabaciones de estudio. Básicamente, se ha tratado de situar la carga eléctrica permanente en la placa posterior, en lugar de hacerlo en el diafragma. De esta forma el grosor del diafragma es reducido y su sensibilidad ante las altas frecuencias permanece muy alta.

Esta nueva tecnología ha permitido la aparición de unos micrófonos que ofrecen una calidad parecida a la de los micros de condensador, pero con un coste igual o inferior al de los micros dinámicos.

MICRÓFONOS ESPECIALES. Usualmente un micrófono suele emplazarse relativamente cerca de la fuente de sonido que tiene que captar, ya que si se sitúa a una gran distancia puede suceder que los sonidos reflejados en las paredes, y que llegan al micro algo más tarde que el sonido directo, sean la causa de una cancelación parcial de algunas frecuencias.

No obstante, la colocación en un estudio de un micrófono lejos de la fuente permite crear, deliberadamente, en combinación con otros micros de proximidad, efectos de reverberación y cancelación sonoros, que pueden ser útiles: son los llamados micrófonos de pared.

Estos micros, como su nombre implica, están diseñados para ser colocados en paredes o suelos, indistintamente. El tamaño que tenga el pie de un micro de pared afecta a la respuesta en frecuencias graves del mismo; cuanto mayor es más se extiende la captación de los tonos más bajos. Algunos de estos micrófonos están diseñados de forma que la cápsula captadora está situada enfrente del pie del micro, de manera que el sonido que le llega se refleja siempre en el pie del mismo micrófono (Figura 17). El sonido directo y el reflejado se mantiene en fase, siempre que la distancia entre las dos placas no exceda de 1/10 de pulgada, y capta correctamente frecuencias hasta los 20 KHz. Como resultado de ello el sonido directo y el reflejado se suman, lo cual significa doblar la potencia sonora captada por la cápsula del micro.

La captación de los micrófonos de pared es omnidireccional, pero la cápsula que llevan suele ser cardioide, y está enfocada hacia el punto opuesto donde está situada. La utilización de estos micros se limita a las tomas en estudio, ya que su utilidad en los directos es prácticamente nula.

Figura 17

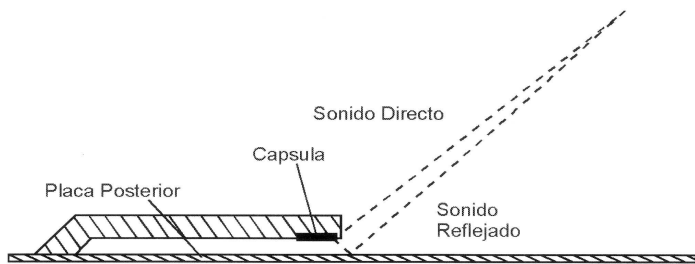
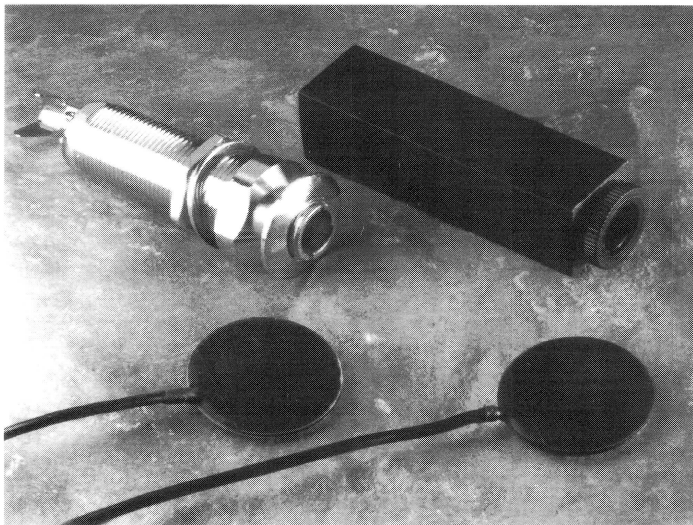


Figura 18



En ciertas situaciones la realimentación acústica puede provocar serios problemas de sonorización. Para solventarlos es bastante útil la utilización de los micrófonos de contacto. Estos micros reaccionan ante la vibración del instrumento al cual están unidos físicamente, y no son sensibles a las ondas sonoras que le puedan llegar a través del aire. La mayor parte de los micrófonos de contacto están basados en cápsulas piezoeléctricas, aunque en algunos modelos se utiliza el mismo principio de bobina móvil utilizado en los micrófonos dinámicos. Las pastillas de las guitarras acústicas son un ejemplo de este particular tipo de micrófonos.

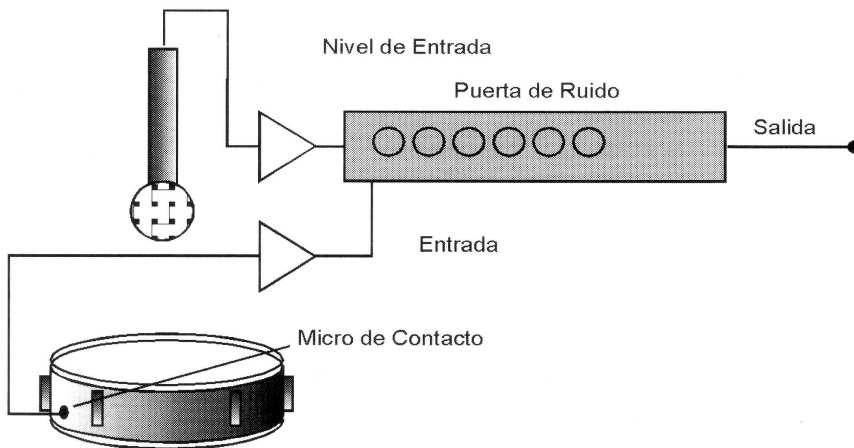
Estos micros no contienen diafragma, tal y como lo conocemos, ya que la vibración del instrumento es trasladada por contacto mecánico y causa la torsión del cristal piezoeléctrico, o bien el movimiento de la bobina.

Los micros de contacto pueden presentarse bajo cualquier forma (Figura 18), desde pastillas autoadhesivas hasta cajitas de madera o plástico que contienen diversos sistemas para ser fijadas al instrumento.

Estos micrófonos, no obstante, tienen una notable limitación; y es que el verdadero sonido de un instrumento no puede ser representado por la vibración de una pequeña parte del mismo: El sonido de cualquier instrumento musical está compuesto por la suma de todas las vibraciones que emanan de él.

Estos micrófonos pueden ser usados, asimismo, como disparadores de puertas de ruido o de *samplers*, ya que al estar en contacto con el cuerpo del instrumento, el micrófono recibe la señal antes de que el sonido llegue a la microfónica convencional. Para controlar el impulso que accione una puerta de ruido mediante un micro de contacto, la puerta debe abrirse antes de que llegue la señal de audio procedente del micrófono convencional, por lo que se aprovecha del impulso que recibe antes desde el micro de contacto. (Figura 19)

Figura 19

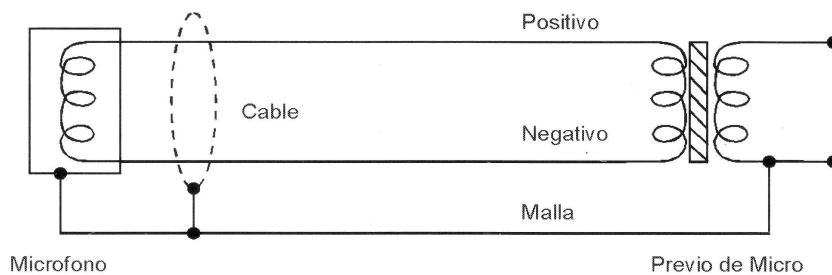


LA ALIMENTACIÓN "PHANTOM".

Todos los micrófonos de condensador requieren de una alimentación eléctrica para poder funcionar. Muchos micros de este tipo vienen preparados para alojar en su mismo cuerpo baterías que le proporcionen esta corriente. No obstante el sistema más popular de abastecer de energía eléctrica a los micrófonos de condensador es la denominada alimentación phantom. Mediante este sistema se proporciona desde el exterior la corriente continua adecuada para que funcione el micro, el valor de tensión de la cual suele ser de 48 V; si bien en algunos modelos puede oscilar entre los 9 V y los 48 V, para adaptarse a las posibilidades de distintas fuentes de alimentación. (Figura 20)

En cualquier caso, el conexionado entre el micrófono y la mesa desde donde éste recibe la corriente continua debe efectuarse mediante una línea balanceada (2 vivos y una malla), ya que si se efectuara con una línea sin balancear (1 vivo y una malla) no sería posible este envío.

Figura 20



Por lo general, esta corriente es generada desde la misma fuente de alimentación de la mesa de mezclas donde el micro esté conectado, y alcanza al micrófono a través del cable que sirve también para hacer llegar la señal de audio del micro a la mesa. Las mesas de mezcla mejor diseñadas tienen un conmutador para enviar alimentación phantom en cada entrada microfónica, mientras que las más sencillas pueden tener un conmutador general para todas las entradas, o bien simplemente no pueden efectuar este envío.

Si se conecta, por error, un micrófono dinámico a una entrada donde esté activado este envío de corriente, pueden suceder dos cosas: Que el micrófono esté preparado para enviar la señal balanceada, en cuyo caso no habrá ningún problema, ya que los dos extremos de la bobina recibirán el mismo voltaje y no fluirá ninguna corriente; o bien que el micro no esté preparado para enviar la señal balanceada; en este caso circulará por la bobina la corriente y existirá un peligro evidente para la integridad del micrófono, ¡y también para quien toque este micrófono!. De todas formas, es conveniente no conectar la alimentación phantom cuando el micrófono no lo precisa, para evitar riesgos inútiles.

CARACTERÍSTICAS ELECTRÓNICAS.

Sensibilidad o nivel de salida. Los micrófonos generan unos niveles de señal de audio muy débiles, si los comparamos con los que envían las líneas de señal de los procesadores sonoros o de los teclados y combos. Por este motivo, esta señal debe ser preamplificada antes de realizar cualquier otra operación con ella. Esta función la realiza normalmente la misma mesa de mezclas mediante el control "Gain" o bien el magnetofón donde el micro está conectado.

El nivel de salida de un micrófono se especifica siempre tomando como referencia un nivel de presión sonora; cuanto mayor sea la sensibilidad de un micro mayor será el nivel de salida del mismo.

Estos niveles se miden en decibelios, y como referencia se suelen tomar dos valores: dBV (dB ref. 1 voltio) o bien dBm (dB ref. 1 milivatio). En el primer caso el valor de referencia es una diferencia de tensión, mientras que en el segundo es una potencia. Ambos valores no son comparables entre sí sin conocer la impedancia de carga.

Impedancia. La impedancia puede ser definida como la oposición al flujo de una corriente eléctrica alterna en un circuito eléctrico; y se mide en ohmios.

Así, nos podemos encontrar con micrófonos de alta o de baja impedancia. Los micros de alta impedancia (entre 5 y 15 kohmios) son utilizados habitualmente en sistemas domésticos y en equipos de sonorización modestos, ya que entregan un voltaje relativamente elevado si se compara con el que entregan los micros de baja impedancia. Ello permite que el sistema funcione sin necesidad de contar con preamplificadores para las líneas microfónicas, simplificándolo y abaratando el coste.

Dos factores limitan la utilidad de los micrófonos de alta impedancia: Por un lado cuanto mayor es la impedancia más fácil es que la señal de audio se vea afectada por el efecto condensador provocado por el mismo cable de audio; y por otro, las señales de alta impedancia son más susceptibles que las de baja impedancia a sufrir interferencias de tipo electromagnético.

Por todo ello, los micrófonos de alta impedancia sólo pueden usarse con cables relativamente cortos (entre 3 y 4 metros), ya que utilizar cables más largos equivale a arriesgarse a sufrir interferencias, y también a tener una pérdida de altas frecuencias en la señal de audio.

Los micrófonos que se emplean usualmente en los sistemas profesionales de amplificación son los de baja impedancia (entre 150 y 600 ohmios), ya que los preamplificadores de las mesas de mezcla están preparados para recibir estos valores, y lograr así una transferencia máxima de voltaje entre el micro y el previo.

Por otro lado, utilizando líneas de baja impedancia, es posible usar cables de mayor longitud sin pérdidas apreciables de la señal.

Así, por ejemplo, si se utiliza un cable de 50 metros para unir un micro de baja impedancia con una mesa, la pérdida total que registra la señal de audio es de sólo un decibelio en las frecuencias próximas a los 20 kHz.

LÍNEAS BALANCEADAS

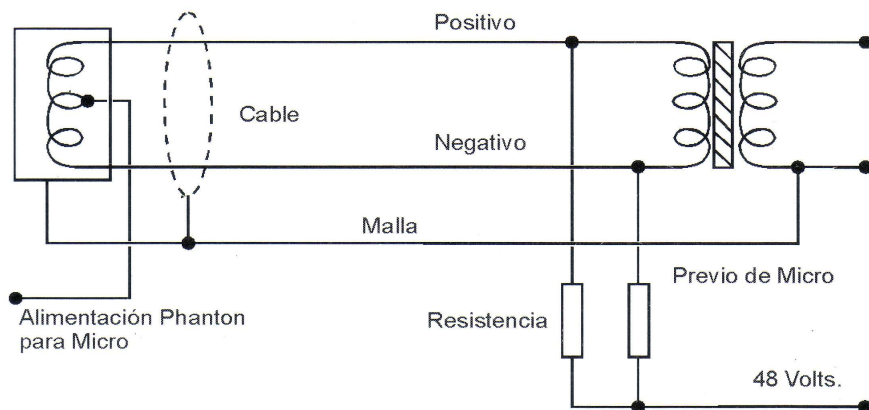
Los cables que unen los micrófonos de los equipos domésticos contienen en su interior dos líneas conductoras: una central por donde discurre la señal de audio, y que recibe el nombre de vivo, y otra exterior que rodea al "vivo" que recibe la denominación de malla, y que está conectada a tierra o al chasis del amplificador. Ambas líneas están protegidas y aisladas mediante material plástico.

La función de la malla es la de proteger al cable de señal de todo tipo de interferencias externas, que pueden venir de los transformadores, fuentes de alimentación, conmutadores de luces, etc. Las señales de radiofrecuencia también pueden causar problemas de interferencia en las líneas microfónicas con dos conductores.

No obstante la efectividad de la malla ante las interferencias no es absoluta. Idealmente estas interferencias son interceptadas por la malla, que actúa como una pantalla rodeando al vivo, y las envía hacia la toma de tierra o el chasis del amplificador. Pero en la práctica una buena proporción de estas señales parásitas puede llegar hasta el vivo y afectar a la señal de audio.

Para resolver con más efectividad este problema se utilizan los sistemas de cableado balanceado. En la figura 21 se muestra en esquema la constitución de una línea balanceada, que contiene dos cables conductores de la señal de audio (*Hot* y *Cold*) rodeados de la malla, que actúa como pantalla protectora. Para que este sistema sea efectivo es necesario que tanto el micrófono como la conexión al preamplificador o a la mesa dispongan de los conectores correspondientes.

Figura 21



Dentro del micrófono, la señal de audio se divide en dos fases opuestas mediante un transformador. Estas fases se conocen con los nombres de positiva y negativa o bien *Hot* y *Cold*, y son las señales que circulan por los dos conductores centrales de la línea. La malla se conecta a tierra por la mesa de mezclas y, por el otro extremo, al cuerpo del micrófono, de forma que por ella no circula señal alguna. Cuando las dos señales llegan al preamplificador de la mesa, otro transformador invierte la fase de uno de los conductores, y añade la señal resultante al otro conductor, de forma que tendremos nuevamente la señal de audio original.

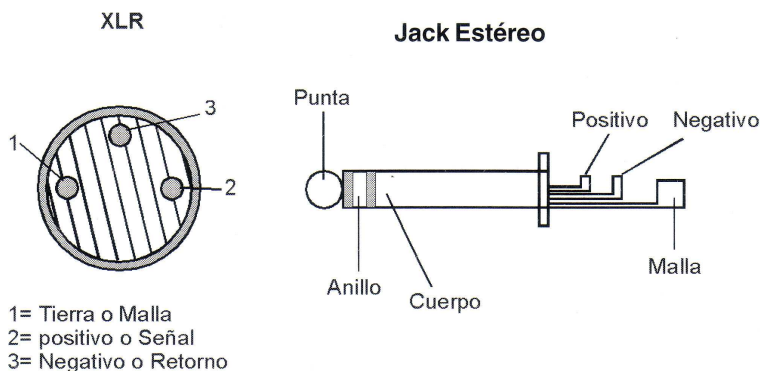
Cuando alguna interferencia de cualquier tipo afecta a las señales audio durante su recorrido en una línea balanceada, las afecta a ambas por un igual, ya que prácticamente ocupan un mismo espacio físico. En el momento que la interferencia llega al preamplificador de la mesa, la fase de uno de los conductores es invertida. De esta forma resulta que las dos señales se combinan; una de ellas transporta la interferencia en fase positiva y la otra en fase negativa, con lo cual resulta que se anulan entre sí. Para que esta anulación sea totalmente efectiva es preciso que la acción del transformador inversor de fase sea simétrica y efectiva a todas las frecuencias, ya que en caso contrario una porción de las posibles interferencias afectará a la señal de audio transportada.

CABLEADO Y CONEXIONES.

Es conveniente que los cables conductores de las líneas microfónicas tengan una capacitancia reducida, es decir, que presenten una pérdida muy baja al transporte de las altas frecuencias. Esto es más relevante cuando la distancia entre el micrófono y la mesa es considerable.

Los conectores más utilizados para las líneas microfónicas son los de tipo jack de 1/4 de pulgada, cuando se trata de una línea sin balancear; y los XLR cuando se trata de una línea balanceada. (Fig. 22)

Figura 22



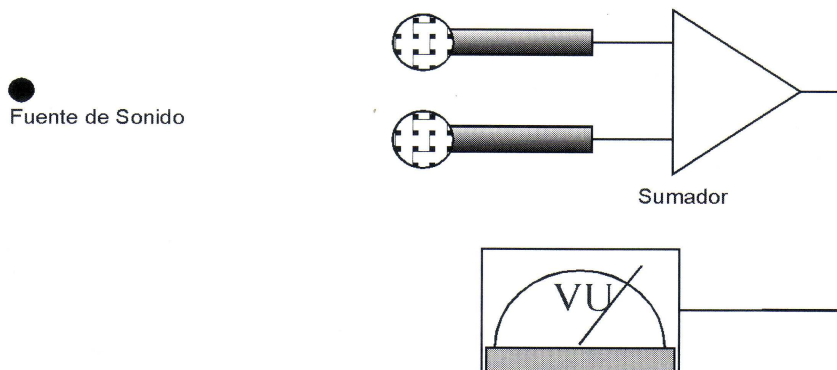
Los conectores estándar utilizados en aplicaciones profesionales llevan un conector hembra XLR para el micrófono, y un conector macho XLR para su inserción en la mesa de mezclas.

Los tres salientes de los conectores XLR -que también son conocidos con el nombre de conectores Canon- están numerados: La malla debe estar unida al saliente 1, la señal *Hot* o positivo al saliente 2, y la señal *Cold* o negativo al saliente 3.

Si por causa de un error en la soldadura, las terminales 2 y 3 estuvieran intercambiadas entre si, resultaría que cuando el diafragma del micrófono registrara un ciclo sonoro positivo, la señal resultante produciría un voltaje negativo, y viceversa. Este hecho no representa ningún problema cuando se trabaja con un sólo micrófono para una fuente de sonido; pero cuando se capta con más de un micro la misma fuente sonora, un error de este tipo conlleva problemas debido a que la señal de audio llegará a la mesa con la fase invertida, cancelando parte de esta señal.

Cuando dos micrófonos están emplazados uno cerca de otro, y sus señales se unen en la mesa de mezclas, las señales combinadas de uno y otro deben estar unos 6 dB por encima de la señal de uno sólo; si no se registra este incremento es probable que uno de los micrófonos esté fuera de fase, y se produzca una cancelación parcial de la señal. (Fig.23)

Figura 23



Esta comprobación de fase conviene efectuarla siempre que existan dudas sobre la bondad del conexionado de los micros con la mesa; normalmente bastará con pulsar el conmutador de fase de uno de los canales donde entra la señal microfónica, para comprobar si ocurre un aumento de la señal conjunta o bien una disminución de ésta. Tengamos en cuenta que, cuando una señal cancela parcialmente a otra, se hace más patente en los tonos más altos, mientras que en los tonos más bajos casi no se advierte ninguna diferencia.

MICRÓFONOS DE CARACTERÍSTICAS VARIABLES.

Existen en el mercado algunos modelos de micrófono cuya característica direccional puede ser escogida a voluntad. Normalmente, se trata de micros dinámicos o de cinta, ya que los de condensador -por su propia estructura interna- son más difíciles de adaptar para esta aplicación. No obstante se pueden encontrar algunos modelos de condensador que ofrecen la posibilidad de variar la direccionalidad de captación, entre los que se hallan micrófonos tan usados en los estudios como el AKG 414 B o el Neumann U87.

La ventaja de contar con estos micros es evidente: Por el precio de un micrófono podemos contar con una unidad que nos proporciona las características direccionales de tres micros distintos (Omnidireccional, Bidireccional y Cardioide).

Mucho más corriente resulta encontrar micrófonos que contienen en su cuerpo un filtro pasa-altos conmutable, que sirve habitualmente para reducir el efecto de proximidad de los micros dinámicos. Estos filtros suelen comenzar a operar a partir de los 200 Hz aproximadamente y, a medida que las frecuencias son más bajas, el factor de reducción va en aumento. Así se puede lograr, entre otras cosas, compensar el efecto de proximidad cuando se opera con un micro cardioide y se trabaja a escasa distancia de la fuente sonora.

SISTEMAS DE MICROFONÍA INALÁMBRICA.

Cuando un músico o un cantante se desplace de lugar por el escenario, el cable del micro puede suponer una dificultad para efectuar libremente estos movimientos. Para superar esta limitación, la industria electrónica presentó a comienzos de la década de los 70 el sistema de microfónica inalámbrica.

Un sistema inalámbrico consiste en un micrófono que lleva adosado un transmisor de radio, y de un receptor que recibe a distancia la emisión del sonido captado por el micro.

La cápsula microfónica y la emisora pueden estar contenidos en el mismo cuerpo del micrófono; el cual también alberga una pila para alimentar al transmisor de radio. La antena de este transmisor puede quedar fuera del micrófono, y tener el aspecto de un cordel que cuelga; o bien albergarse en el interior del micro, tal y como sucede con la mayoría de modelos recientes.

En otros casos el cuerpo del transmisor está separado de la cápsula microfónica, pero unidos entre sí por el cable portador de la señal de audio. Este es el caso de los micros inalámbricos destinados a captar el sonido de diversos instrumentos musicales, en que para evitar que el cuerpo del micro tenga un volumen exagerado, la cápsula microfónica se fija en el instrumento y un pequeño cable dirige la señal hacia la unidad transmisora, que suele colocarse en un bolsillo del músico. Estos sistemas incorporan un micro tipo *lavalière*, o de corbata, cuyo pequeño tamaño los hace muy aptos para estas aplicaciones.

La unidad receptora es la que se encarga de captar la emisión, via radiofrecuencia, de la señal que proviene del transmisor. Para funcionar precisa estar conectado a la red eléctrica, o bien estar alimentado por una pequeña batería o pila. El receptor acostumbra a disponer de un regulador que sirve para controlar con precisión la frecuencia de recepción, ya que la frecuencia con que emite la unidad emisora suele ser fija, y estar especificada en cada modelo.

Los modelos más recientes de micrófonos inalámbricos permiten una elevada distancia entre el emisor y el receptor, pudiendo en algunos casos distar más de 70 metros, sin que ello suponga una merma en la calidad de la señal transmitida. En la figura 24 A podemos ver el aspecto físico de un sistema inalámbrico especial para vocalistas, y en la 24 B un sistema con cápsula electret adecuado para captar instrumentos de viento.

Figura 24a

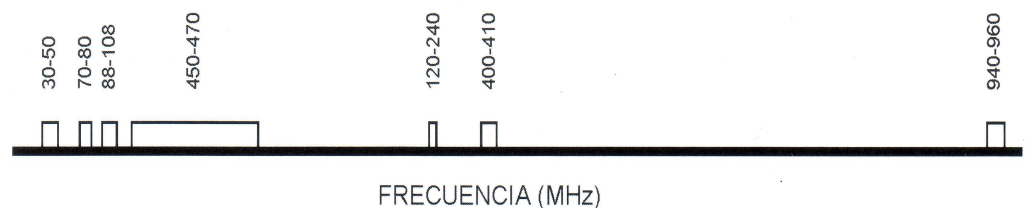


Figura 24b



No existen aún unos márgenes internacionalmente definidos para las comunicaciones de los sistemas inalámbricos de microfónica. Esto significa que, en teoría, los micros inalámbricos pueden transmitir por cualquier banda de frecuencias. No obstante, y para evitar ciertos márgenes de frecuencia ocupados por transmisiones militares y oficiales, las frecuencias más utilizadas por los fabricantes son las que aparecen en la figura 25.

Figura 25



PROBLEMÁTICA DE LA MICROFONIA INALÁMBRICA.

Son dos los problemas que se presentan con mayor frecuencia cuando se está utilizando uno o varios sistemas de micros inalámbricos: Las interferencias y las pérdidas de señal.

La interferencia causada por otra emisión de radiofrecuencia es uno de los problemas más molestos y de más difícil resolución que se pueden presentar. Que no exista este tipo de problema en un lugar no implica el que no vaya a aparecer cuando se actúa en otro sitio, ya que las frecuencias de emisión de radio, TV, radiotaxis, etc. varían de un sitio a otro. Estas interferencias pueden ocurrir tanto si se transmite por VHF como si se hace por UHF.

La pérdida momentánea de recepción por parte del receptor es otro de los problemas más frecuentes, y que puede estar motivado por diversos factores. Estas pérdidas de señal, conocidas en el lenguaje técnico con la denominación de "dropout", tienen características diferentes cuando se transmite por la

banda de VHF a cuando se transmite por UHF: en esta última banda las zonas donde ocurre el "dropout" están bastante definidas y ocupan poco espacio, de forma que si el músico portador del micro emisor se mueve un poco, este problema suele desaparecer.

La pérdida de recepción puede ser debida, en algún caso, a que el emisor esté demasiado alejado del receptor, o bien a que existan diversos obstáculos entre uno y otro. Una relocalización del receptor, para acercarlo algo más al emisor, puede ser una solución; así como también intentar que entre las dos unidades existan el menor número de obstáculos físicos.

Es importante considerar que sólo una pequeña parte de la potencia emitida por el micro emisor llega al receptor, ya que el emisor irradia la señal en todas las direcciones simultáneamente, dependiendo la efectividad del sistema de la eficiencia y situación de la antena receptora. Es absolutamente recomendable que las pilas que alimentan al transmisor emisor del micro estén siempre a plena carga, como medida preventiva de cualquier pérdida en la emisión.

La eficiencia de un sistema inalámbrico puede verse afectada por los diversos obstáculos físicos que pueda haber entre emisor y receptor. En estos casos un pequeño cambio de posición del receptor, o bien de la posición de la antena puede mejorar la recepción, aunque no siempre sucede así.

Otra posible causa de interferencias es la proximidad de sistemas de iluminación, cámaras de TV, o de objetos metálicos que puedan reflejar las señales de radiofrecuencia. Cuando esto sucede las señales reflejadas pueden cancelar o realzar la señal directa, ya que llegan con una relación de fase distinta, y el resultado es una recepción repleta de altibajos sonoros.

La utilidad de las antenas con una ganancia elevada mejora la relación señal/ruido de la transmisión, reduciendo la posibilidad de que se produzcan interferencias y cancelaciones en la transmisión. En algunos casos, incorporar una antena de alta ganancia al elemento receptor puede ser una solución sencilla y relativamente económica.

Otra posible solución es la de situar el receptor más cerca del emisor, cuando otras soluciones alternativas ya hayan sido desechadas. Se trataría, pues, de disponer el receptor a medio camino entre el emisor y las tomas microfónicas; y unir mediante el cable correspondiente la salida del emisor con las entradas de micro. Acortar el camino de la señal emitida puede solventar el problema en múltiples ocasiones.

En algunos sistemas inalámbricos es posible que, a causa de algún motivo, sea imposible eliminar del todo el "dropout" de la señal de audio, utilizando una sola antena. La técnica que se tendrá que ensayar, en todos estos casos, es la llamada de recepción diversificada. La idea es muy sencilla, se trata de situar por todo el espacio escénico dos o más antenas unidas entre sí al receptor microfónico; diversificar los puntos de recepción suele mejorar el funcionamiento de un sistema inalámbrico. Si bien este sistema no puede asegurar totalmente una recepción perfecta, lo cierto es que incorporar un sistema receptor con antenas múltiples es el mejor sistema para prevenir la aparición de puntos muertos durante la transmisión microfónica.

DATOS ORIENTATIVOS PARA ESCOGER UN MICRÓFONO.

Cuando se escoge un modelo determinado de micrófono, hay que intentar conocer con cierta exactitud cuáles son las cualidades y las limitaciones del modelo en cuestión.

La correcta selección de la microfonía es uno de los factores más importantes para obtener una buena sonorización; y no siempre el micrófono más caro es el más idóneo para un trabajo determinado.

La única evaluación fiable que podemos realizar con un micro, es la de su conexión y escucha. Los folletos técnicos pueden indicarnos, hasta cierto punto, si el modelo en cuestión reúne las características que nos interesan; pero sólo después de una prueba en vivo, y con el instrumento que deba captar, será posible evaluar con ciertas garantías si éste es el micro que nos conviene.

Hay que tener presente la función específica que un micrófono va a tener, cuál va a ser el instrumento que va a captar; y muy especialmente si va ser destinado a trabajar en estudio o en sonorizaciones en vivo. En algunos casos puede tratarse de un modelo que se quiera destinar a varias funciones, en estos casos conviene elegir algún micro polivalente, que nos permita cambiar sus características direccionales y que contenga filtros pasa-bajos.

Hay que recordar, por último, que por buena que sea la calidad del micrófono escogido, la posición que ocupe será definitoria en la calidad de la toma. Cuando se trabaja en directos el margen para situar el micrófono es bastante escaso, pero existe. Cuando se efectúa cualquier grabación en estudio es cuando la situación del micro respecto a la fuente sonora cobra su mayor importancia. Hallar la situación más conveniente para situar el micro es la primera regla de oro para obtener buenas grabaciones.

ALGUNOS MICRÓFONOS DE FRECUENTE UTILIZACIÓN.

Los modelos que se comentan en este apartado son algunos de los más utilizados en estudio y en directo a nivel mundial. Ello no presupone que estos micros sean mejores o peores que otros, ya que la utilidad de este pequeño catálogo es sólo pretende orientar sobre los usos más indicados a que se deben destinar estos micrófonos en particular.

-MICROFONOS DINAMICOS:

Shure SM 57. (Fig. 26) Es uno de los modelos más ampliamente utilizados, tanto en directos como en estudio. Especialmente indicado para las tomas de diversos instrumentos en piezas de rock, se usa para guitarras eléctricas, timbales, goliath, y saxos, con preferencia. Con características cardioides, la gama de frecuencias que capta se extiende desde los 50 Hz a los 15 kHz.

Actualmente está disponible este mismo modelo en su versión Beta, a base de la nueva cápsula de neodymium que aumenta su sensibilidad y reduce ligeramente el ruido de fondo, inherente a todos los micros de tipo dinámico.

Figura 26

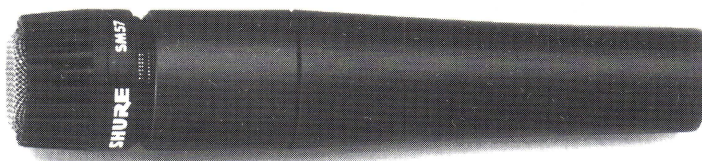


Figura 27



Shure SM 58. (Fig. 27) Es uno de los micrófonos más utilizados para captar voces. De construcción muy robusta, su utilidad en los directos está fuera de toda duda. La malla que cubre su cápsula está especialmente estudiada para reducir el efecto de proximidad, y al tiempo realzar las frecuencias comprendidas entre los 3 y los 5 kHz, que son las que dan presencia a la voz humana. Su respuesta en frecuencias abarca desde los 50 Hz a los 15 kHz. Varios cantantes de rock utilizan también este modelo en estudio, ya que capta su voz con más contundencia que muchos micros de condensador.

Al igual que el modelo SM 57, también existe una versión del SM 58 equipado con la nueva cápsula de neodymium.

AKG D112. (Fig. 28) Este micro es el descendiente directo del D12, que durante varios años fue el micro más usado para sonorizar el bombo de la batería. Este nuevo modelo contiene una cápsula dinámica de gran tamaño, y su respuesta en frecuencias se extiende desde los 20 Hz a los 17 kHz. Diseñado para captar instrumentos de bajos, a prueba de sobrecargas, y con la bobina compensada para eliminar zumbidos, es también muy indicado para captar el bajo eléctrico y el contrabajo acústico.

Figura 28



Figura 29



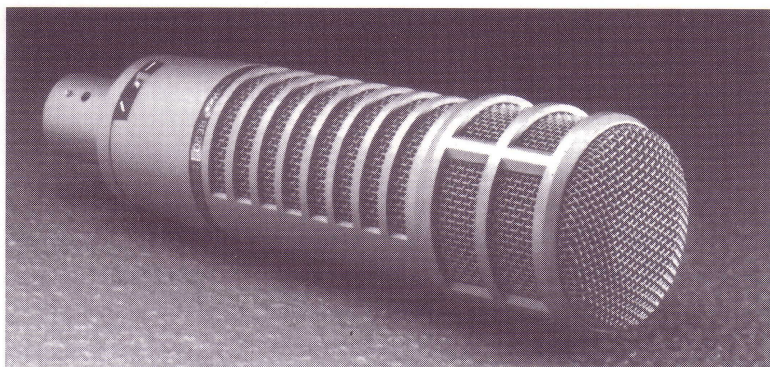
AKG D222. (Fig. 29) Se trata de un micrófono que contiene dos transductores, es decir, dos cápsulas para la captación sonora; una sirve para captar las altas frecuencias y la otra para las bajas frecuencias. El efecto de proximidad queda totalmente anulado si se usa este micro. Contiene un atenuador de bajos con tres posiciones conmutables; y su campo de frecuencias cubre desde los 20 Hz a los 18 kHz.

Es un micrófono estudiado para la captación de las voces, de los instrumentos de cuerda (en especial violoncelos, violas y violines), para el piano, y también para algunos instrumentos de viento.

BeyerDynamic MR300. Se trata de un modelo que ofrece una calidad considerable, si se tiene en cuenta su coste. De direccionalidad cardioide, su respuesta en frecuencias abarca de los 50 Hz a los 15 kHz. Es adecuado para las voces, guitarra eléctrica, y vientos en general. Es un micrófono robusto y polivalente que se adapta perfectamente a los conciertos en vivo.

Electrovoice RE20. (Fig. 30) Este modelo fue concebido especialmente para ser utilizado en producciones de broadcast Radio y televisión, pero también es usado en grabaciones de estudio y en directos donde la calidad deba ser muy elevada.

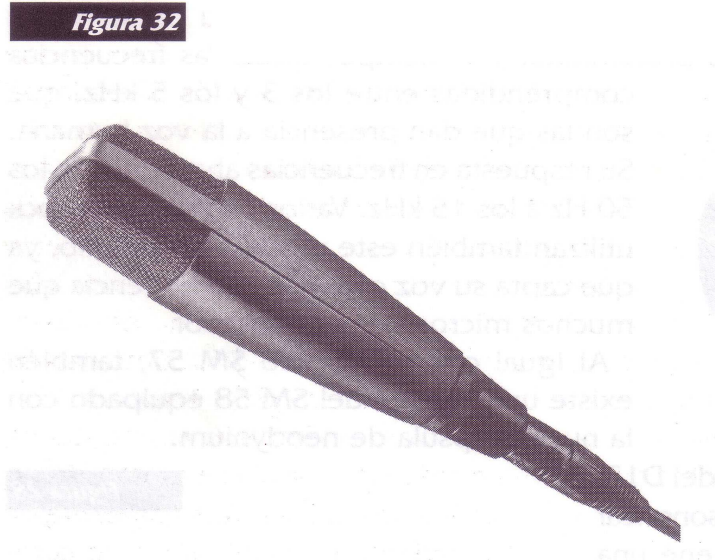
Figura 30



Su respuesta a los estímulos sonoros es muy uniforme dentro de su ángulo de captación, y soporta presiones muy elevadas sin que su señal de salida registre distorsión. Su respuesta en frecuencia es muy plana entre los 45 Hz y los 18 kHz, y puede ser usado para captar voces, guitarras eléctricas y bajos, pianos, instrumentos de cuerda o de viento; una sutil elevación de su sensibilidad entre los 5 y los 12 kHz realza los armónicos del instrumento que capte.

Electrovoice N/D 308. (Fig. 31) Toda la serie N/D se sirve de la nueva estructura que integra neodinium como material magnético en la cápsula del micro. Ello aumenta la captación de las frecuencias más altas.

El N/D 308 está indicado, al igual que el N/D08, para trabajar en conciertos en directo. Su respuesta en frecuencias va de los 40 Hz a los 20 kHz. Su captación es muy direccional, lo cual lo hace muy adecuado para sonorizar voces y percusión. Además, el tipo de cápsula que lleva permite una captación muy definida de los sonidos transitorios, que son cruciales cuando se sonorizan instrumentos de percusión.



Sennheiser MD421. (Fig. 32) Es uno de los más populares y versátiles modelos de micrófono fabricados por la firma alemana hace más de 20 años. Contiene un filtro pasa-bajos, y su respuesta en frecuencia es muy plana entre los 3 y los 14 kHz. Puede soportar presiones acústicas muy altas, y se utiliza para todo tipo de instrumentos tanto en directo como en estudio; si bien es particularmente indicado para el bombo o los tambores de la batería.

Sennheiser MD441. (Fig. 33) El diseño de este modelo ya es un clásico dentro del mundo del sonido, y es utilizado tanto en estudios de radio y de grabación como en actos en directo. Su captación es hipercardiode, ofrece una respuesta en frecuencia que abarca entre 30 Hz y 20 kHz, y tiene un conmutador que rebaja la sensibilidad del micro a todas las frecuencias por debajo de los 5 kHz.

El MD441 fue diseñado originalmente para la captación de la voz, pero es utilizado a menudo para usos en los que normalmente se colocan micrófonos de condensador, tales como guitarra acústica, instrumentos de viento, etc.



-MICROFONOS ELECTRET.

Bruel and Kjaer 4006. (Fig. 34) Esta firma danesa fabrica la serie 4000, una de las mejores en lo referente a las cápsulas de condensador prepolarizado o electret. El modelo 4006 es omnidireccional, proporciona una respuesta muy suave y uniforme a todas las frecuencias fuera del eje, y abarca prácticamente toda la gama donde se desarrolla la información musical. Es uno de los micrófonos que se tiene en cuenta cuando, en el trabajo en estudios, se desea lograr un sonido natural y sin picos en ninguna frecuencia. Se utiliza para registros de música clásica y vocal y es especialmente indicado para pianos, guitarra española, coros, e instrumentos de cuerda en general.

AKG C1000 S. (Fig. 35) Este modelo tiene unas características sonoras que son idénticas a las de los micros de condensador, si bien está equipado con una cápsula electret. Funciona con una pila de 9 V o bien con alimentación phantom de 48 V. Su característica direccional es cardioide, pero mediante el pequeño adaptador PPC 1000 que se inserta en la cápsula del micro, puede convertirse en hipercardioide.

Su respuesta en frecuencia va de los 50 Hz a los 20 kHz, y puede ser utilizado ventajosamente para captar voces y cuerdas. Se trata de un micro que puede sustituir, con un coste reducido, a los clásicos modelos de condensador.

Figura 34



Figura 35



Tandy PZM. Se trata de un modelo clásico entre los denominados micrófonos de pared. Debe ser colocado en uno de los muros del estudio donde se vaya a efectuar la grabación, a una distancia mínima de un metro de la fuente sonora. El sonido que recoge este micro es excepcionalmente natural y redondo; utilizando un par de ellos se logran unas tomas en estéreo de sorprendente musicalidad. Puede ser usado para captar cualquier instrumento; pero su utilidad se limita, lógicamente, a las tomas en estudio. Su patrón de captación es hemisférico.

Crown GLM00. Este micrófono de pequeño tamaño es de captación omni-direccional, y está especialmente indicado para ENG (Electronic news gathering). Está alimentado por una pila interna de 1'5 V, pero también puede usarse alimentación externa phantom de 12 a 48 V. Es bastante utilizado por parte de las unidades móviles de radio y televisión, y está indicado especialmente para captar la voz.

-MICROFONOS DE CONDENSADOR.

AKG C414 B. (Fig. 36) Se trata de un micrófono que contiene dos cápsulas de diafragma ancho, y que permite conmutar a voluntad la característica direccional que se desee: Omnidireccional, Bi-direccional, Cardioide, o Hipercardioide. El conmutador se encuentra en la misma base del micrófono. El C 414 B está diseñado para operar con alimentación phantom.

Este micrófono es uno de los favoritos de los estudios de grabación, por su dinámica excepcionalmente amplia y por su reducido ruido de fondo, está concebido para responder a las necesidades técnicas de los registros digitales. Su sonido es brillante y transparente, y sirve para captar perfectamente instrumentos de viento, metal, piano, cuerdas, y también platos de batería.

Figura 36



Sennheiser MKH 40. (Fig.37) La serie MKH comprende seis distintos modelos de micrófonos de condensador, basados en el mismo tipo de cápsula pero con diversas características direccionales. Esta cápsula genera un ruido de fondo extremadamente débil, aún si lo comparamos con otras cápsulas de condensador, y posee una elevada sensibilidad.

El modelo MKH 40 es direccional, y lleva un atenuador de 0 dB para cuando el micro tenga que trabajar con presiones sonoras muy elevadas. También contiene un atenuador de bajas frecuencias, cuya efectividad se hace patente por debajo de los 300 Hz.

El diseño de este micrófono lo ha dotado de la suficiente versatilidad como para poder trabajar, indistintamente, sonorizando instrumentos acústicos que generen una débil presión sonora, como con los tambores de una batería de rock.

Figura 37



Neumann U 87. Otro de los micrófonos clásicos que se puede encontrar en los estudios de registro y producción. Puede conmutarse para que opere con tres distintas características de captación: Omnidireccional, Cardioide y Bidireccional. Contiene un atenuador de 10 dB y un filtro pasa-altos que puede trabajar a partir de 30 Hz o de 200 Hz.

El sonido que obtiene el U 87 es cálido y definido. Se usa indistintamente para el piano, cuerdas, vientos o secciones de metal.

I NTERPRETACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Cuando cae en nuestras manos algún folleto que nos describe las excelencias de cualquier aparato, acostumbra a estar repleto de signos y números; con ellos el fabricante quiere demostrar la bondad del artículo en cuestión.

Para el hombre de la calle (tu, yo, aquel) la visión de tantas cifras y anotaciones técnicas puede ser perjudicial, llegando a provocar jaquecas y molestias intestinales a algún aficionado sensible. Por ello será prudente tomar las especificaciones técnicas a pequeñas dosis, sin excedernos.

Las páginas que siguen pretenden servir de antídoto contra la perplejidad que pueden causar estas medidas técnicas. Y descubrir que no constituyen ningún misterio insondable, ya que no es preciso dominar las matemáticas avanzadas para comprenderlas.

Sepamos, no obstante, que algunos fabricantes (pocos) exageran las cualidades de sus productos, y que las especificaciones que presentan están algo 'idealizadas'. Seamos generosos y reconozcamos que estas exageraciones son motivadas por el amor que la empresa siente hacia su producto, nunca para inducirnos a error.

No perdamos el ánimo si a la primera lectura no acabamos de entender alguna cifra, volvamos a la carga. Comprender el significado de estas especificaciones está bien visto por la sociedad en general, y puede dar prestigio en reuniones mundanas. De todas formas, no pretendamos demostrar nuestros conocimientos ante un interlocutor amistoso con frases como: ¿No te he contado aún la soberbia relación voltaje/presión que hay entre la entrada a bobina y los niveles de salida, medidos en decibelios SPL (ponderación C), de estos altavoces exponenciales?

Esto no lo hagáis nunca, ya que en poco tiempo vuestras amistades desaparecerán.

-INTERPRETACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS-

La comprensión de las especificaciones técnicas ayuda a entender cuales son las cualidades de un micrófono, de un altavoz, de una mesa de mezclas, de un amplificador, y en general de cualquier unidad que integre una cadena de amplificación sonora. Estas especificaciones nos indican la calidad con la que cada unidad ha sido construida; y basándonos en ellas podemos determinar si un aparato es adecuado para unas funciones en concreto o no, y también si el precio de coste es el adecuado, atendiendo a su calidad real.

Por desgracia, estas especificaciones no son siempre todo lo claras que deberían ser; y en lugar de facilitar la comprensión de las características de un aparato, a menudo lo dificultan. Por otro lado varios fabricantes enfatizan los puntos fuertes de sus productos -práctica común y del todo lícita- pero pasan por alto o bien no remarcan las características negativas de los mismos.

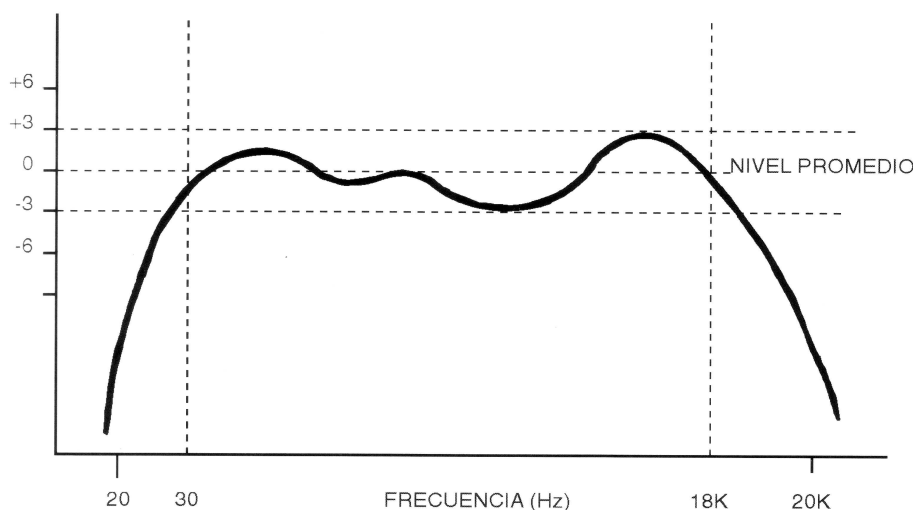
Por todos estos motivos, el músico y el técnico deben tener los conocimientos que les permitan discernir, mediante la lectura de las cualidades técnicas de un aparato, si éste es adecuado para sus necesidades concretas. En algunos casos esto no es nada fácil, ya que parece como si algunos fabricantes se esfuercen para que la descripción técnica de una unidad se asemeje más a un jeroglífico. La utilización generalizada del decibelio como unidad de medida puede ocasionar, en algún caso, cierta confusión si no se especifica cuál es la unidad de referencia.

Algunas especificaciones son propias de un transductor o de una unidad en concreto, como la sensibilidad aplicada a los micrófonos o la caída en dBs. propia de un filtro; pero la mayor parte de cualidades técnicas pueden aplicarse a varios elementos de una cadena de amplificación: éstas son las que se describen en este capítulo.

RESPUESTA EN FRECUENCIA

Este término describe la habilidad de un elemento para reproducir correctamente, en su salida, las señales que recibe por su entrada. En los micrófonos se describe la relación entre la presión acústica medida en el diafragma, y la tensión eléctrica que entrega el micro al cable al cual está conectado. En los pre-amplificadores, mezcladores y etapas de potencia, la respuesta en frecuencias describe la relación entre la señal que hay a la entrada de una unidad y la señal que aparece a la salida de la misma.

Figura 1

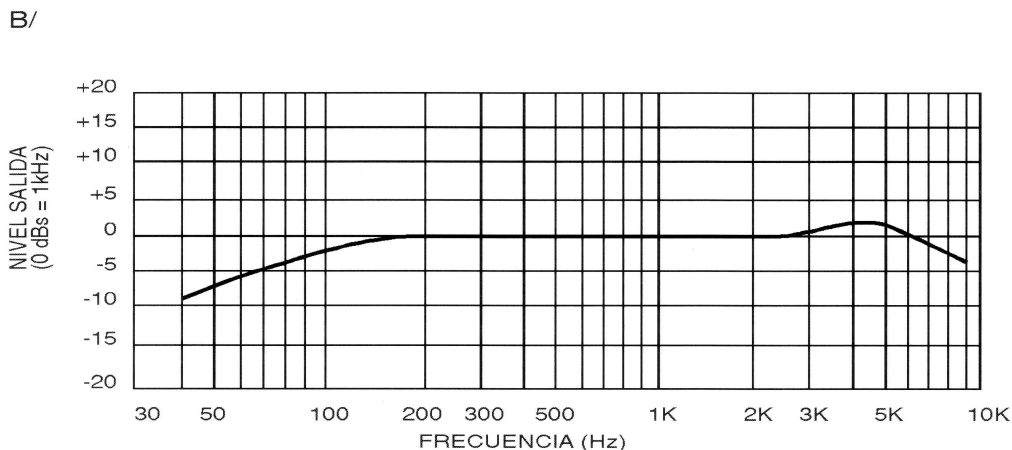
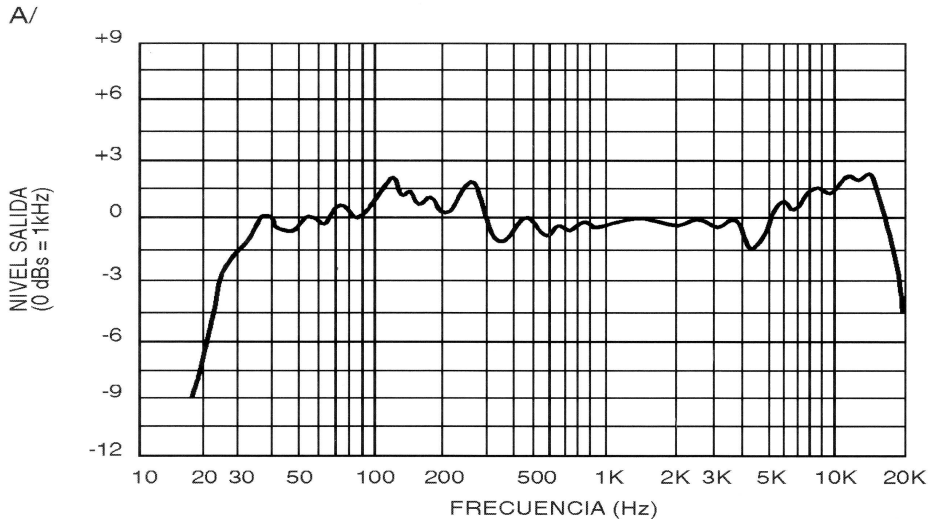


En el gráfico nº 1 podemos ver una curva de respuesta en frecuencias, donde se comprueba que las frecuencias comprendidas entre los 30 Hz. y los 18 kHz. son las que están presentes de forma principal en la señal. Las frecuencias por debajo de 30 Hz. y por encima de 18 kHz. sufren una atenuación muy fuerte, y debe considerarse que no son reproducidas correctamente en esta señal. De una forma numérica, esta respuesta en frecuencias se especifica de la siguiente manera: 30 Hz. a 18 kHz. +/- 3 dB.

Es preciso prestar atención a la calificación "+ o -3 dB.", que nos da el margen de tolerancia dentro del cual está contenida la señal, siendo sus límites en frecuencias las ya especificadas. Cuanto más reducido es este margen, más lineal es la respuesta; así un margen de "+/- 1 dB" sería preferible al representado en la figura 1, ya que correspondería a una gráfica más lineal, más plana.

La figura 2(A) muestra una curva típica obtenida en un laboratorio, esta curva indica la respuesta en frecuencias de un amplificador. No está demasiado plana, pero si se observa la escala en decibelios se verá que está graduada en intervalos de sólo 1'5 dBs., de manera que la desviación máxima sólo alcanza + 2'5 dBs. y -1'5 dBs, dentro de las frecuencias comprendidas entre los 30 Hz. y los 18 kHz., que son las que puede percibir el oído humano.

Figura 2



Las curvas características que suelen facilitar los fabricantes se asemejan más a la que aparece en la figura 2(B), en ella la escala en decibelios está graduada en intervalos de 5 dBs. Esto hace que la curva aparezca muy plana, ya que se comprimen los pequeños valles y picos que se pueden ver en la figura 2(A).

No es conveniente que la respuesta en frecuencias de un micro o de un amplificador se extienda más allá de las frecuencias audibles. La extensión de la respuesta en la zona baja (por debajo de 16 Hz.) puede aumentar la distorsión de las etapas de potencia; y también captar ciertos ruidos no audibles y llevarlos hacia los altavoces. El ruido del motor de arrastre de una cinta magnética, o las vibraciones originadas por unos pasos en el escenario pueden llegar a los amplificadores y sobrecargar las etapas, originando distorsión; ya que aún que no puedan ser reproducidos por los altavoces afectan las condiciones de funcionamiento de los componentes amplificadores. La extensión por el lado de las frecuencias agudas (por encima de 24 kHz.) provoca unos picos de las frecuencias altas, que tampoco son audibles, pero que ocasionan distorsión del resto de la señal audio por saturación. En ambos casos se correría también el peligro de dañar a los altavoces, ya que recibirían unas frecuencias para las que no están preparados, y que podrían provocar sobrecargas magnéticas en la bobina.

En el caso concreto de los amplificadores de potencia (etapas), conviene distinguir cuando la respuesta en frecuencias se mide con una señal de baja intensidad, o cuando se mide con una señal de alta intensidad; ya que el comportamiento de la etapa difiere notablemente. En el primer caso esta respuesta podría ser de: 15 Hz. a 40 kHz. +/- 0'5 dB (con un watio de salida sobre 8 ohms),

aquí el amplificador trabaja con un margen de frecuencias muy amplio, pero sólo entrega 1 watio al altavoz. En el segundo caso se mide la banda de frecuencias cuando la etapa está a su máximo rendimiento. Así para un amplificador de 200 vatios esta banda podría ser: 28 Hz. a 24 kHz. +2 dB, -1 dB. (con 200 vatios de salida sobre 8 ohms).

Para un mismo amplificador, la banda de frecuencia útil es mucho menor cuando está trabajando a su máxima potencia, en comparación con las frecuencias que puede entregar trabajando a un volumen bajo.

RELACIÓN SEÑAL/RUIDO

Describe la distancia, medida en decibelios, que hay entre la amplitud máxima de la señal audio y la amplitud del ruido que la acompaña. Es importante poder cuantificar el ruido que se introduce en los circuitos de la señal, y las frecuencias concretas donde es más evidente, con tal de reducirlo en lo posible. El ruido que pueda generar un micrófono es bastante reducido, pero se añade al que generan los propios circuitos de la mesa, procesadores de efectos, ecualizadores, etc.; hasta que la señal es enviada hacia las etapas de amplificación. Aquí el ruido que acompaña a la señal es amplificado junto con ésta, y se suma al ruido que generan las mismas etapas. Este ruido puede llegar a enmascarar ciertos pasajes del mensaje musical, y para reducirlo nos podemos ver obligados a reducir la extensión dinámica disponible, utilizando los controles de ecualización, filtros o puertas de ruido.

Los niveles altos de ruido pueden causar la fatiga del oyente, y enturbiar la claridad del mensaje musical; por otro lado incrementan la distorsión de la señal, añadiendo armónicos que no existen en realidad.

Las causas que determinan la aparición de ruidos son múltiples y de todo tipo; desde los propios componentes que constituyen el sistema de amplificación, hasta el propio zumbido causado por la corriente alterna, pasando por conexiones deficientes y acoplamientos magnéticos a través de los chasis metálicos. Se podría escribir un libro entero en torno a este tema.

No obstante, y como norma general, es suficiente saber que cuanto mayor es la relación señal/ruido de una unidad mejor es la calidad de ésta; ya que conviene que la distancia entre la señal de audio y los ruidos que la acompañan sea lo mayor posible. Habitualmente esta relación se expresa en decibelios, con un signo negativo delante.

DISTORSIÓN ARMÓNICA.

Antes de tratar este tema conviene que se tenga una idea clara de lo que es un armónico de una señal fundamental; si no es así el capítulo donde se trata de la física del sonido puede ser orientativo al respecto.

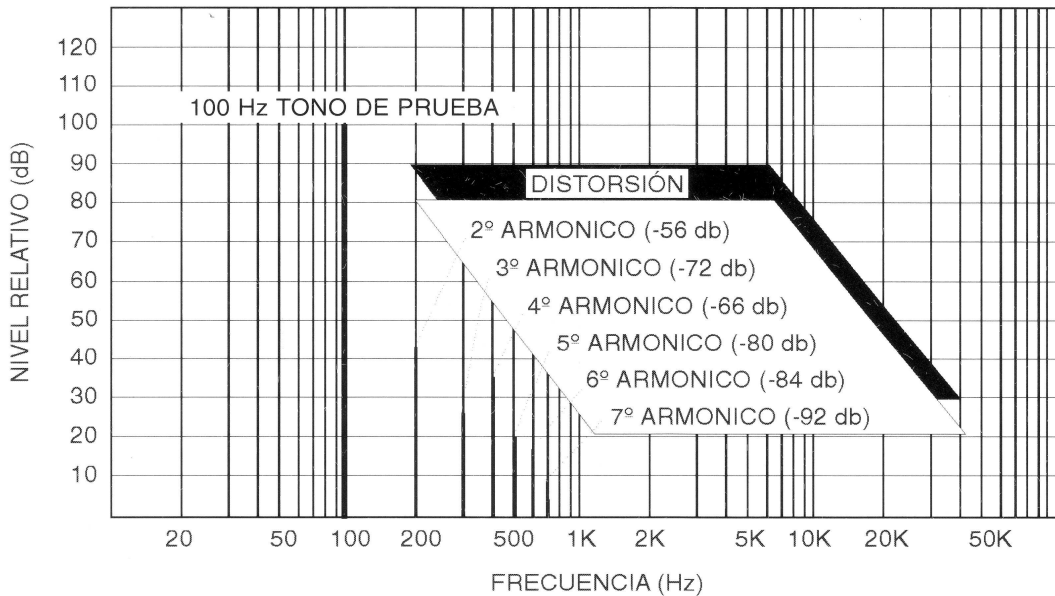
La distorsión es un cambio no deseado que experimenta la señal de audio. Existen varios tipos de distorsión, atendiendo a las causas que la provocan; la distorsión armónica es una distorsión de amplitud, esto quiere decir que la amplitud de la señal de salida deja de ser proporcional a las variaciones de amplitud de la señal de entrada.

La distorsión armónica "colorea" el sonido de una forma artificial. Cuando algún componente de un sistema de sonido genera este tipo de distorsión de una forma notable, al llegar la señal a los altavoces da la impresión de que éstos trabajen saturados, sobrecargados. Este tipo de distorsión puede llegar a ser peligroso para la integridad física de un sistema de altavoces, cuando se trabaja a un máximo rendimiento.

Esta distorsión tiene lugar cuando la señal de salida de alguna unidad contiene frecuencias múltiplo de la fundamental (o de las componentes de la señal de entrada) que no estaban presentes en la señal de origen, y que han sido creadas por algún componente activo de la unidad que no funciona linealmente.

Por ejemplo, una señal pura con una frecuencia de 50 Hz. se aplica a la entrada del circuito; y en la salida del mismo nos encontramos, además de la señal original de 50 Hz., con señales de 100 Hz., 150 Hz., 200 Hz., y 250 Hz. Podemos decir que nos hemos encontrado con los armónicos 2º, 3º, 4º y 5º de la fundamental de 50 Hz.; ninguno de ellos estaba presente en la señal de entrada, en esto consiste la distorsión armónica. (Ver figura 3)

Figura 3



Para describir esta distorsión, se mide el nivel relativo de los armónicos aparecidos, comparados con el nivel de la señal fundamental.

Este tipo de distorsión puede venir especificada para cada armónico en concreto, o bien se realiza un promedio de la distorsión total. En este segundo caso (el más común) se denomina distorsión armónica total (THD).

La medida de la distorsión armónica se expresa mediante un porcentaje de la magnitud de la señal de salida; cuanto menor sea este porcentaje mejor será la calidad del aparato que se comprueba.

DISTORSIÓN POR INTERMODULACION.

La distorsión por intermodulación tiene lugar cuando a la entrada de cualquier unidad se aplican dos frecuencias distintas simultáneamente, y a la salida aparecen -además de estas dos frecuencias- otras que no están relacionadas armónicamente con ellas. A pesar de que esta distorsión sucede en las mismas circunstancias que la distorsión armónica, sus efectos son distintos. En efecto, la distorsión armónica produce señales cuyas frecuencias son siempre múltiplos de la frecuencia de la señal de entrada; armónicos que se unen a la señal original modificando su forma primitiva.

Pero la distorsión por intermodulación provoca una mezcla en la que aparecen señales parásitas con frecuencias iguales a la suma y diferencia de las fundamentales, a la suma y diferencia de una fundamental y de los armónicos presentes, o a la suma y diferencia entre dos señales cualesquiera no relacionadas entre sí.

Si dos frecuencias fundamentales, por ejemplo de 400 y 500 Hz., se aplican a la entrada de un amplificador, existirá distorsión armónica si a la salida aparecen frecuencias de 800, 1200, 1600 Hz. por una parte, y de 1000, 1500, 2000 Hz. por la otra. Pero si además el aparato genera distorsión por intermodulación, en la señal de salida aparecerán frecuencias de 900 Hz. (400 + 500), de 100 Hz. (500 - 400), de 1400 Hz. (1000 + 400), y otras frecuencias que no serán múltiplos ni de 400 ni de 500 Hz.

Los amplificadores representan la fuente más importante de distorsión por intermodulación en un sistema de sonido, y son los elementos en los que esta distorsión debe estar siempre especificada.

La intermodulación es la forma de distorsión más desagradable que puede afectar a un amplificador, ya que origina disonancias que son incompatibles con una reproducción musical.

La intermodulación se mesura mediante un porcentaje, que comprende la suma de todas las frecuencias generadas. Como esta distorsión está en función de la frecuencia y de la amplitud de las señales de entrada, para cada porcentaje dado es necesario especificar el nivel de la señal de entrada que sirve de referencia, y también las frecuencias que se han utilizado.

IMPEDANCIAS DE ENTRADA Y SALIDA.

La impedancia puede definirse como la oposición que presenta un circuito al paso de una corriente alterna, y se mesura en ohmios: Una tensión de 1 voltio aplicada a través de una resistencia de 1 ohmio produce una corriente de 1 amperio. La impedancia de un circuito por donde circula la señal

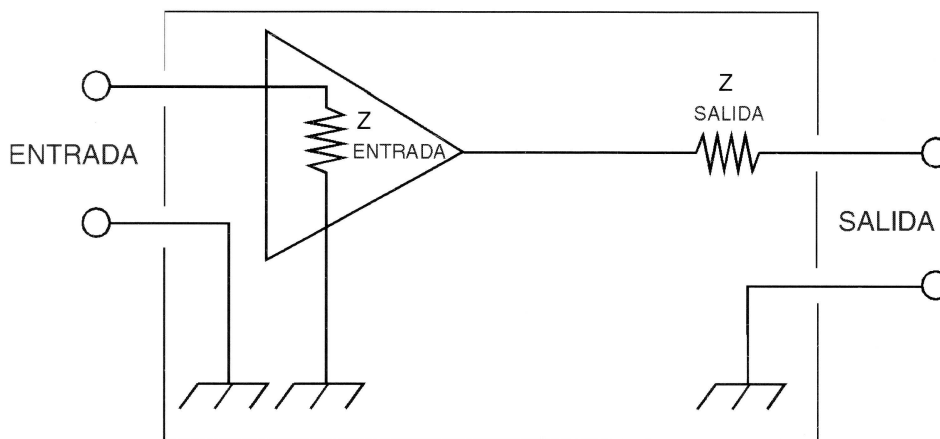
audio no es fija, ya que su valor es cambiante, como también lo es el voltaje que constituye la misma señal de audio.

Todos los elementos de una cadena de amplificación tienen unos niveles determinados de impedancia para sus respectivos conexiones de entrada y de salida; estos valores deben coincidir entre sí, ya que de lo contrario el rendimiento global del sistema disminuye notablemente.

La impedancia de una entrada se conoce también como impedancia de carga (*load impedance*), ya que el valor de ésta determina la carga eléctrica que habrá a la salida del circuito. Por otro lado la impedancia de salida se denomina también impedancia de fuente (*source impedance*),

Actualmente se considera positivo, para mantener un alto nivel de la señal audio, que el valor de la impedancia de salida sea lo más bajo posible; mientras que el valor de la impedancia de entrada debe ser el máximo posible, siempre dentro de los límites que cada unidad permita.

Figura 4



SEÑAL DE PROCESADOR, MEZCLADOR O AMPLIFICADOR

En la figura 4 se puede ver como el valor de la impedancia de entrada de una unidad (que puede ser un mezclador, un procesador o un amplificador) determina la impedancia de salida de la misma.

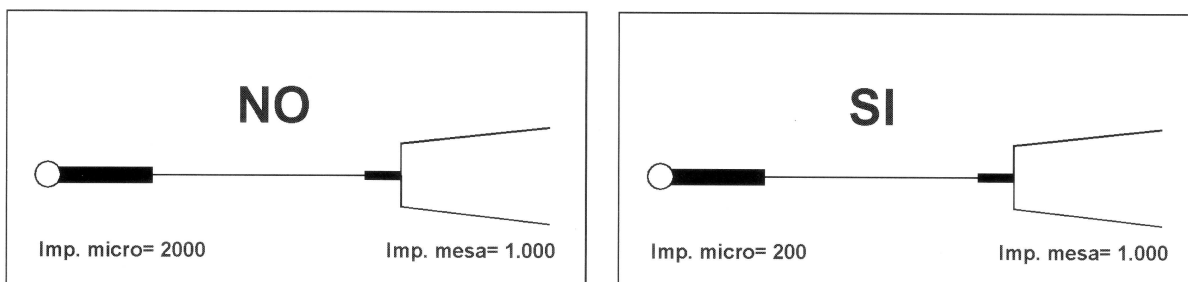
La especificación de los valores de impedancia que dan los fabricantes puede parecer confusa en algunos casos, ya que se da más de un valor para una misma entrada o salida del aparato. En otras ocasiones el valor especificado es único, pero no corresponde con el valor de la unidad a la que está conectado. Veamos unos ejemplos: ¿Cuál es la impedancia de fuente que se puede conectar en una salida cuya impedancia específica es de 600 ohmios?. La diferencia entre impedancia de salida e impedancia de fuente consiste en que la primera nos da el valor máximo que debe tener el aparato que se conecte a esta salida; mientras que la impedancia de fuente es el valor mínimo que puede admitir. Así, una especificación más concreta sería:

Impedancia de fuente: 150 ohmios. Impedancia mínima de carga: 600 ohmio En este segundo caso tendremos por un lado el valor que debe tener la unidad que se conecte a la entrada (150 ohms), y por el otro el valor de salida mínimo que dará la unidad (600 ohms). Veamos un último caso, correspondiente a los valores específicos de una mesa de mezclas: Impedancia de entrada: 3 Kohms. Impedancia de fuente: menos de 600 ohmios. Los micros que se conecten a esta mesa deben tener una impedancia por debajo de los 600 ohmios, a pesar de que la impedancia de la entrada es de 3000 ohmios. Esto se debe a que, como se ha mencionado, el valor de la impedancia es cambiante; y un micro con una impedancia de salida de 600 ohmios puede tener valores de impedancia muy por encima de esta cifra, pero que no supera los 3 Kohms. en ningún caso.

Resumiendo, la impedancia del elemento conectado debe estar siempre por debajo del elemento al cual se conecta, pero dentro de unos límites. En la figura 5 está esquematizado este principio.

Tenemos que la impedancia no es un parámetro que tenga un valor constante, ya que por su naturaleza varía con la frecuencia. Cuando se acepta una cifra de impedancia concreta, ignoramos la frecuencia en la que se ha tomado esta cifra.

Figura 5



Concretamente los altavoces sufren unos cambios en su impedancia muy notables según su propia frecuencia de resonancia. Así la diferencia entre su impedancia mínima (que coincide con la impedancia nominal) y sus picos de impedancia es del orden de 1:4; un altavoz con una impedancia nominal de 8 ohms puede llegar, en algunas frecuencias, a ofrecer valores de 32 ohms. Por este motivo, algunas especificaciones vienen de la siguiente manera:
Impedancia de entrada: 15 Khoms mínimo (por debajo de 5 kHz.) y 10 Khoms mínimo (de 5 a 20 kHz.)

NIVELES OPERATIVOS DE LA SEÑAL DE AUDIO.

Hay varias formas de expresar los niveles de entrada y salida de un sistema de amplificación. Antes de establecer una clasificación de estos niveles conviene tener claro el concepto del decibelio, que se desarrolla en el capítulo de física del sonido.

Cuando se habla de un nivel, sin concretar la unidad específica, lo más corriente es que se trate del voltaje o de la presión sonora; pero en ocasiones puede tratarse de una potencia. Hay que intentar ser conciso en cualquier especificación, ya que el término "nivel" por si mismo no describe ningún valor en concreto.

Existen varios niveles operativos de la señal audio entre los elementos que conforman un sistema de sonido. Para simplificar la conexión de todos los elementos se establecen tres niveles diferenciados:

-Bajo nivel o **nivel de microfónia**. Una señal de este nivel no excede los -20 dBm (775 mV. sobre 600 ohms.), o los -20 dBu (775 mV.). Las señales de este nivel son las que entregan las salidas de los micrófonos, las pastillas de los bajos y las guitarras eléctricas, y los cabezales magnéticos (antes de cualquier amplificación). Aunque algún micro puede sobrepasar este nivel en presencia de sonidos muy fuertes, y alguna pastilla entregar señales que estén 15 ó 20 dBs. por encima; estos valores sirven como referencia promedio de los niveles bajos de señal.

- Nivel medio o **nivel de línea**. Su valor se extiende entre los -20 dBu o -20 dBm hasta los +30 dBu (24'5 V.) o +30 dBm (24'5 V. sobre 600 ohms).

Entre estos niveles se encuentran las salidas de teclados electrónicos, micros inalámbricos, salidas de los preamplificadores y mesas de mezcla, y la mayoría de entradas y salidas de los procesadores de señal (compresores, retardos, ecualizadores, reverbs, etc.)

- Alto nivel o **nivel de carga**. Pueden considerarse como señales de alto nivel todas aquellas que excedan los +30 dBu (24'5 V) o los +30dBm (24'5 V sobre 600 ohms). Las señales de carga son las que entregan los amplificadores de potencia a su salida, y sirven exclusivamente para excitar los altavoces a los que están unidos.

Figura 6

-20 dBm	= 10 microvatios	= 0.00001 vatios
0 dBm	= 1 milivatio	= 0.001 vatios
+4 dBm	= 2.5 milivatios	= 0.0025 vatios
+24 dBm	= 250 milivatios	= 0.250 vatios
+30dBm	= 1000 milivatios	= 1.0 vatios

El voltaje extremadamente bajo que transportan las señales de bajo nivel hace recomendable no utilizar cables demasiado largos para su transporte, ya que nos exponemos a posibles interferencias y a pérdidas de frecuencias en la señal. Por este motivo algunos sistemas se sirven de amplificadores de voltaje (también denominados amplificadores de línea) que aumentan el nivel de la señal. En la figura 6 se pueden ver las correspondencias entre distintos niveles dBm y su valor en vatios.

La potencia que entregan los amplificadores que forman parte de un sistema de sonido profesional oscila entre los 50 W. y los 1.000 W. El watio es la unidad que se usa, por lo general, para expresar la potencia que entrega una etapa, pero en ocasiones también se utiliza el dBW, siendo su referencia: 0

Figura 7

Potencia de Salida (en vatios)	Potencia de Salida (en dBW)
0.1	-10.0
1.0	0.0
10.0	+10.0
20.0	+13.0
30.0	+14.7
40.0	+16.0
50.0	+17.0
60.0	+17.8
70.0	+18.5
80.0	+19.0
90.0	+19.5
100.0	+20.0
200.0	+23.0
250.0	+24.0
400.0	+26.0
500.0	+27.0
800.0	+29.0
1,000.0	+30.0
2,000.0	+33.0
4,000.0	+36.0
8,000.0	+39.0
10,000.0	+40.0
100,000.0	+50.0 dBW
100,000.0	+80.0 dBm

dBW = 1 watio . En la tabla nº 7 se pueden consultar las equivalencias entre ambas unidades.

El decibelio nos sirve, otra vez, para simplificar cualquier especificación, ya que es mucho más sencillo escribir "+24 dBm" que 0'250 vatios, ó +33 dBW que 2.000 vatios. Hay que remarcar que es básico conocer el nivel de referencia cuando se trata con decibelios, ya que no es lo mismo una salida que entrega +24 dBm (corresponde a 0'25 W.) a otra que entrega +24 dBW (que corresponde a 250 vatios). Esta diferencia proviene de que el valor de referencia del dBm es 1 milivatio, mientras que el del dBW es 1 watio.

INTERFERENCIA POR CRUCE (CROSSTALK)

Pequeñas porciones de la señal audio pueden traspasar de un circuito a otro, aún sin estar interconectados. Estas "fugas" de señal pueden acontecer tanto entre los canales de una mesa de mezclas como en un procesador; y se producen debido al acoplamiento inductivo o capacitivo entre circuitos o cables que transcurren demasiado cerca unos de otros. Los flujos magnéticos que provoca la señal de audio que circula por un conductor determinado pueden alterar el campo magnético de otro conductor que pase cerca, creando un voltaje inducido en aquel. Este voltaje es el "crosstalk", o diafonía entre canales.

En las líneas estereofónicas el *crosstalk* reduce la separación que hay entre los dos canales. En las

mesas de mezcla las señales que circulan por un canal pueden afectar a las que circulan por otro, causando unas interferencias cuya intensidad puede ser medidas. Estas interferencias pueden afectar, incluso, a canales conmutados en "off" para que no añadan ruido a la señal "master"; cuando sucede esto los canales afectados por la interferencia la envían (vía subgrupo) hacia las salidas master, enturbando la señal que resulta.

Cuando este tipo de interferencia sucede en cápsulas fonográficas los fabricantes miden el efecto opuesto al *crosstalk*: La separación entre canales. Las cápsulas de los giradiscos deben separar los componentes de la señal hacia el canal que corresponda, izquierdo o derecho; cuanto mayor sea esta separación -que se mide en dBs.- mejor actuará una cápsula.

La medida de la interferencia por cruce entre distintos canales se efectúa, generalmente, aplicando una señal de prueba sobre un canal, mientras el otro no recibe señal alguna. Luego solo queda medir la salida del canal que no recibe señal de entrada, y así conocer el nivel de la interferencia. Su valor se mide en decibelios por debajo del nivel de salida nominal del canal; así si este nivel es de 0 dBu, y el nivel de la interferencia a la salida es de -60 dBu, la diafonía entre los dos canales será de: -60 dB.

Por desgracia esto no suele ser tan simple, ya que el nivel del crosstalk varía según las frecuencias. En efecto, si esta interferencia se produce a causa de acoplamientos inductivos, será más notable con la presencia de bajas frecuencias; si la causa es por un acoplamiento capacitivo, afectará más a las altas frecuencias. Por ello es importante conocer, si es posible, las frecuencias con las que se ha medido esta interferencia. Una información más precisa sería ésta:

Crosstalk (En canales adyacentes)

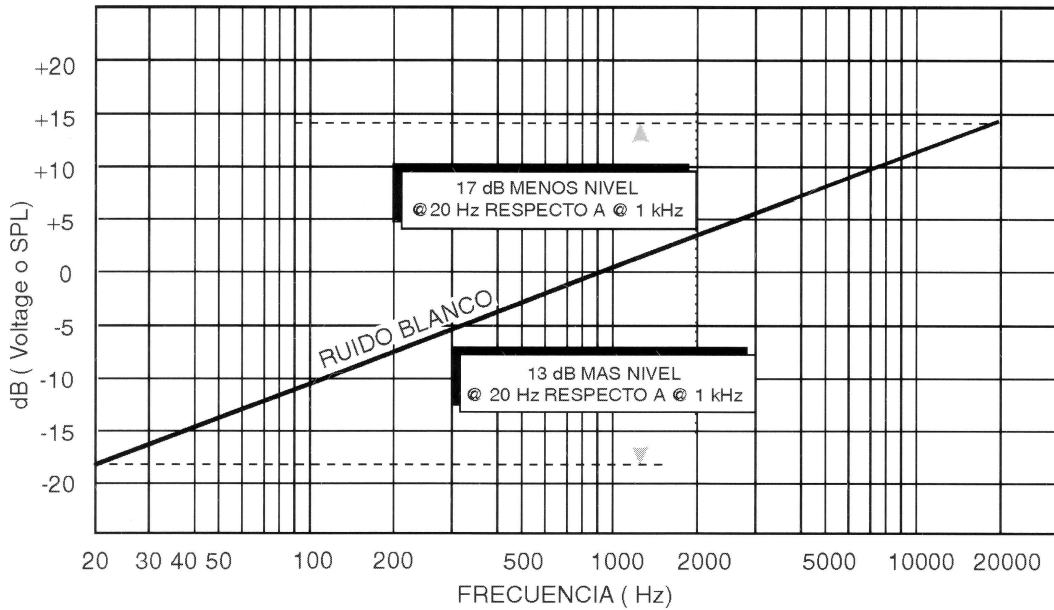
Mejor que -65 dB por debajo de 1 kHz.; -55 dB a 10 kHz.

RUIDO BLANCO Y RUIDO ROSA .

El ruido blanco es de tipo aleatorio, abarca un margen de frecuencias entre 20 Hz. y 20 kHz., y se sirve de los armónicos a partir de 20 Hz., aumentando 3 dB. por octava; es decir que por cada octava de incremento tonal se aumenta la intensidad en 3 dB.

El ruido blanco es un ruido de origen térmico o eléctrico, que contiene la misma energía por hercio. Se utiliza para calibrar equipos electrónicos, ya que envía hacia los circuitos todas las frecuencias de forma simultánea, y permite calibrar su respuesta. En la figura 8 se puede ver la forma que toma este ruido, cuya impresión sonora equivale a un tono muy agudo con una gran densidad.

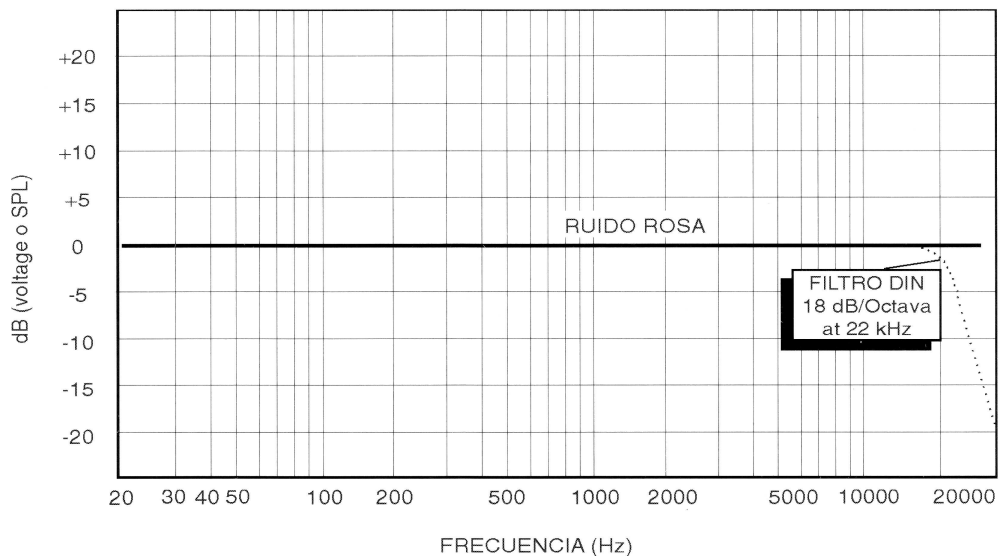
Figura 8



El ruido rosa produce un espectro de frecuencias comprendido entre los 20 Hz. y los 20 kHz., con igual intensidad para cada una de las frecuencias, originándose todas a la vez.

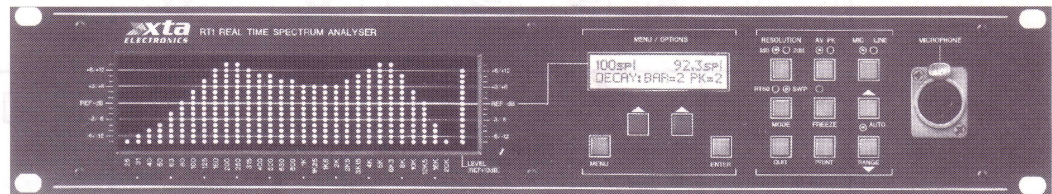
El ruido rosa (figura 9) se utiliza para calibrar la respuesta en frecuencias de un sistema sonoro. Para ello es preciso contar con un analizador de espectro en tiempo real (figura 10), con un generador de ruido rosa, y con un ecualizador gráfico de 1/3 de octava. En el capítulo de Sistemas de amplificación en interiores se detalla la forma de efectuar este calibrado acústico.

Figura 9



Un programa musical normal contiene mucha más energía en las bajas frecuencias que en las altas. La mayor parte de energía existente en las frecuencias más elevadas proviene de los armónicos de notas musicales de frecuencias más bajas; y como sabemos el nivel de los armónicos siempre es más reducido que el de la nota fundamental. Por esto el ruido rosa es más utilizado que el ruido blanco cuando se trata de efectuar pruebas que simulan la respuesta a un programa musical normal.

Figura 10



SÍMBOLOS DE COMPONENTES.

Para sacar un partido máximo del material con que se trabaje, es interesante comprender como funciona interiormente cada unidad, y como está relacionada con otras unidades a las que está conectada.

Una herramienta muy útil para entender, aún de una forma sucinta, como opera cualquier unidad de una cadena de amplificación, es poder descifrar y entender su diagrama de bloques. Estos diagramas describen el camino que sigue la señal de audio a través de los circuitos que contiene la unidad. En ellos se emplean unos símbolos muy sencillos, que representan las funciones que tienen lugar en la unidad; cuando una misma unidad realice varias funciones, su diagrama se divide en los bloques que sean necesarios, con tal de facilitar su comprensión.

No hay que confundir un diagrama de bloques con un esquema. En un esquema el fabricante detalla cada uno de los componentes que forman parte de los circuitos de una unidad, con sus valores correspondientes; en realidad los esquemas están pensados para las revisiones o las reparaciones de un aparato dado, más que para facilitar su comprensión al usuario. Para este último fin los diagramas de bloques son los más adecuados, ya que muestran la organización básica del aparato y permiten un seguimiento fácil del flujo de la señal de audio. En la figura 11 se muestran los símbolos mas usuales que representan amplificadores, transformadores y tomas de tierra; y en las figuras 12 y 13 están los símbolos utilizados para los conectores, filtros y ecualizadores, indicadores de nivel, y componentes diversos.

Figura 11

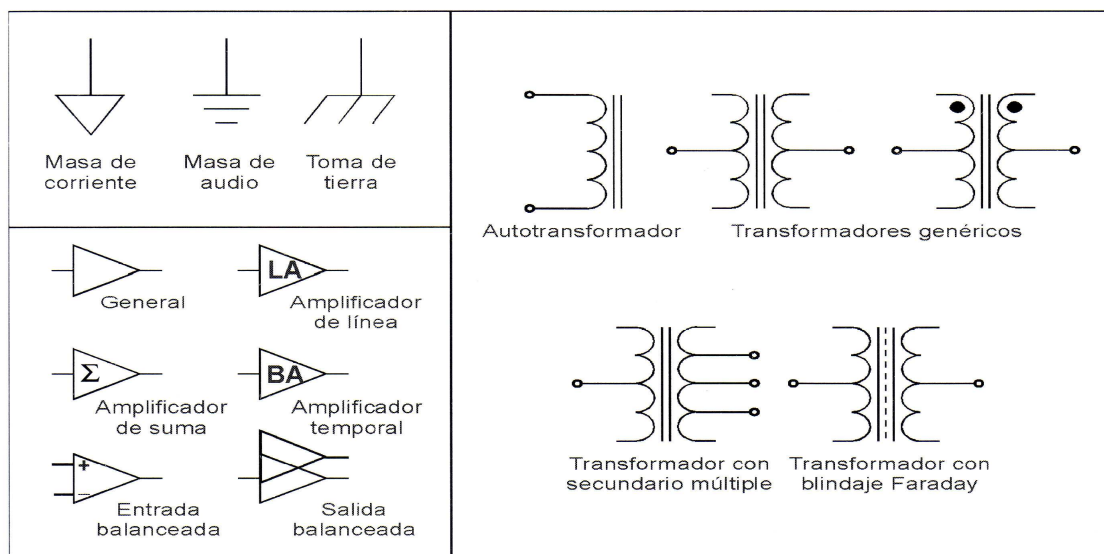
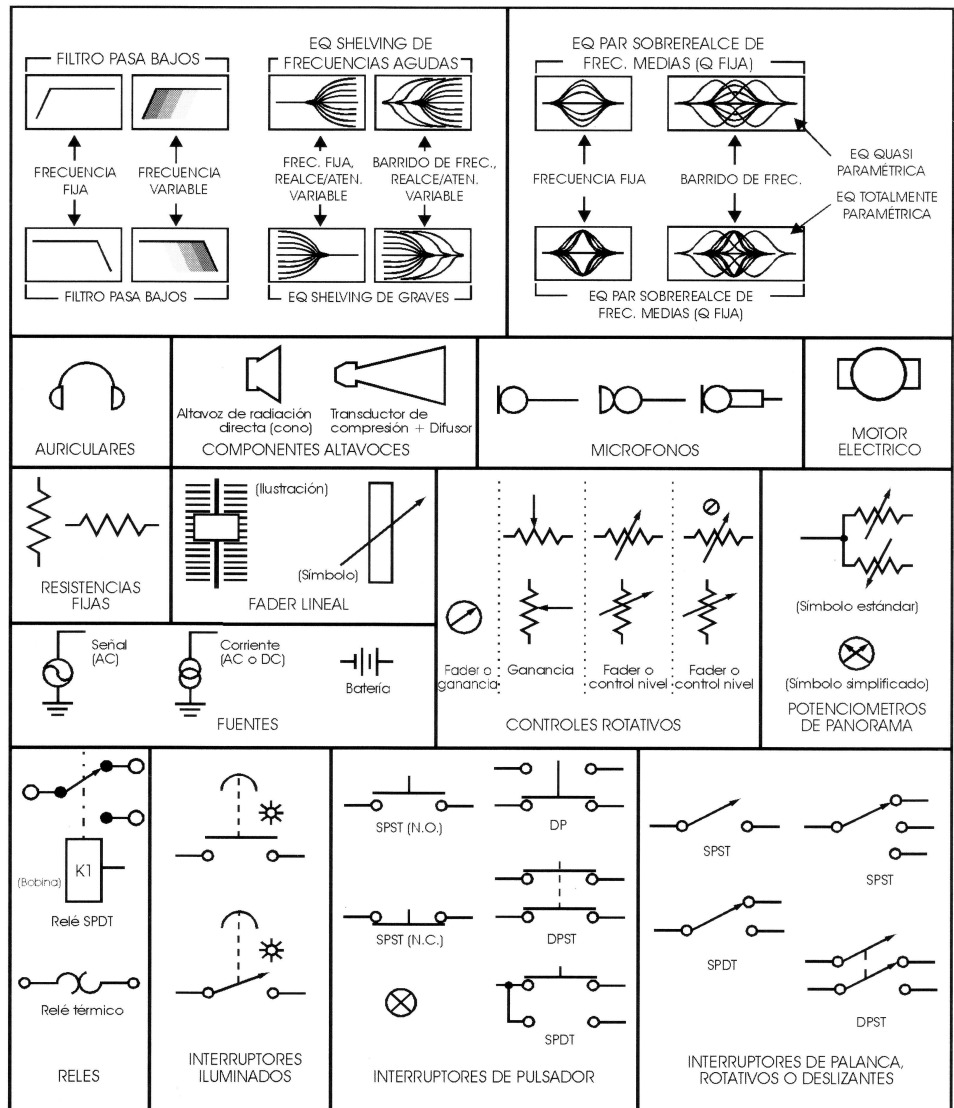


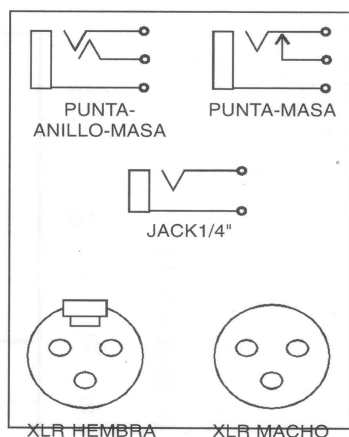
Figura 13



DIAGRAMAS DE BLOQUES.

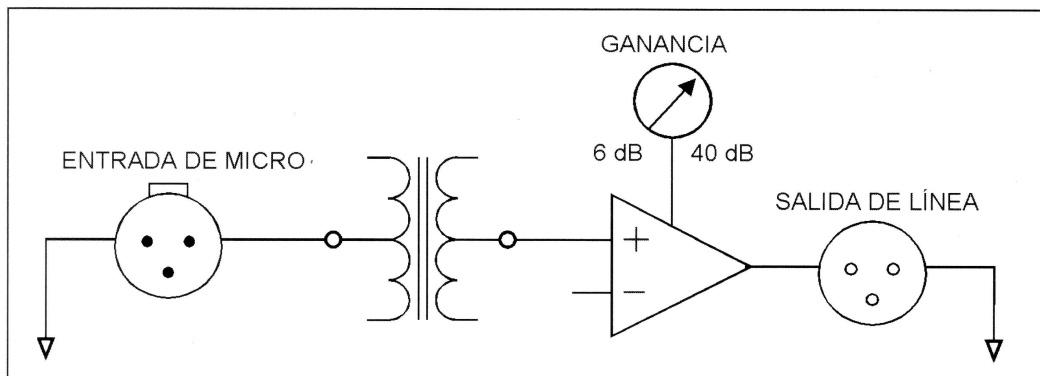
En los diagramas el flujo de la señal audio se mueve de izquierda a derecha; y cuando es preciso va desde la parte superior del dibujo hasta la parte inferior. Esto es así por razones convencionales, pero se ha demostrado que es práctico y fácil de seguir; veamos unos ejemplos.

Figura 12



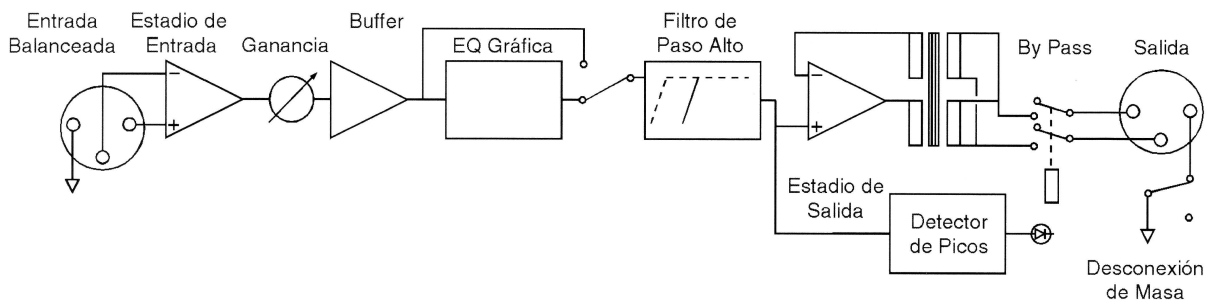
En la figura 14 se puede ver un diagrama en bloques de un preamplificador microfónico. Comencemos por la izquierda (Tal como se hace convencionalmente) y nos hallamos con un conector de entrada XLR; como no se especifica otra cosa, supondremos que la punta 1 será la de conexión a masa, y las 2 y 3 serán las puntas por donde circule la señal audio. Estas dos puntas estarán conectadas a la bobina primaria del transformador. La bobina opuesta del transformador -que recibe el calificativo de secundaria- está conectada con la entrada de un amplificador diferencial (lo reconocemos por los símbolos + y -); este amplificador está controlado por un control de ganancia, desde el cual se puede aplicar un aumento en la señal que va desde 6 dB. a 40 dB. La salida del amplificador es del tipo balanceado, y no lleva ningún transformador de acoplamiento (tal como sucede en la entrada), entregando la señal directamente al conector de salida.

Figura 14



En la figura 15 se muestra el diagrama de un canal de un ecualizador gráfico. La entrada de la señal es de tipo balanceado; el primer paso que sigue ésta es ser amplificada por un amplificador diferencial, el control "gain" está situado a la salida del amplificador primero, antes de que la señal pase por un amplificador de ganancia fija. Un filtro de frecuencias divide la señal en 15 bandas distintas, para que cada una reciba un tratamiento concreto en el ecualizador; si la señal pasa por la línea superior, no resulta ecualizada y se dirige directamente hacia el filtro pasa-altos. Este filtro es de ganancia variable, tal como queda especificado en el dibujo del diagrama.

Figura 15

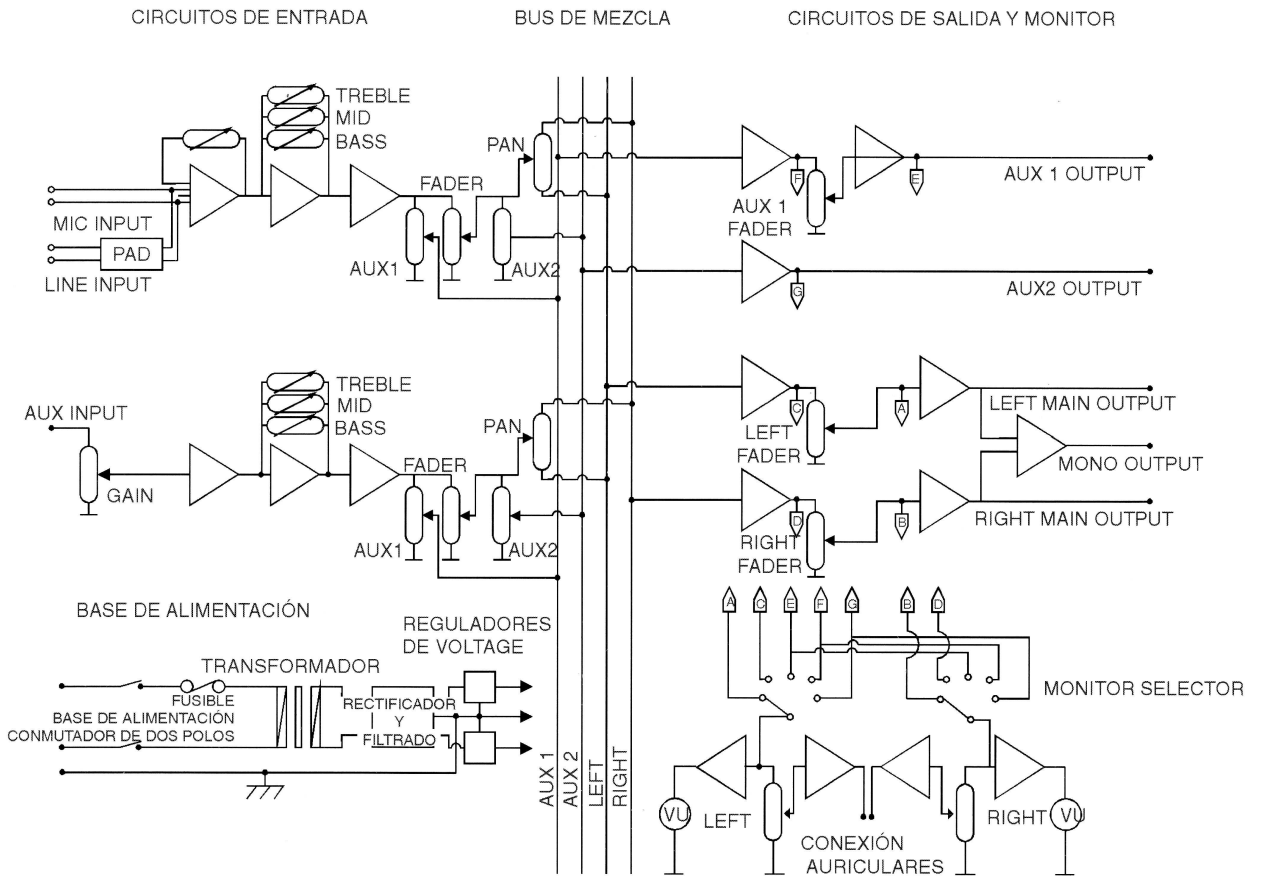


Cuando la señal abandona el filtro, se dirige hacia el amplificador diferencial de salida; una pequeña porción de la señal controla un detector de picos que lleva un *led* incorporado. La salida del amplificador se dirige hacia el transformador de salida (los símbolos a veces no son dibujados siempre de la misma forma); el secundario del transformador está conectado con la salida balanceada del ecualizador, un circuito *bypass* nos puede permitir comparar la señal ecualizada con la lineal, según nos muestra la indicación del diagrama.

La figura 16 parece algo más compleja, ya que se trata del diagrama de bloques de un mezclador estéreo con 6 canales; pero si seguimos la norma de reseguir la señal de izquierda a derecha, y de arriba a abajo, no será difícil interpretar los pasos que sigue desde cualquier entrada hasta las salidas. Todos los circuitos de entrada están situados a la izquierda; si bien en la parte inferior está la fuente de alimentación eléctrica del mezclador (*Power supply*). En la parte central están esquematizados los buses de un canal, y a la derecha se encuentran los controles de monitor y de salida.

La señal procedente de un micrófono llega a mic input, un control de ganancia en paralelo con un amplificador de tensión envía la señal hacia los controles de tono, que en este mezclador son de tipo lineal. Luego la señal vuelve a ser amplificada, y puede ser enviada hacia cualquier línea auxiliar, mediante los potenciómetros correspondientes (aux 1 y 2); o bien seguir su camino por el fader del canal, y luego el control panorámico enviará la señal hacia los canales derecho e izquierdo de la salida.

Figura 16



A la derecha del diagrama se encuentran, pues, las líneas de salida del mezclador. Podemos comprobar como la salida auxiliar 1 contiene un fader que permite regular el nivel de salida, cosa que no sucede con la salida auxiliar 2. En la parte inferior se encuentran las salidas de monitor, cada letra corresponde a uno de los canales del mezclador. Así se pueden escoger que señales saldrán por la salida de auriculares, que en este caso serán las mismas que podrán visualizarse en los indicadores de nivel (VU) situados en paralelo.

LOS AMPLIFICADORES

Si los micrófonos pueden ser considerados como los oídos de una cadena sonora, y los altavoces como la voz de esta cadena, ¿Con que parte de nuestra anatomía pueden compararse los amplificadores?. Algunos dirán que con el corazón (y quedarán muy bien), otros con los pulmones (puede que estén en lo cierto); pero a mi me gusta pensar que los amplificadores son como los músculos de un sistema, ya que una mayor musculatura aumenta la potencia disponible.

El amplificador, a pesar de su vital importancia, suele ser el elemento menos vistoso en cualquier cadena de sonido.

De carácter sencillo y muy trabajador, el amplificador («ampli» para los amigos) no tiene el porte airoso de ciertos micrófonos: cómodamente instalados en sus soportes e iluminados por los focos, que comparten con los artistas.

Ningún amplificador presume ante la audiencia de tener más controles que nadie, tal como hacen algunas mesas de mezcla presuntuosas, que gustan situarse en medio del público para quitar protagonismo a los músicos.

Los amplificadores no se vanaglorian jamás de su potencia (y bien que la tienen) como lo hacen las cajas acústicas, que pugnan entre ellas para colocarse en los puntos más visibles del escenario, donde se dejan contemplar envanecidas por su fuerza. Nada de esto, el 'ampli' tiene una apariencia poco espectacular. Debido a su naturaleza humilde y tímida siempre se esconde del público detrás de los altavoces o en racks disimulados, desde donde efectúa su función con una constancia admirable, y sin darse la importancia que sin duda merece.

- AMPLIFICADORES -

ECUACIONES FUNDAMENTALES. LEY DE OHM.

Para facilitar una mejor comprensión de como funciona y de las aplicaciones prácticas de los amplificadores, es conveniente conocer las relaciones entre voltaje, impedancia e intensidad eléctrica. Estas relaciones quedan determinadas por la ley de Ohm, una de las ecuaciones básicas de la física electrónica.

Consideremos el circuito cerrado que aparece en la figura nº 1. Una pila o una batería es la fuente de alimentación de este circuito, estando indicados con los signos + ó - las terminales de esta fuente. Podemos considerar que en la terminal negativa existe un exceso de electrones, mientras que la terminal positiva registra una baja cantidad de estas partículas, en relación con la terminal opuesta. Por este motivo se produce una corriente de electrones por el circuito, que fluye desde la terminal negativa (donde hay demasiados) hacia la terminal positiva (donde hay pocos). Una resistencia (R) con un valor adecuado impide que el flujo de electrones sea demasiado rápido, moderando la diferencia de potencial entre las dos terminales de la fuente de alimentación, e impidiendo el cortocircuito (figura 2)

Figura 1

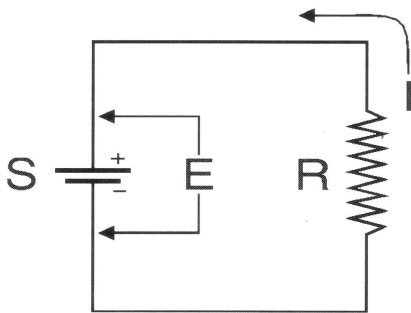
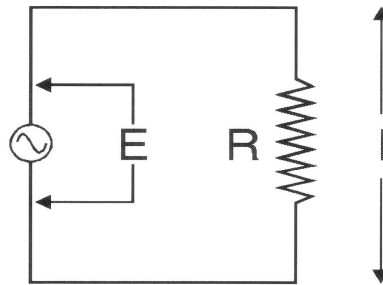


Figura 2



La relación entre la diferencia de potencial (o voltaje), el valor de la resistencia, y el flujo de electrones (corriente eléctrica) fue definida por la ley de Ohm:

$$I = E/R$$

siendo I la corriente medida en amperios, E la diferencia de potencial en voltios, y R la resistencia eléctrica medida en ohmios.

Si conocemos el voltaje de la pila -supongamos de 3 voltios- y la resistencia es de 100 ohmios, la ley de Ohm nos permite calcular cual será el valor de la corriente que transcurre por el circuito:

$$I = 3/100 = 0.03 \text{ amperios} = 30 \text{ miliamperios.}$$

Usando las lógicas transposiciones algebraicas podremos conocer las fórmulas para encontrar los otros valores:

$$R = E/I \quad E = I.R$$

Los conceptos de resistencia (R) e impedancia (Z) son parecidos, y se habla de resistencia cuando se trata de la oposición a la corriente continua, y de impedancia cuando se trata de oposición a la corriente alterna. El símbolo que representa la impedancia es "Z"; quedando las ecuaciones de Ohm para la corriente alterna de la siguiente forma:

$$I = E/Z \quad Z = E/I \quad E = I.Z$$

Veamos el circuito representado en la figura 2. En él, la corriente fluye alternativamente hacia un sentido y hacia el otro, ya que se trata de corriente alterna. Suponiendo que se conozca el voltaje -12 voltios- y que la impedancia sea de 100 ohmios, la intensidad que circulará por este circuito será de:

$$I = 12 / 100 = 0.12 \text{ amp.} = 120 \text{ miliamperios}$$

El concepto de potencia eléctrica describe la energía utilizada al circular una corriente eléctrica a través de una resistencia. La unidad en que se mide la potencia eléctrica es el vatio, y la fórmula para hallarla es:

$$P = E \cdot I$$

Siendo P la potencia en vatios, E la diferencia de potencial en voltios, y I el flujo de corriente en amperios. La relación de esta fórmula con las anteriores nos proporciona las ecuaciones que nos permiten hallar una potencia eléctrica, conociendo tan sólo dos valores:

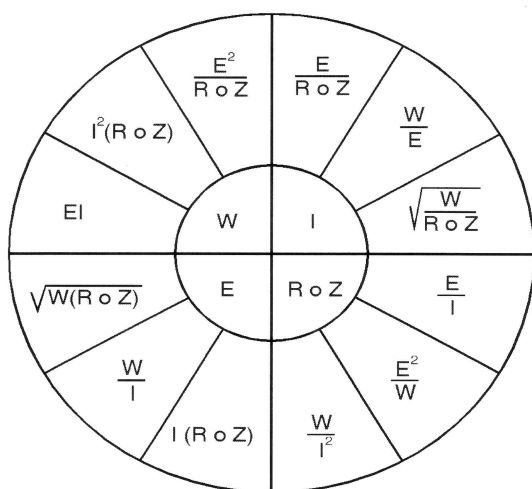
$$P = I^2 \cdot R \text{ (o } Z) \quad P = E^2 / R \text{ (o } Z)$$

Volvamos al circuito de la figura 2, del que conocemos el valor de la intensidad (0'12 amp.), de la resistencia (100 ohmios), y de la diferencia de potencial (12 V); usando cualquiera de las dos ecuaciones podremos calcular la potencia eléctrica que el circuito proporciona:

$$P = 0'12^2 \cdot 100 = 1'44 \text{ W.} \quad P = 12^2 / 100 = 1'44 \text{ W.}$$

El nomograma expuesto en la figura 3 nos permite hallar cualquier valor situado en el círculo interno; mediante las fórmulas descritas entre los dos círculos.

Figura 3



AMPLIFICACIÓN DE TENSIÓN Y DE POTENCIA.

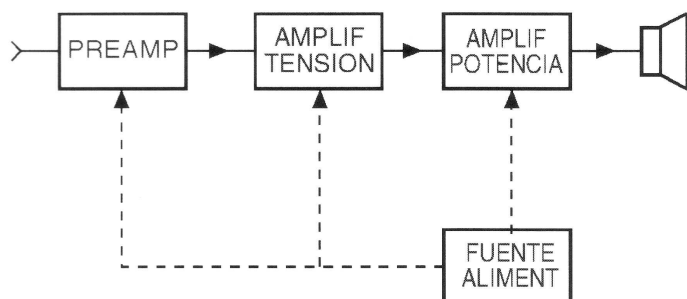
La tensión que se obtiene de un micrófono, de la pastilla de una guitarra, o del cabezal de un magnetofón es muy débil, del orden de unos milivoltios; mientras que los altavoces, encargados de transformar las señales eléctricas en vibraciones sonoras, precisan de una considerable potencia para cumplir su función. Se necesitan, pues, de una serie de etapas que transformen las débiles tensiones recogidas en las fuentes de señal y las conviertan en señales de potencia muy superior; pero que en todo caso conserven una gran semejanza con las originales.

Las etapas que refuerzan la señal de audio reciben el nombre de amplificadores; y pueden estar contenidos en el interior de algún otro elemento (una mesa de mezclas, un radiocasete), o bien ser una unidad física independiente.

En la figura 4 se muestra la constitución de un sistema amplificador integrado, que recibe la señal de una fuente

-por ejemplo un micrófono- entrega un voltaje suficiente para mover unos altavoces. El circuito de entrada es el preamplificador, cuya función es la de proporcionar un acople idóneo entre la impedancia de salida de la fuente y la impedancia de entrada del propio amplificador con el fin de obtener la mayor transferencia posible de energía. El previo puede tener varias entradas, y cada una de ellas estará preparada para trabajar con unas impedancias determinadas, adecuadas a la fuente que se conecte. Cuando la señal sale del preamplificador se mantiene dentro de unos niveles de amplitud uniformes, sea cual sea su origen.

Figura 4



El segundo paso es el amplificador de tensión, cuya finalidad es la de elevar la pequeña tensión de la señal para que alcance una amplitud suficiente para poder ser procesada, o para excitar a la etapa final: el amplificador de potencia. La etapa de potencia amplifica la señal en amplitud, proporcionando la energía necesaria para activar el altavoz o los altavoces conectados a su salida.

Habitualmente, los denominados previos están constituidos por un preamplificador (que iguala las impedancias) y un amplificador de tensión; mientras que la etapa de potencia suele constituir una unidad independiente en los sistemas de amplificación en directo.

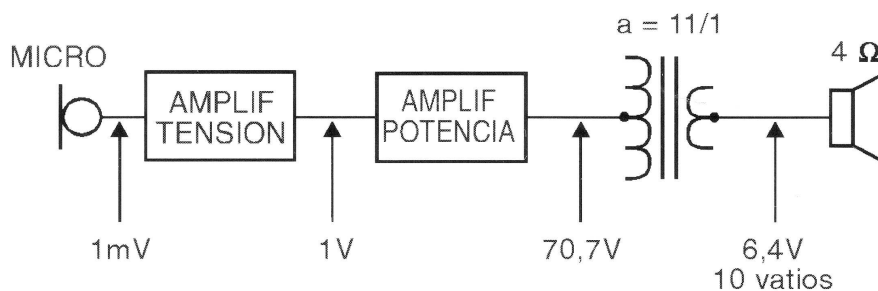
La fuente de alimentación proporciona las tensiones eléctricas de corriente continua y de polarización, que permiten el funcionamiento correcto de las otras partes del amplificador. Ya que la corriente eléctrica de la red es alterna, y la corriente que precisan las diversas etapas de un amplificador es continua, la función de las fuentes de alimentación determina el buen funcionamiento del conjunto. De su calidad o depende en gran parte la buena operatividad del amplificador.

NIVEL DE LA SEÑAL Y POTENCIA EN EL AMPLIFICADOR.

Los niveles de tensión en la señal que transporta un amplificador son muy diversos, ya que comprenden valores inferiores a un milivoltio (como la señal que recibe de un micrófono) hasta más de 50 voltios, una tensión que puede entregar a su salida un amplificador de 300 W que trabaje con una impedancia de 8 ohmios.

La figura 5 muestra, como ejemplo, cuales son los niveles de tensión en distintos puntos de un amplificador integrado (previo + etapa) que proporciona una potencia de salida de 10 vatios, sobre un altavoz de 4 ohmios de impedancia. Suponiendo que la tensión de salida del micro sea de 1 milivoltio, el amplificador de tensión eleva mil veces la tensión de la señal (de 1 mV a 1 V), mientras que la etapa de potencia aumenta la tensión que recibe unas 70'7 veces (de 1 a 70'7 V). Como los altavoces precisan de una corriente intensa para poder funcionar, más que una tensión elevada, se suelen emplear transformadores reductores de tensión, que provocan un aumento de la intensidad. Así la señal aplicada al altavoz tiene una tensión reducida (6'4 V), pero una intensidad considerable.

Figura 5



Niveles de tensión en un amplificador de 10W

La potencia que un amplificador puede entregar está en función de la propia capacidad del mismo, y de la impedancia de salida que se utilice. Por esto las especificaciones de la potencia en un amplificador deben indicar cual es la impedancia con la que se ha hecho el cálculo. Es deseable, así mismo, que se especifique la gama de frecuencias que abarca y el porcentaje de distorsión que existe cuando opera a su potencia máxima. Así, una especificación correcta sería:

Potencia de Salida: Dos canales sobre 8 ohmios. 2 x 250 vatios

Dos canales sobre 4 ohmios. 2 x 480 vatios de potencia continua, con menos del 0'04 % de distorsión armónica, entre 20 Hz y 22 kHz.

Se puede observar como la potencia que este amplificador entrega, si los altavoces operan con una impedancia de 4 ohmios, es casi el doble de la que dispone para la impedancia de 8 ohmios. Esto es lo usual y corriente, ya que a mayor resistencia de carga menor es la potencia que se puede entregar.

RESPUESTA A SEÑALES TRANSITORIAS.

En la reproducción musical, el término "transitorio" se refiere a los sonidos que aparecen y desaparecen con brusquedad, como si fueran un impacto. Los instrumentos de percusión generan los sonidos transitorios más característicos, pero no son los únicos, ya que algunas partes vocales -gritos y elevaciones instantáneas de voz- o algunos instrumentos de cuerda -un bajo haciendo *tapping*- también pueden generarlos.

Si esta brusquedad se pierde en la reproducción, debido a que el amplificador no puede responder con la suficiente rapidez ante su presencia súbita, la audición musical perderá definición. La respuesta a las señales transitorias indica la habilidad del amplificador para reproducir cambios bruscos en el nivel de la señal, y se mide en microsegundos

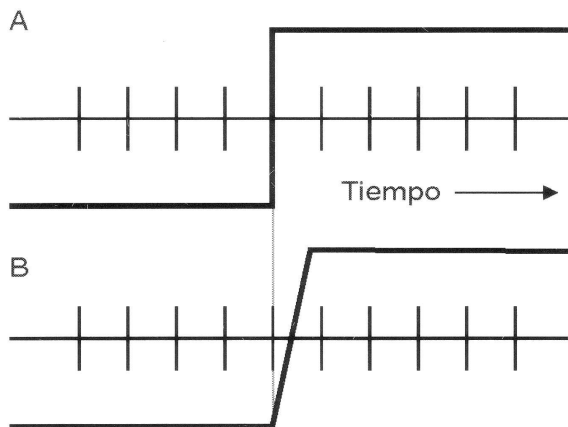
La velocidad del barrido (Slew rate) es otra característica que indica la habilidad del amplificador para responder a los cambios rápidos que pueda haber en el voltaje de la señal. Esta velocidad tiene especial importancia para conocer cuál será el rendimiento de una etapa a niveles de voltaje muy elevados, es decir

cuando está trabajando a su capacidad máxima (que en muchos casos es casi siempre). La velocidad del barrido se mide en voltios por microsegundo, y cuanto mayor sea el valor del voltaje mejor será la capacidad de reacción del amplificador.

Una relación de 10 ó 15 voltios por microsegundo es correcta en una etapa de baja potencia; mientras que para las etapas de potencias elevadas (más de 200 W. por canal) la velocidad de barrido debe ser al menos de 30 voltios/microsegundo.

En la figura 6 A está representado un cambio instantáneo en el voltaje de la señal de entrada. El amplificador debe reproducir este cambio en su salida, tan fielmente como sea posible.

Figura 6



Debido a las limitaciones físicas del propio circuito de amplificación este cambio se produce con un pequeño retraso, en relación con el tiempo original. Así, en la figura 6 B aparece la señal a la salida del amplificador, pero con un ligero retraso respecto a la señal de la entrada (6 A).

Aunque ambas cualidades -respuesta a transitorios y velocidad del barrido- miden la capacidad de reacción del amplificador ante cambios rápidos en la señal, no hay que confundirlas entre sí.

EL AMPLIFICADOR OPERANDO EN PUENTE.

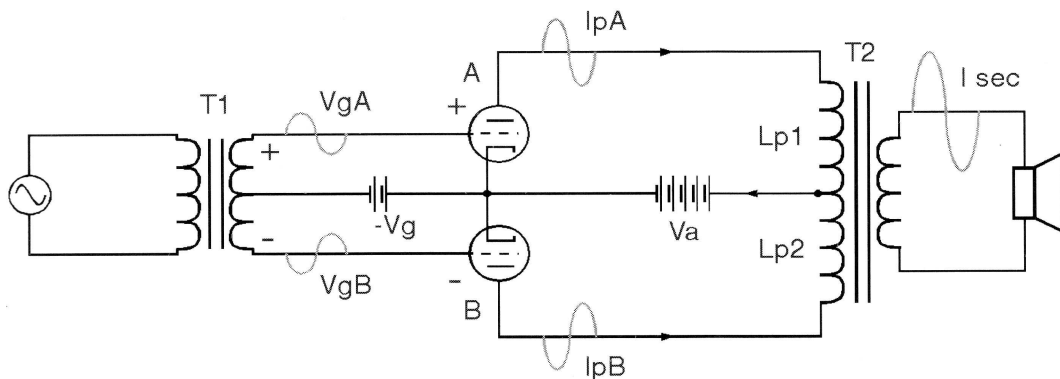
Las especificaciones de las etapas de potencia profesionales suelen hacer mención de su capacidad de operar con un único altavoz, en mono; así por ejemplo:

- Potencia de salida 2 x 85 W. sobre 8 ohmios.
- 2 x 150 W sobre 4 ohmios.
- 300 W, en puente sobre 8 ohmios.

La última especificación informa de la potencia que el amplificador puede entregar si trabaja en mono, con los conectores de salida "puenteados". Cuando un amplificador trabaja con un puente en sus bornes de salida, los dos canales reciben la misma señal a su entrada, pero la polaridad de una de las salidas del amplificador es inversa respecto a la otra salida. Esto se debe a que la inmensa mayoría de amplificadores que existen operan en "pushpull" o contrafase.

Esta modalidad representa una mejora notable sobre las terminaciones única y en paralelo, que son las que se utilizaron para los primeros modelos de amplificador. La terminación en "Pushpull" precisa que las señales de entrada estén desfasadas 180° entre sí. Los componentes activos de la etapa (válvulas, transistores o mosfet) están dispuestos por parejas, de manera que sólo trabaja uno de ellos en cada alternancia de la señal, mientras el otro reposa y se refrigera. En la figura 7 se puede ver el esquema de una etapa de potencia que trabaja en contrafase, siendo sus componentes activos dos válvulas de vacío.

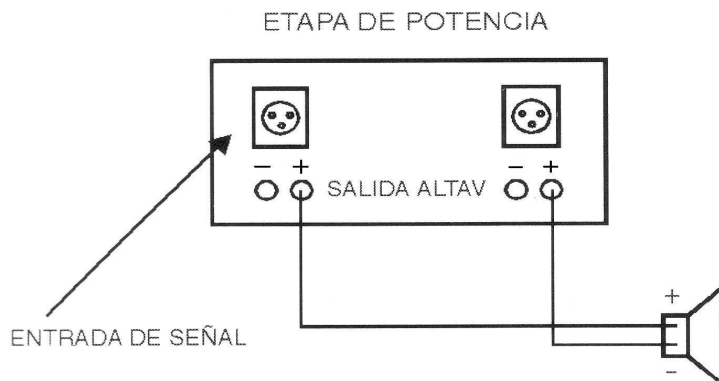
Figura 7



La forma de conectar un altavoz (o sistema de altavoces) a una etapa funcionando en puente está mostrada en la figura 8. La carga hacia los altavoces se toma de las terminales positivas de ambos canales; de esta forma la potencia de salida es el doble de la que tendría si conectáramos el altavoz a un sólo canal de

salida. Es esencial que se tenga en cuenta cuál es el valor de la impedancia cuando se opera en puente, y que suele ser el doble del valor mínimo que tiene cuando se opera en estéreo.

Figura 8



No se debe confundir una conexión en puente con la conmutación de salida en mono que pueden efectuar muchos amplificadores hi-fi, ya que en este último caso los dos canales reproducen la señal con idéntica fase, y cada canal está conectado con un altavoz distinto.

EL FACTOR DE AMORTIGUACIÓN.

Cuando un altavoz es puesto en movimiento por una señal eléctrica proveniente del amplificador, la propia inercia de su masa le hará seguir moviéndose aún cuando la señal ya haya cesado. La corriente eléctrica generada por este movimiento residual se considera fuerza contra-electromotriz; en otras palabras es una corriente que deberá ser vencida para mover el altavoz correctamente.

El factor de amortiguación es el parámetro que nos indica la capacidad de una etapa para controlar los movimientos descontrolados de los altavoces, y se obtiene de dividir la impedancia de la línea de carga (entre la etapa y los altavoces) por la impedancia interna que tenga la etapa antes de llegar al transformador de salida.

Cuanto más elevado sea este valor, mejor podrá controlar la etapa el movimiento de los altavoces que tenga conectados.

RELACIÓN ENTRE POTENCIA Y dB SPL.

El factor que relaciona la potencia de un amplificador con el nivel de presión sonora que entregan los altavoces es la sensibilidad de los altavoces. Esta sensibilidad viene especificada, generalmente, en decibelios SPL, medidos con una carga de 1 vatio y a un metro de distancia delante del altavoz. Normalmente se envía hacia el altavoz una señal de 1 vatio de potencia, y se mide la presión sonora (en dB SPL) con un sonómetro situado a un metro delante del eje del altavoz.

Si consideramos un altavoz que tenga una sensibilidad de 93 dB SPL, con una capacidad de 100 vatios nominales y 400 vatios de pico, veamos como calcular la presión sonora continua y máxima que este altavoz es capaz de entregar. Recordemos que el decibelio siempre expresa una relación entre valores, y no un valor absoluto. Primero se halla el incremento en dB cuando el altavoz recibe 100 W continuos:

$$10.\log(P1/P2) = 10.\log(100 \text{ W} / 1 \text{ W}) = 10.\log 100 = 10.2 = 20 \text{ dB.}$$

Cuando recibe una carga de 100 W el incremento es de 20 dBs, por encima del valor de la presión que ejerce cuando recibe sólo 1 W; si este valor es de 93 dB SPL, la presión que dará cuando el altavoz reciba 100 vatios será de:

$$\text{SPL continuo} = 93 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 113 \text{ dB SPL}$$

De la misma manera podremos encontrar el valor máximo de la presión sonora que puede dar el altavoz:

$$10.\log(400 \text{ W} / 1 \text{ W}) = 10.\log(400) = 10.2 \cdot 6 = 26 \text{ dB}$$

La presión sonora máxima que nos puede entregar será pues de:

$$93 \text{ dB} + 26 \text{ dB} = 119 \text{ dB SPL}$$

Si un altavoz tiene una sensibilidad 3 dB inferior a otro, será preciso que reciba del amplificador el doble de potencia que el segundo, para obtener la misma presión acústica. Si tenemos, por ejemplo, un altavoz con una sensibilidad de 90 dB SPL (1 W/1m) y recibe una carga del amplificador de 100 vatios, el nivel de presión que entregará será de:

$$90 \text{ dB} + 26 \text{ dB} = 110 \text{ dB SPL}$$

Estos 110 dB están 3 dB por debajo de la presión obtenida con el altavoz del primer ejemplo, empleando la misma potencia del amplificador. Haría falta doblar la potencia que entrega el amplificador para obtener la misma presión sonora. Por esto el técnico considera la sensibilidad de los altavoces con que trabaja como un factor de importancia principal, ya que a mayor sensibilidad del altavoz menor es la potencia de amplificación que precisa para obtener una misma presión sonora.

ESPECIFICACIONES DE POTENCIA EN LOS AMPLIFICADORES

Una especificación típica de una etapa de potencia profesional puede ser como la que sigue:

Potencia continua: 2 x 140 W sobre 8 ohmios.

2 x 225 W sobre 4 ohmios.

Potencia de programa: 2 x 143 W sobre 8 ohmios.

2 x 228 W sobre 4 ohmios.

Potencia en picos: 2 x 288 W sobre 8 ohmios.

2 x 484 W sobre 4 ohmios.

A la vista de esta especificación, uno puede preguntarse cuál es la potencia que nos debe servir de referencia para escoger los altavoces más adecuados para esta etapa. Un primer elemento para calibrarlo será la impedancia de carga con que trabajen los altavoces (usualmente 4 u 8 ohmios). Una vez determinado este valor, veamos el significado estricto de cada una de las potencias arriba indicadas:

Potencia continua.

Es la forma más precisa de facilitar la potencia que entrega la etapa, ya que indica que este valor se mantiene sobre toda la gama de frecuencias que el amplificador puede reforzar, y sin sobrepasar el límite de distorsión establecido. En muchas ocasiones, a esta potencia se la denomina RMS, y aunque esto no es rigurosamente exacto, su valor está lo bastante próximo como para considerarlo válido.

Potencia de programa.

Corresponde a la potencia máxima que puede entregar, utilizando una señal de prueba que se asemeja mucho a la señal musical real. Su valor coincide con el promedio de niveles máximos que el amplificador puede entregar, sin distorsión, durante cerca de un minuto.

Potencia en picos.

Se refiere a los niveles máximos, de muy corta duración, que el amplificador es capaz de entregar a los altavoces sin que llegue a saturarse. Este valor sólo es válido para sonidos transitorios, con una duración que no supere 1/10 de segundo. La utilidad de esta cifra es, en consecuencia, bastante relativa.

Con todos estos datos nos será posible considerar cuales serán los altavoces que mejor rendimiento ofrezcan, para trabajar con la etapa que se ha mencionado. La potencia nominal del altavoz debe estar en los 140 W si trabaja a 8 ohmios, y en 225 W si trabaja a 4 ohmios; coincidiendo lo máximo posible con la potencia continua de la etapa.

Si la potencia nominal del altavoz es superior a la potencia continua que entrega la etapa, resulta que el rendimiento del altavoz nunca llega a ser máximo, ya que la carga que le envía la etapa no será suficiente.

Cuando la potencia continua de la etapa es superior a la potencia nominal del altavoz, hay que comprobar si también la potencia en picos de la etapa es superior a la que el altavoz puede admitir. Si es así, habrá que manejar el control de ganancia del amplificador con cautela, siempre por debajo de su punto máximo, ya que una sobrecarga de la señal enviada por la etapa podría causar la destrucción física de la bobina del altavoz.

VÁLVULAS, TRANSISTORES, MOSFET,...

En la etapa final de un amplificador siempre hay unos componentes activos cuya función es la de aumentar la intensidad o el voltaje de la señal de audio. Estos componentes pueden ser de varias naturalezas, si bien los más usuales son las válvulas de vacío, los transistores, y los MOSFET (transistores de efecto de campo). Debido a su carestía y a su naturaleza delicada, la válvula (figura 9) ha sido desplazada por los transistores

(figura 10) en casi todos los usos. No obstante, y debido al sonido particularmente dulce que entregan, aún son utilizadas en la construcción de muchos "combos" para bajos y guitarras eléctricas, así como también en algunos amplificadores de excepcional calidad destinados a la alta fidelidad.

Figura 9

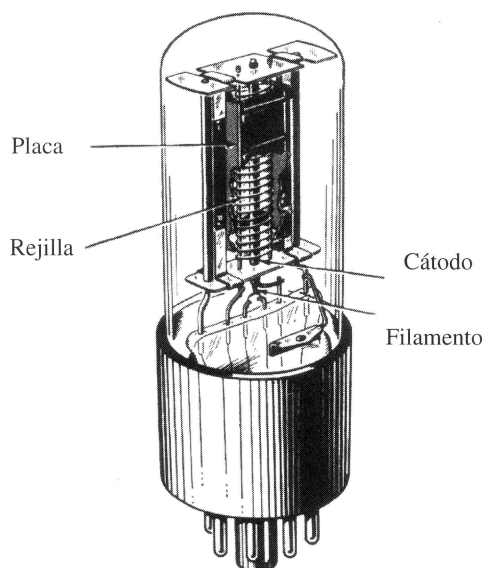
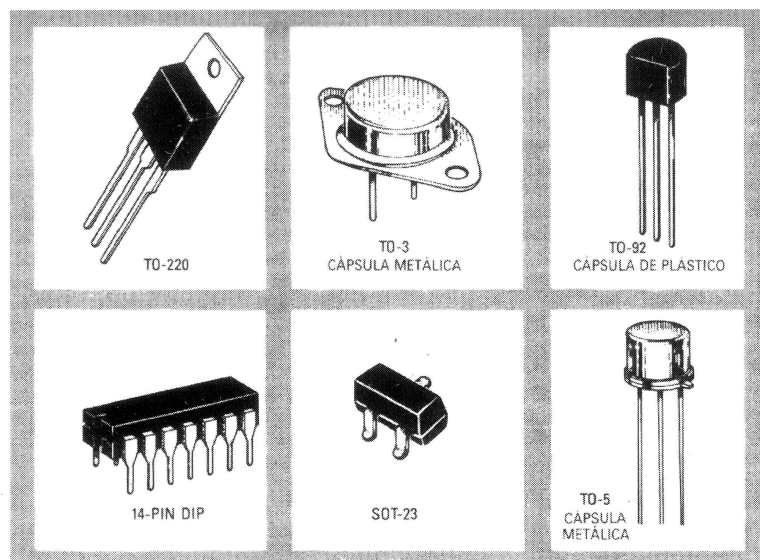


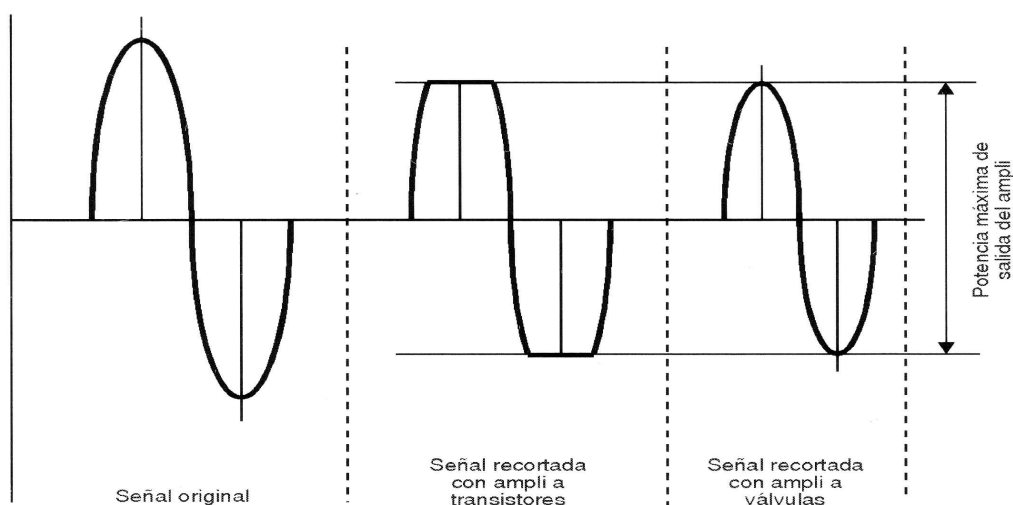
Figura 10



La dureza física, la facilidad en su fabricación, y el coste moderado que tienen, hace que los transistores sean hoy el componente activo más utilizado en todo tipo de amplificadores. Nuevos componentes descendientes del transistor (FET, MOSFET, etc) se incorporan continuamente a los últimos modelos de amplificadores, ya que ofrecen un sonido más limpio, una elevada capacidad en potencia, y un funcionamiento más seguro que los transistores convencionales.

Una de las diferencias esenciales, en lo referente a la actuación de las válvulas respecto a los transistores, consiste en la forma como recortan una señal cuando ésta sobrepasa su potencia máxima. Cuando la señal emitida se aproxima al máximo potencial de amplificación de la válvula, ésta reacciona cada vez menos en relación con la señal de entrada, resultando una compresión de la señal con un suave recorte, cuando se alcanza la máxima potencia. Los transistores reaccionan linealmente a la señal de entrada, hasta que llegan a su máxima capacidad; entonces se paran bruscamente, produciendo un recorte de la señal muy marcado. Estos distintos tipos de corte producen diferentes series de armónicos. Cuando un transistor recorta la señal se producen unos armónicos excéntricos y musicalmente inaceptables; mientras que el recorte de la válvula produce series de armónicos más ordenados. La distorsión de la válvula suena más cálida, por esto es utilizada por muchos guitarristas en sus combos.

Figura 11



En la figura 11 se puede observar el distinto comportamiento de transistores y válvulas cuando la señal excede a su capacidad.

La solución para disponer de amplificadores con transistores que no sufran este recorte drástico de la señal, es contar con la suficiente potencia de reserva. Sobredimensionando la capacidad del amplificador el transistor no alcanzará el nivel donde recorta a la señal, evitando la distorsión que provoca.

CONTROLANDO LA IMPEDANCIA.

La potencia que un altavoz puede extraer de una etapa de potencia es inversamente proporcional a la impedancia de la línea. Esto es fácil de comprobar si se observan las especificaciones de potencia de cualquier amplificador, ya que entrega mayor potencia cuando la impedancia es menor.

Las impedancias habituales en los sistemas de potencia son de 16, 8, y 4 ohmios, valores que corresponden a sistemas de baja impedancia. En estos sistemas la distancia entre las etapas de amplificación y los altavoces debe ser lo menor posible, ya que cuando la longitud de la línea es excesiva se produce una pérdida de potencia, debido a la propia resistencia que ofrece el cable conductor.

Cuando se opera con sistemas donde la distancia entre amplificadores y altavoces es muy notable, será preciso utilizar etapas de potencia con salidas de alta impedancia -entre 250 y 600 ohmios-. En estos casos será obligado el uso de transformadores / reductores que reduzcan la impedancia de la línea, antes de que la señal excite los altavoces.

Como norma general, puede decirse que la longitud de la línea entre las etapas de potencia y los altavoces nunca debe superar los 80 metros (si se trabaja a 8 ohmios), o los 130 metros (trabajando a 4 ohmios); en ambos casos, el grosor mínimo del cable será de 1'6 mm. En cualquier caso, cuanto más corta sea la longitud del cable que une la etapa a los altavoces, menor será la pérdida de potencia que sufra la señal de carga.

La impedancia que ofrecen los altavoces varía ostensiblemente con la frecuencia. En la figura 12 se puede

Figura 12

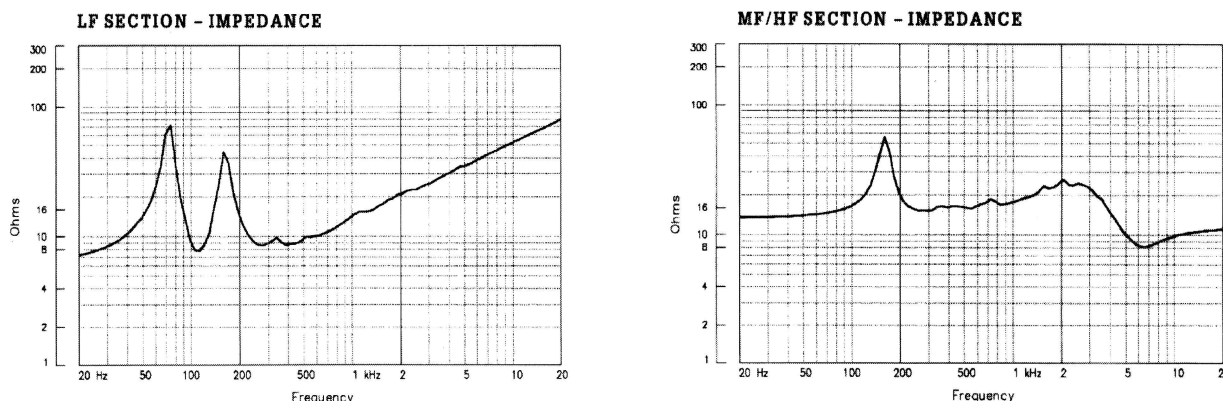
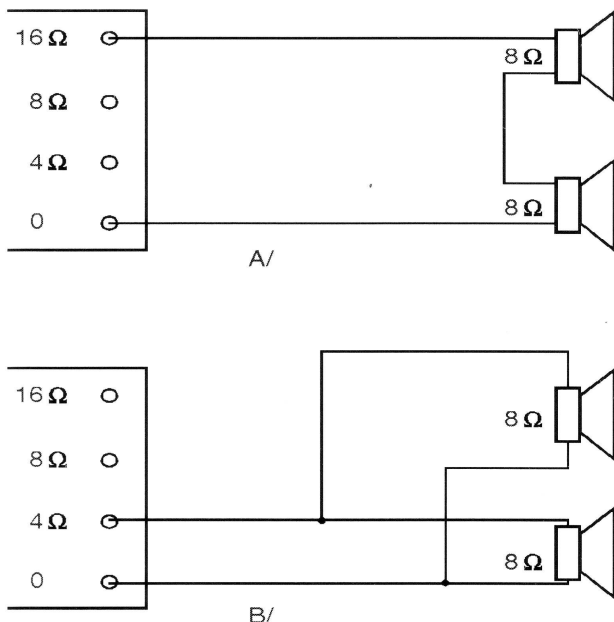


Figura 13



Igualación de impedancias

observar una curva típica de la impedancia en un altavoz. Usualmente, la impedancia nominal que se especifica coincide con el valor mínimo de esta curva, que aparece tras el pico de resistencia máxima.

Cuando hay que conectar más de un altavoz a una misma salida de una etapa, es preciso calcular cuál será el valor de la impedancia conjunta que presenten los altavoces. Hay dos formas básicas para efectuar estas conexiones: en serie y en paralelo. En las conexiones en serie (figura 13A) la impedancia de la línea se hallará sumando las impedancias de los altavoces conectados. En las conexiones en paralelo (figura 13B) el valor de la impedancia se hallará mediante esta fórmula:

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{Z} + \frac{1}{Z} + \frac{1}{Zn}}$$

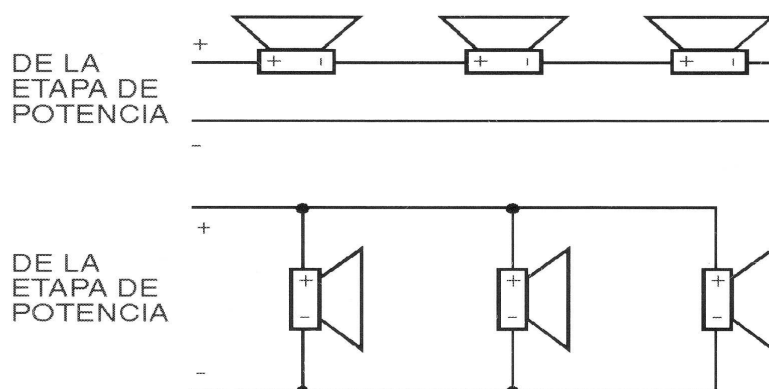
Siendo n el número total de altavoces en paralelo.

Así, cuando se deba conectar dos altavoces de 8 ohmios, podemos optar por unirlos en serie con las terminales de 16 ohmios de la etapa; o bien unirlos en paralelo y conectarlos a las terminales de 4 ohmios del amplificador. En ambos casos, siempre que la línea no sea demasiado larga, los dos altavoces absorberán toda la energía suministrada por el amplificador, repartiéndose la potencia entre ambos altavoces por igual.

Las conexiones en serie tienen la ventaja de que las pérdidas debidas a la longitud de la línea son menores que las hechas en paralelo, ya que la longitud total del cableado es inferior. Pero presentan el problema de la posible ruptura o malfunción de uno de los altavoces, ya que entonces la señal deja de circular por la línea y ninguno de los dos suena. En un caso similar (ruptura de un altavoz) una conexión en paralelo permitiría que el altavoz no afectado continuara funcionando.

En cualquier caso, es básico respetar las polaridades indicadas en los bornes de los altavoces y de las etapas (fig. 14). Recordemos que el borne (+) es de color rojo, mientras que el (-) es de color negro.

Figura 14



ESCOGER UN COMBO.

La elección de un combo adecuado tiene una importancia especial para cualquier músico que desee explorar las cualidades tímbricas y dinámicas de su instrumento. Un combo que se adapte a los deseos y a las posibilidades del músico se convierte en un fiel aliado de éste.

Básicamente, un combo se compone de un preamplificador, una etapa de potencia, y uno o varios altavoces, todo ello reunido en un mueble preparado para ser transportado.

Una de las clasificaciones básicas de los combos es la que atiende a los circuitos y elementos que se utilizan en él; o sea válvulas de vacío o transistores. Cuando un amplificador a válvulas trabaja con un elevado volumen de entrada llega a distorsionar de un modo característico, debido a la generación de armónicos pares. Esta distorsión resulta agradable al oído y le confiere una calidez característica.

En condiciones similares, los combos equipados con transistores generan armónicos de orden impar y valores aleatorios, resultando un sonido áspero y poco agradable. Estos combos no son adecuados para efectuar saturaciones de la señal; esta función se reserva a los de válvulas. Hay que tener presente, no obstante, que los equipos a válvulas requieren unos cuidados y mantenimiento especial. El envejecimiento de las válvulas produce un ruido bastante apreciable, por lo que es recomendable sustituirlas con cierta periodicidad. De la misma forma, no hay que mover ni transportar un combo a válvulas inmediatamente después de su uso; es mejor esperar algunos minutos a que se enfríen, ya que se corre el riesgo de deteriorarlas.

Los combos a válvulas son muy utilizados por los guitarristas eléctricos, ya que a pesar de las limitaciones indicadas permite unas saturaciones sonoras muy apreciadas por estos músicos. Los combos a transistores son más utilizados por los bajistas y por los teclistas, ya que habitualmente no precisan de las distorsiones características de las válvulas. Además, los combos a transistores son más robustos y en muchos casos más económicos que los de válvulas.

Existen combos de diversos tamaños y potencias, cuya utilidad específica debe ser conocida cuando se realice la elección. En principio podemos clasificarlos en tres grandes grupos:

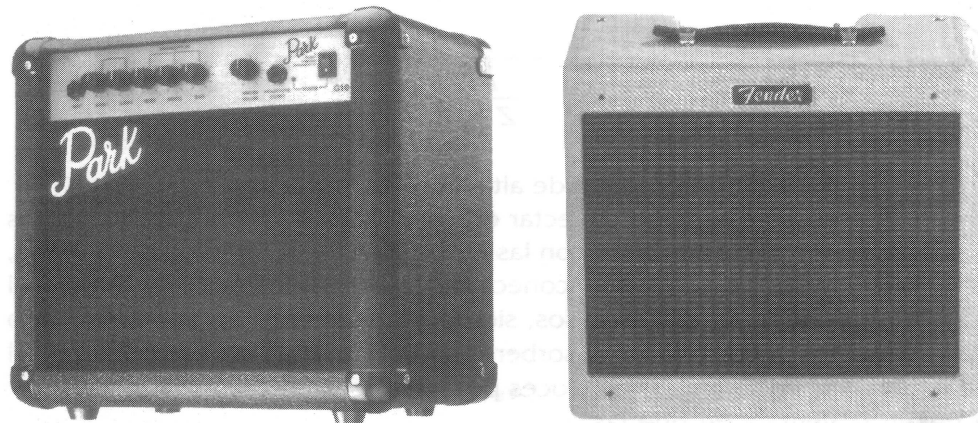
Combos de potencia reducida.

Estos combos son adecuados para ser utilizados en pequeños locales, con fines de estudio y composición. Tienen un volumen reducido, son pues de fácil transporte. Cuentan con dos o tres pasos de ecualización y

control de volumen; en algunos casos también llevan controles de distorsión y reverberación. Su potencia suele estar entre los diez y los veinticinco vatios de salida.

La mayoría de estos equipos trabajan con transistores, y no es posible establecer una diferenciación entre ellos según el estilo para el que vayan a ser utilizados, ya que se trata de equipos de ensayo. En la figura 15 podemos ver dos combos de estas características.

Figura 15

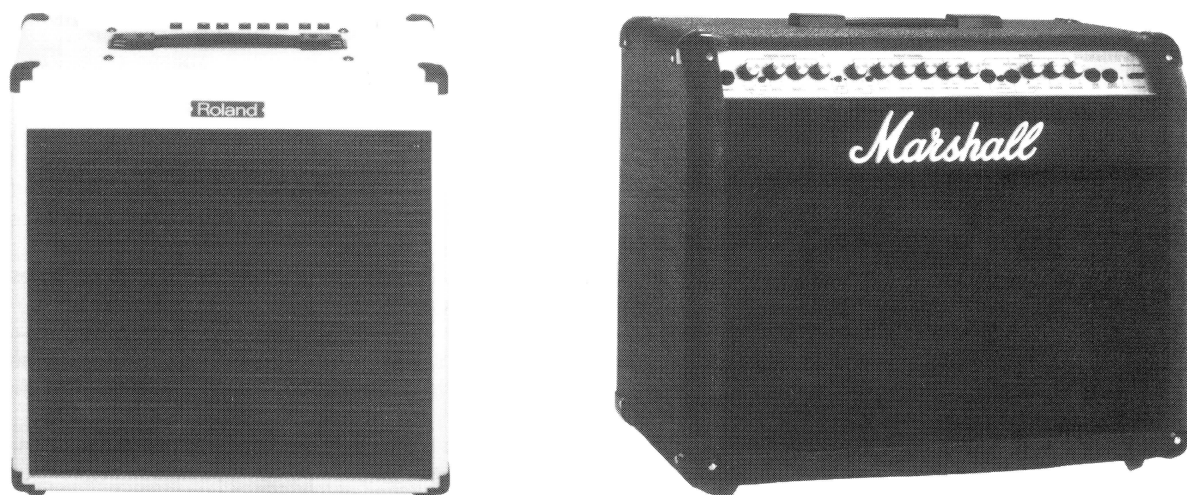


Combos de potencia media.

En este apartado se encuentran la inmensa mayoría de equipos existentes en el mercado; algunos con unas prestaciones básicas y otros con diversas posibilidades para generar efectos de buena calidad. La potencia de estos combos puede situarse entre los veinticinco y los setenta vatios. Algunos de estos combos poseen ecualizadores gráficos, distintos ajustes de reverberación, canal "limpio" y canal con distorsión, etc.

En esta categoría se encuentran equipos a válvulas y a transistores; su aplicación es muy amplia, ya que se utilizan tanto en ensayos en grupo como en directos, ya que tienen potencia suficiente para servir como amplificación de monitoraje. En la figura 16 vemos dos combos de este apartado, uno a válvulas y otro a transistores.

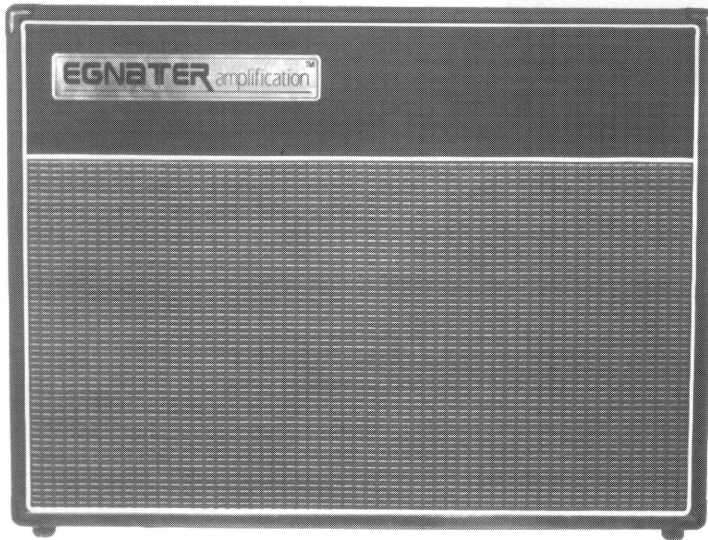
Figura 16



Combos de alta potencia.

Sus prestaciones son bastante parecidas a los modelos de potencia media, pero muchos de ellos poseen dos canales independientes de sonido. Su potencia está comprendida entre los ochenta y los ciento cincuenta vatios. Están indicados para aquellos músicos que actúan sobre escenarios más o menos grandes, y que no quieren cargar con varios amplificadores para obtener la potencia necesaria que precisan para su monitoraje. La figura 17 muestra un modelo de esta categoría.

Figura 17



Algunos combos se caracterizan por estar constituidos por dos módulos diferenciados: cabezal de amplificación y recinto de altavoces. Generalmente se trata de amplificadores con una potencia notable (de 100 vatios en adelante) y los recintos de altavoces pueden recibir potencias considerables. Estos equipos poseen una flexibilidad notable, pero su uso queda restringido a los músicos que no tengan problemas para transportar su equipo, ya que el conjunto cabezal + altavoz suele ser muy pesado y voluminoso (figura 18).

Figura 18



ESCOGER UNA ETAPA DE POTENCIA.

En el mercado actual existen numerosos modelos que cubren una gama muy completa de potencias, construidas con unos criterios de calidad suficientes para las más diversas aplicaciones.

La robustez de la etapa y la compatibilidad con las cajas son los factores que se deben destacar cuando se trata de amplificadores para directos. Cuando la elección se refiere a etapas para estudios es conveniente extremar los criterios de calidad, vigilando que los porcentajes de distorsión sean muy bajos, así como la relación señal/ruido.

Los sistemas de refrigeración deben ser considerados cuando la etapa vaya a trabajar mucho tiempo a su máxima potencia, cosa que ocurre en numerosas aplicaciones de directo.

En cualquier caso es conveniente que el amplificador disponga de circuitos fiables que actúen para protegerlo contra posibles sobrecalentamientos, así como también contra posibles cortocircuitos en los altavoces a los que está unido.

El amplificador constituye el corazón de cualquier sistema de sonido; de su bondad dependerá el resultado global de una reproducción musical. Una buena elección redundará positivamente en la calidad y en la potencia sonora del sistema. En la figura 19 se muestra una etapa de alta calidad, adecuada para estudios de grabación y producción; mientras que la etapa mostrada en la figura 20 está preparada para las duras condiciones que implica el trabajo en directo.

Figura 19



Figura 20



MESAS DE MEZCLA

Un técnico ante una mesa de mezcla que contiene un número enorme de controles: he aquí una imagen que transmite una sensación de equilibrio y poder.

El poder del Hombre, capaz de manejar cantidades de parámetros y niveles, un gran número de potenciómetros, conmutadores y *faders* son movidos por la mano del operador: precisión y control, sangre fría y valor.

La Inteligencia domina a la Máquina, ¿Cómo pues se puede concebir que una sola persona pueda manejar un tablero con tantos y tan diversos controles sin error?.

Hasta aquí la Leyenda, consciente o inconsciente, que más de uno se forja en su primera juventud, cuando se percata del poder que parece ejercer sobre el sonido el hombre situado ante la gran consola de mezclas.

Pero ¡Ay la dura realidad!, que desilusión cuando nos damos cuenta de que todas las mesas operan de forma similar, y que la mayoría de controles están repetidos, y además se utilizan para unos fines similares. Nuestra fe en la gran capacidad de los hombres que manejan las mesas decrece; y hasta puede que nos sintamos capacitados para ir a controlar cualquier consola de mezclas (temerarios que somos).

No obstante, os recomiendo que cuando vayáis a manejar una mesa de mezclas cara al público, pongáis cara de expertos, reflejando una grave tensión en el rostro, como si realmente tuvieras que efectuar un gran esfuerzo de concentración. De esta manera, las generaciones venideras no podrán sino sentir envidia y admiración al ver como nos desenvolvemos ante tantos controles... y la Leyenda seguirá.

-MESAS DE MEZCLA-

A principios de la década de los 60 aparecieron las primeras mesas para mezclas con una capacidad de cuatro canales de entrada, estudiadas para ser utilizadas exclusivamente en estudios de grabación. No existía entonces ningún tipo de mesas para directo; las sonorizaciones que se realizaban en vivo se servían de sistemas muy precarios, cuya calidad final dejaba mucho que desear.

El desarrollo tecnológico de las mesas de mezcla ha sido, desde la aparición de los primeros modelos, incesante; y de su correcta utilización depende en gran parte el buen resultado de cualquier sistema de amplificación musical.

Los términos mesa de mezclas, consola de mezclas o mezclador se utilizan a menudo de manera indistinta, para definir las mismas unidades. Todas ellas se usan para combinar y enviar señales de audio de diversas procedencias, que se insertan a sus conectores de entrada y salida, y que pueden ser modificadas de nivel o de tonalidad mediante el manejo de los controles que poseen.

Cuando se habla de un mezclador, se refiere normalmente a una unidad que no contiene más de 10 canales de entrada; cuando la unidad contiene un mayor número de entradas, nos solemos referir a ella como una mesa o una consola de mezclas.

Las aplicaciones actuales de las mesas de mezcla son muy numerosas; conciertos en directo, grabaciones en estudio, producciones de radio y televisión, post-producción de vídeo, sonido para películas, son algunas de las utilidades prácticas donde las mesas se hacen insustituibles. Su conocimiento básico es pues imprescindible para cualquier profesional de la imagen y el sonido.

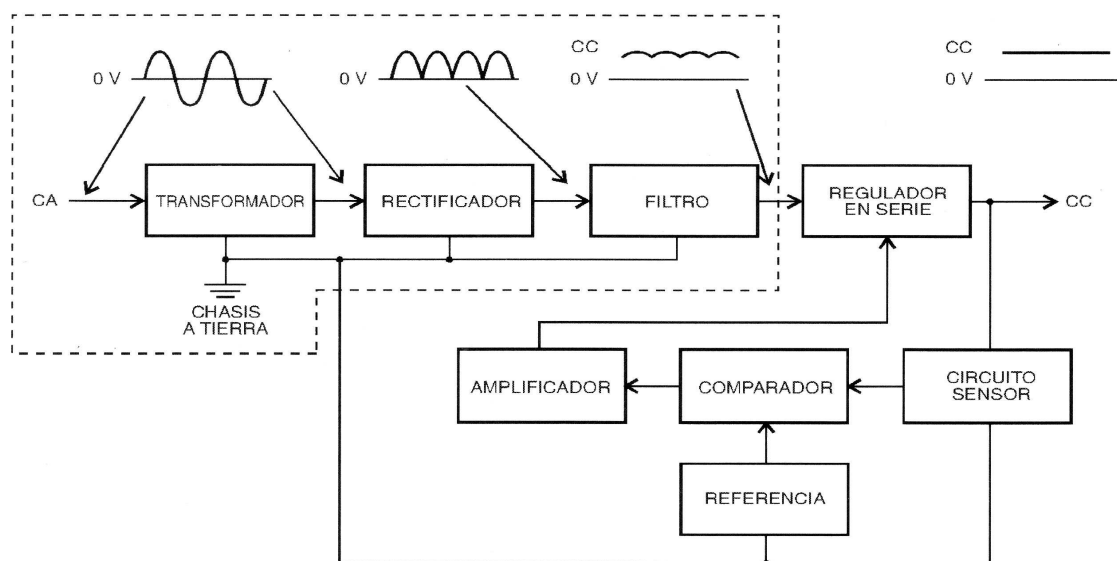
FUENTES DE ALIMENTACIÓN.

Por el nombre alguien podría suponer que una fuente de alimentación (Power Supply) es una unidad que proporciona energía eléctrica; pero esto no es del todo exacto: normalmente son las compañías eléctricas las que proporcionan la corriente. El papel de las fuentes de alimentación es el de convertir la corriente alterna que suministra la red eléctrica, en corriente continua que permita un funcionamiento correcto de la unidad a la que alimenta, en éste caso la mesa de mezclas.

Cuando la mesa es de un tamaño considerable, la fuente de alimentación suele constituir una unidad aparte; cuando la mesa no es de grandes proporciones suele llevar la fuente de alimentación en la misma carcasa.

El funcionamiento preciso de una fuente de alimentación es determinante para que la unidad a la cual está sirviendo corriente continua funcione correctamente, de ahí viene su importancia.

Figura 1



En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques de una fuente de alimentación regulada. En primer lugar se sitúa el transformador, que cambia el valor de la corriente alterna recibida de la red en otro valor de corriente alterna mas adecuado para la función de la mesa. A continuación se sitúa un rectificador, que cambia la corriente alterna en corriente continua pulsante, es decir no lineal. Un filtro suaviza las

pulsaciones para obtener un voltaje de salida de corriente continua muy lineal, que es enviado hacia la mesa.

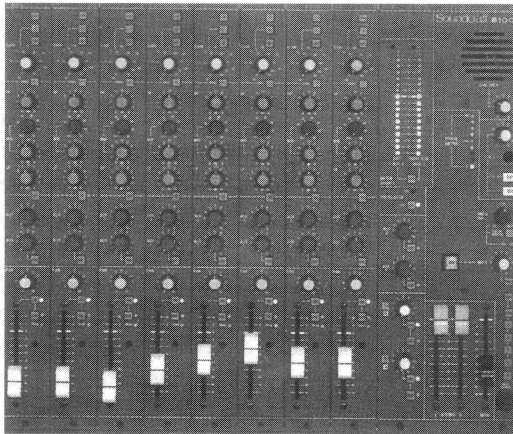
VARIEDADES DE MESAS DE MEZCLA.

El circuito de una mesa es, básicamente, una red de resistencias que contiene atenuadores, diseñada de forma que permita la combinación de distintas señales de audio para formar una señal compuesta. Las fuentes de esta señal pueden ser grabaciones magnéticas, discos, salidas de combos, micrófonos, o cualquier combinación entre ellas.

A la mesa se conectan todas las líneas y micrófonos que efectúan la toma del sonido; ya sea directamente o a través de una manguera de señales. La función básica de la mesa es controlar el volumen de todos los instrumentos y voces que intervienen en el escenario (o en el estudio de grabación) por separado; y ajustar la tonalidad para cada entrada por medio de unos controles de ecualización.

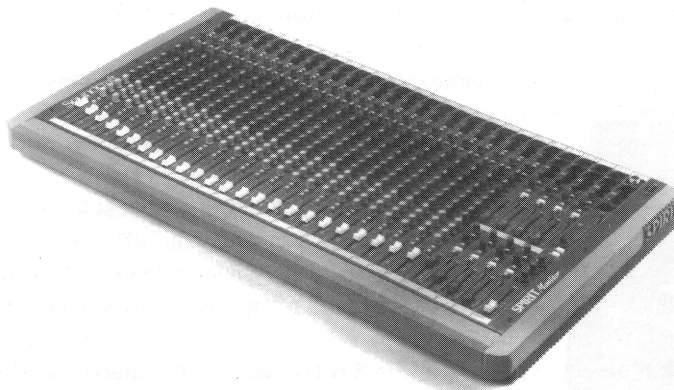
Una serie de elementos que modulan el sonido, tales como limitadores, compresores, equipos de eco y reverberación, y otros pueden ser insertados en ciertos puntos del circuito mezclador; y pueden ser controlados en volumen desde la misma mesa.

Figura 2



Según la función práctica a la que se destine una mesa de mezclas, tendrá una configuración básica de unas características determinadas. Básicamente se pueden distinguir tres tipos de configuraciones: mesas para estudios, mesas para monitores de escenario, y mesas para el sistema principal en los directos. Este último tipo de mesa tiene únicamente dos o cuatro canales de salida, cada uno de los cuales se dirige hacia las etapas que alimentan a los altavoces situados a ambos lados del escenario. (Figura 2).

Figura 3



Las mesas para monitores tienen un número variable de salidas, normalmente entre 8 y 16, y de cada salida se envía la señal que reciben los altavoces de escenario, después de ser amplificada en potencia. (Fig. 3).

Las mesas de estudio tienen normalmente tantos canales de salida como pistas de grabación posee el magnetofón multipistas. (Figura 4).

Tanto en las mesas de directo como en las de estudio, se puede efectuar una distinción en su configuración básica, atendiendo a la posibilidad que tiene la señal en ser agrupada en una forma u otra. Tenemos por un lado las mesas con subgrupos, y por el otro las mesas "On line".

Figura 4



Las mesas con subgrupos tienen unos canales específicos donde se pueden enviar las señales procedentes de algunos canales de entrada, agrupándolas según nuestra conveniencia en una única señal, que luego se envía hacia los canales "master" de salida. Estos canales intermedios reciben el nombre de canales de subgrupo. Así, por ejemplo, si se está sonorizando a un grupo de salsa en un concierto, podemos enviar todos los canales que reciban señal de instrumentos de viento hacia un subgrupo, y todos los que reciban instrumentos de percusión hacia otro subgrupo. Otro subgrupo puede estar ocupado por las voces, otro por las cuerdas y otro por los teclados. De esta forma, al margen de los niveles y ecualizaciones que reciban los instrumentos por separado, será posible para el técnico variar el volumen de todo un grupo instrumental utilizando un sólo control deslizante, o "fader".

Las mesas con canales en línea (On line), poseen el mismo número de canales de salida como de entrada; y un mismo canal puede hacer las funciones de canal de entrada o de subgrupo indistintamente. Son algo más complicadas de utilizar, en principio, que las mesas con subgrupos fijos; pero su amplia versatilidad las convierte en las favoritas para todo tipo de aplicaciones en estudio.

Se tiende, cada día más, a la utilización de las mesas modulares, ya que posibilitan ir ampliando, según las necesidades, el número de canales disponibles. Los canales que se pueden integrar en estas mesas "a la carta" son de cualquier tipo: de entrada, de subgrupo, de salida, y también de monitor y master. Estas mesas permiten obtener la configuración idónea para cada usuario, y ampliarla cuando ello haga falta.

LOS MEZCLADORES.

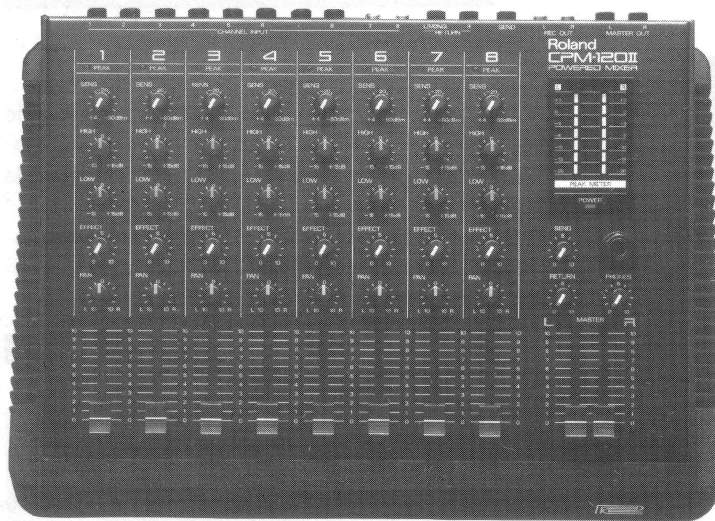
Varias compañías fabrican modelos de mezclador que pueden ser montados en racks de 19", para así facilitar su transporte; aunque también se dispone del típico mezclador tipo consola, que no precisa ser montado en rack. El uso de los mezcladores es muy extenso, ya que se utiliza en locales pequeños, escuelas e institutos, audiovisuales, sistemas multimedia, y también a veces como auxiliar de la consola de mezclas principal.

Los canales de entrada de un mezclador acostumbran a tener dos o tres controles de tono lineales, pero no suelen llevar ecualizadores paramétricos. En algunos casos pueden disponer de uno o dos canales auxiliares para el envío de la señal hacia efectos o para el monitoraje, pero en la mayoría de casos no disponen de estos envíos.

Cuando se usan como auxiliares de la mesa principal, para aumentar el número de entradas disponibles, conviene que los instrumentos que se envían a un mezclador sean de la misma naturaleza, para no desequilibrar la respuesta conjunta del sistema, y para simplificar su utilización práctica. Por ejemplo, si se está sonorizando un grupo de rock y las entradas disponibles en la mesa principal quedan cortas; se puede incorporar un mezclador de 8 o 10 canales de entrada y enviarle todos los micros que capten el sonido de la batería de percusión. En el mezclador se pueden equilibrar todos los canales de la batería, y enviar la

mezcla hacia uno de los subgrupos de la mesa principal. En la figura 5 se muestra un modelo de mezclador convencional.

Figura 5



Algunos mezcladores están pensados para ser utilizados por los músicos sobre el escenario. Así un teclista o un guitarrista que durante un concierto cambie varias veces de instrumento, puede ajustar por sí mismo el volumen y el tono de cada uno; ejerce un mayor control sobre su música y descarga al técnico de la mesa principal de ir conmutando entradas cada vez que cambia de instrumento.

MÓDULO DE ENTRADA

La situación de los controles en las mesas de mezcla sigue siempre una misma pauta y, básicamente, puede dividirse en cuatro grupos: canales de entrada, retornos y auxiliares, canales de monitor, y grupos de salida. Los módulos de entrada conforman la señal procedente del instrumento antes de ser

mezclada, y normalmente se sitúan en la parte izquierda del tablero de control.

La señal procedente de un micro o de una línea (que puede proceder directamente de un instrumento o de un procesador) es la que trata el canal de entrada. Cuando se trata de un micrófono es conveniente contar con entradas balanceadas, para eliminar posibles interferencias; y controlar el nivel de la impedancia de entrada al canal, que debe ser por lo menos de 600 ohmios.

Efectuando un recorrido visual por un módulo de entrada, desde la parte superior hasta la inferior, podemos hallar los siguientes elementos de control:

+ 48 V Phantom. Apretando este botón se suministra la corriente necesaria para que funcionen los micrófonos que precisan alimentación "phantom", a través de las terminales 2 y 3 del conector XLR.

Pad. Se activa un atenuador que reduce el nivel de la entrada Mic.

Line. Al pulsar este conmutador se abre el canal a la señal que entra por el conector de línea, desconectando la entrada del micro.

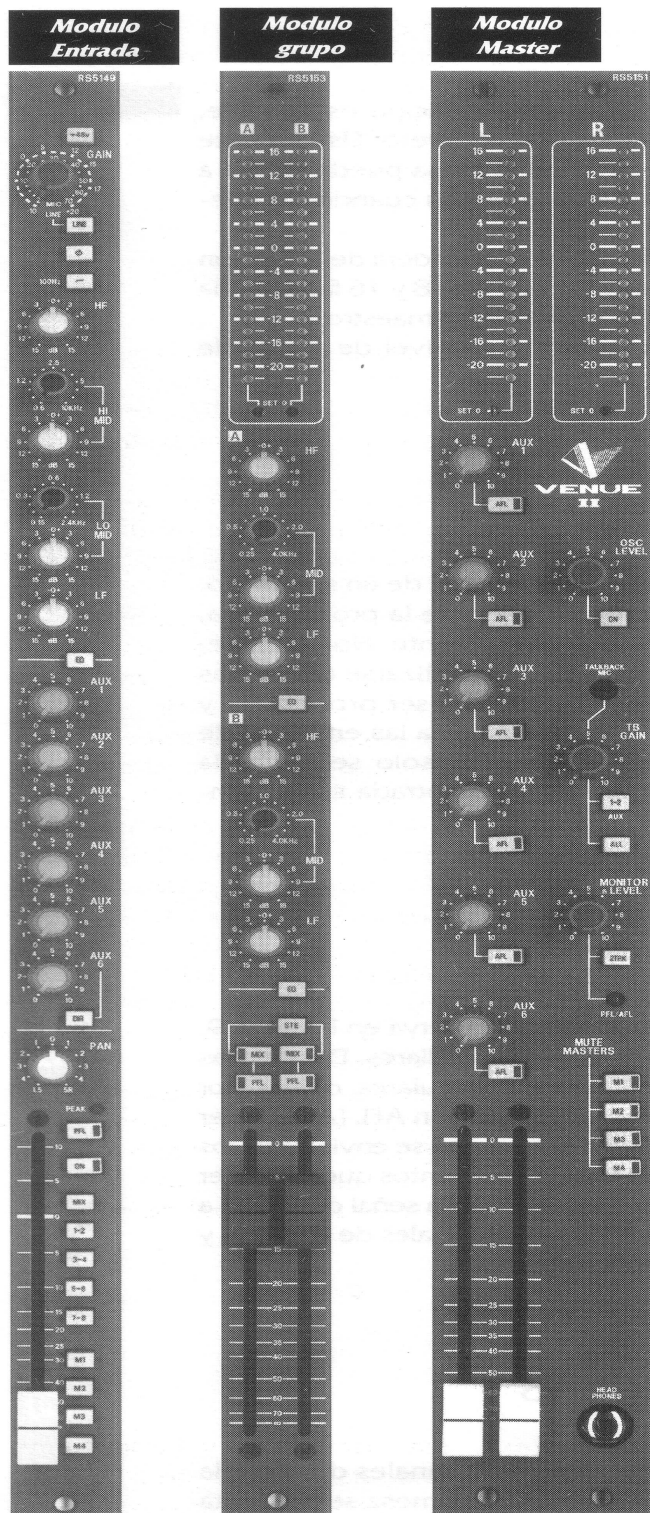
Gain. Permite el ajuste de la ganancia, tanto para la entrada de línea como para la de micrófono.

Phase Reverse. Invierte la fase de la señal de entrada.

Controles de ecualización. Estos controles varían de una mesa a otra pero en la mayoría de modelos son de tipo paramétrico o semiparamétrico: un mando permite escoger la frecuencia central sobre la que se va a actuar, y el otro permite realzar o amortiguar hasta 16 dB a partir de la frecuencia escogida. Hay que ser muy prudente en el uso de estos controles, ya que mal utilizados pueden llegar a deformar notablemente el sonido original.

EQ. cut. Este control sirve cuando no se desee ecualizar el sonido. Los conectores de que dispone normalmente un canal de entrada son los que se mencionan a continuación:

Line In. Esta entrada es de formato jack de 1/4", está preparada para recibir la señal directamente desde un teclado electrónico o desde la s. Al pulsarlo los controles de ecualización quedan anulados y la señal pasa de largo. También sirve para comparar el sonido ecualizado con el que no lo está.



Line In. Esta entrada es de formato jack de 1/4", está preparada para recibir la señal directamente desde un teclado electrónico o desde la s. Al pulsarlo los controles de ecualización quedan anulados y la señal pasa de largo. También sirve para comparar el sonido ecualizado con el que no lo está.

Auxiliares. Estos potenciómetros envían la señal presente en el canal hacia la salida auxiliar correspondiente, habitualmente para ser procesada. El conmutador Pre-post fader, que suele encontrarse al lado de los potenciómetros, sirve para que el envío de la señal se haga antes o después de su paso por el mando deslizante, o "fautor".

Panoramic. Es equivalente al control de balance de un amplificador hi-fi. En combinación con los conmutadores de asignación, ajusta la cantidad de señal enviada hacia el canal derecho y hacia el izquierdo.

PFL. Envía la señal del canal hacia el grupo monitor, y su nivel puede ser visualizado en el VUmetro o en los indicadores a LED.

Mute. Normalmente tiene una indicación luminosa que nos indica si el canal está operativo, actúa como interruptor del canal.

Conmutadores de asignación. Cuando son pulsados envían la señal del canal hacia los canales (o subgrupos) indicados en cada conmutador. Así, si se pulsa el conmutador "3-" y el control panorámico está en el centro, la señal del canal se repartirá por igual entre los subgrupos 3 y 4. Si se gira el control panorámico hacia la izquierda, toda la señal del canal partirá hacia el subgrupo 3.

Fader. Este mando deslizante es el que se encuentra en la parte más próxima del operador, y se trata de un potenciómetro de alta precisión calibrado en decibelios. Actualmente permite aumentar la ganancia en unos 10 dB si se sitúa en la parte superior del recorrido, y atenuar la señal por completo si está en el extremo inferior.

Los conectores de que dispone normalmente un canal de entrada son los que se mencionan a continuación:

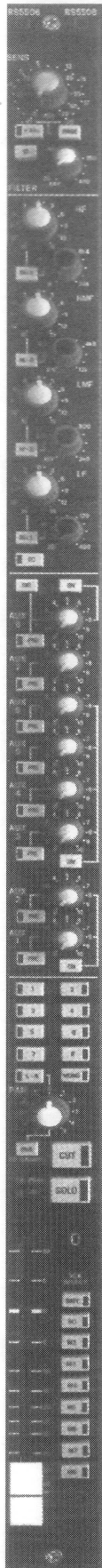
Line In. Esta entrada, habitualmente en formato jack de 1/4", está preparada para recibir las señales directamente desde un teclado electrónico o desde la salida de señal de un combo. La impedancia habitual está alrededor de los 10 Kohmios, así que también es posible la conexión a esta entrada de un micrófono de alta impedancia.

Mic Input. Es la conexión donde deben conectarse los micrófonos de baja impedancia (los más habituales); el conector es de tipo XLR balanceado, y su impedancia de entrada está en 2 Kohmios aproximadamente.

Tape In. Esta entrada está dispuesta para insertar un conector tipo jack que lleve a la mesa la señal de una de las pistas de un magnetofón multipistas. Su impedancia está alrededor de los 20 Kohmios.

Return y Send. Cuando se utilizan estos conectores, la señal del canal es desviada -normalmente para ser procesada- de su trayectoria normal, y sale por el conector de envío (Send) para volver por el conector Return. Normalmente se aprovecha este inserto para colocar un compresor, una puerta de ruido, o un

Figura 9



ecualizador externo. No se utiliza para añadir efectos a la señal, ya que para ello es mejor utilizar las líneas auxiliares, y así disponer de la señal sin efecto en el canal y de la señal procesada por la entrada auxiliar.

MÓDULO MASTER

Se sitúa en la parte derecha del tablero de la mesa, y su configuración es variable, dependiendo de la utilidad práctica a que se destine la mesa en concreto. Usualmente contiene los controles de talkback, desde donde el operador de la mesa puede hablar a través de los altavoces de monitor, para dar instrucciones a los músicos cuando no pueda hacerlo de viva voz.

El número de controles deslizantes (faders) que lleva este módulo dependerá de la función concreta de la mesa. Así, una mesa para monitores podrá incorporar entre 8 y 16 faders, una mesa para estudio de grabación o para directo tendrá entre 2 y 4 faders "maestros".

Este módulo también contiene el potenciómetro que controla el nivel de salida de los auriculares.

MÓDULO DE SUBGRUPO

Muchas mesas de directo contienen un módulo que permite el control de un subgrupo. La señal llega a este módulo a través de los canales internos (buses) de la propia mesa, desde los canales de entrada, pulsando el botón de envío correspondiente. No obstante, estos módulos pueden disponer de conectores "Insert" que pueden utilizarse de formas diversas. Puede enviarse la señal del subgrupo fuera de la mesa para ser procesada, y luego retornarla por el mismo subgrupo. También puede enviarse hacia las entradas de los canales de monitor mediante un conector auxiliar de salida. Si sólo se utiliza la conexión "Return" se puede utilizar este módulo como un canal de entrada suplementario, cuando haga falta.

MÓDULO DE SALIDA/MONITOR

La apariencia de un módulo de salida/monitor puede ser el que se observa en la figura 9. Los controles indicados con la letra B son las salidas de los seis buses auxiliares. Desde ellas se envía la señal que puede usarse para alimentar un amplificador de auriculares, o bien (por ejemplo) una unidad de reverberación. Los conmutadores con la inscripción AFL (After fader listen) sirven para que el operador pueda escuchar la cantidad de señal que se envía hacia los músicos, por medio de auriculares; o bien conocer cuáles son los instrumentos que van a ser enviados hacia algún procesador, por cada una de las salidas de auxiliar. La señal que llega a cada grupo auxiliar proviene de los controles de envío situados en los canales de entrada, y viaja por el interior de la mesa, a través de los buses correspondientes.

ESPECIFICACIONES DE UNA MESA DE MEZCLAS.

La descripción de una mesa siempre hace referencia sobre el número de canales de entrada de que dispone, así como del número de salidas de subgrupos. Si una mesa se presenta con un sistema 24.8.2, significa que posee 24 canales de entrada, 8 subgrupos, y 2 salidas master.

Una mesa que se anuncie como 16.2 tendrá 16 canales de entrada y 2 canales de subgrupo, que harán las funciones de salida master.

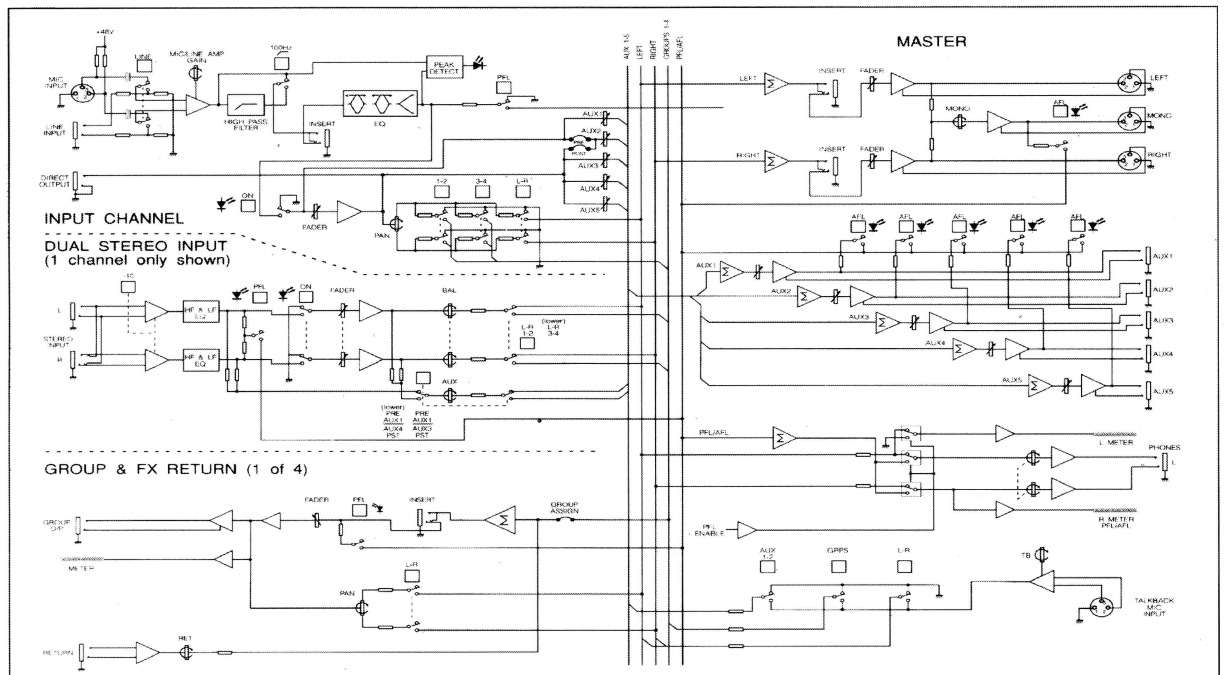
Algunas mesas se presentan con un sistema que contiene 3 salidas maestras, por ejemplo 16.3. Normalmente se trata de una salida en mono que puede utilizarse para fines diversos, como puede ser alimentar un sistema de amplificación central, que refuerce a los sistemas de altavoces situados a los lados del escenario.

Una mesa 32.12.24 será un modelo para ser utilizado en estudio, ya que llevará 32 canales de entrada, 12 subgrupos, y 24 retornos de pista. Cada uno de estos retornos corresponderá a una pista de grabación del multipistas a que esté conectado.

Figura 10

SPiRiT LIVE 4

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE BLOQUES



Las mesas en línea disponen del mismo número de canales de entrada que de canales de salida y monitorización; siendo posible convertir un canal de entrada en subgrupo, cuando sea preciso. Los controles que incorporan estas mesas son, básicamente, similares a los descritos anteriormente. Si una mesa contiene la especificación 16.16.2 se tratará posiblemente, de un modelo que trabaja "On line", ya que contará con 16 canales de entrada y 16 de salida, además de los 2 canales del módulo maestro.

Relaciones señal/ruido. No puede haber una única especificación de la relación señal/ruido en el catálogo de una mesa, ya que hay distintos valores que dependen de la entrada que se esté utilizando, y también de los buses internos de la mesa por donde transcurra la señal.

La posición de los controles de ganancia Gain y de los faders afecta, también, al valor de la relación señal/ruido. Si tenemos una señal procedente de un micrófono conectado a la entrada Mic, el ajuste de ganancia a su nivel nominal (alrededor de 0 dB), y el fader situado a 0 dB, la relación señal/ruido de este canal será la específica para esta entrada. Pero cuando movamos los controles esta relación no tendrá el mismo valor.

Por otro lado, si bien podemos conocer la relación señal/ruido en un canal, ¿Qué sucede cuando varios canales están activados a la vez?, como es lo más frecuente. Pues que el nivel conjunto de ruido es superior al de un sólo canal, de forma que el valor de la relación S/R es inferior.

Por todo esto es de agradecer que los fabricantes de mesas mezcladoras señalen los diversos valores que pueda tener la relación S/R en sus modelos. Esto nos da una idea mucho más exacta del nivel de ruido que se va a tener. Veamos una especificación correcta:

Como se puede observar, estas especificaciones nos facilitan los valores totales de ruido para distintos recorridos de la señal, y también se diferencia el ruido provocado por una sola señal del que produce cuando se opera con todos los canales. Evidentemente, cuanto mayor sea la cifra de esta relación, menor será el ruido con que opere una mesa.

Existen muchos elementos en los circuitos de una consola de mezclas donde el nivel de la señal resulta alterado: atenuadores, preamplificadores, botones de envío, faders, etc. El incremento de voltaje que experimenta la señal desde su entrada hasta la salida, depende de la ruta que siga ésta, y también de la posición de los controles de ganancia y atenuación. El incremento máximo de voltaje que puede experimentar una señal cuando circula por una determinada mesa, está expresado en decibelios; y los valores típicos de esta ganancia son de unos 85 dB para el micrófono y de unos 55 dB para la entrada de línea. Sería posible obtener unos valores más elevados de ganancia, pero posiblemente aumentaría también el ruido de fondo de la señal, y por esto los valores reseñados son los más habituales.

Diafonía. Otra característica que conviene tener en cuenta es la distorsión por cruce o diafonía (Crosstalk), que mide el nivel de aislamiento de una señal que circule por la mesa respecto a las otras. Cuanto mayor sea la diafonía (que también se mide en dB) menos interferencias sufrirán las señales y mejor

será la mesa en cuestión. De todas formas es preferible, como en la relación S/R, contar con unas especificaciones detalladas que mesuren el nivel de diafonía para distintos recorridos:

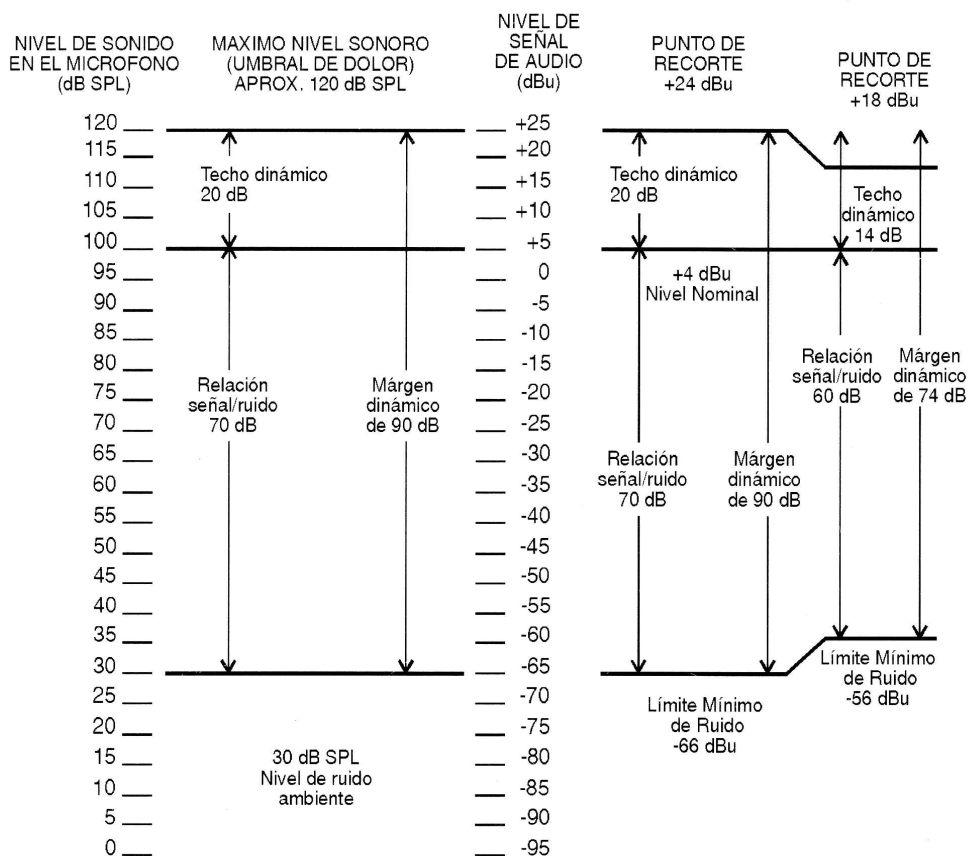
Aislamiento en ruta, mezcla L/R & Grupo: 100 dB
 Fader al máximo & Atenuación envío Aux.: 86 dB
 Panorámico hacia conmutador de grupo.: 76 dB
 Canal & monitor con conmutador "Solo": 100 dB
 Retorno de efectos hacia Grupo: 85 dB.

HEADROOM (TECHO DINÁMICO)

La diferencia entre el nivel máximo que un circuito puede manejar y el nivel nominal de este circuito se conoce con el nombre de *headroom* o techo dinámico. Este margen corresponde a la distancia que existe entre el nivel nominal del canal de una mesa (que suele estar sobre los +4 dBu) y el nivel de pico que puede soportar el circuito.

En una mesa, este valor varía según la disposición de los controles de ganancia y los faders, y también según el camino que recorre la señal. Si tomamos los niveles de un micrófono, podemos calcular el techo dinámico característico de este transductor:

$$\text{Headroom} = (\text{Nivel máximo}) - (\text{Nivel nominal}) = 130 \text{ dB} - 110 \text{ dB} = 20 \text{ dB}$$



Una vez más el decibelio nos sirve para expresar este valor, ya que describe una relación y no un valor absoluto: 20 dB es el techo dinámico, y no se puede escribir por ejemplo 20 dB SPL.

En la figura 11 se ilustra cuál es la extensión dinámica y el headroom de un sistema de sonido en directo, expresado en términos acústicos y eléctricos. La relación S/R representa la diferencia entre el ruido de fondo y el nivel nominal. La figura de la izquierda tiene un nivel de ruido muy reducido, más propio de un estudio de grabación que de un concierto en directo, por esto se dispone de una extensión dinámica considerable: 90 decibelios. En la figura de la derecha se ilustran unas condiciones más propias de una actuación en vivo. En efecto, si se mide el ruido de fondo que puede haber en un escenario, durante una actuación en vivo, el nivel de ruido será más parecido al representado a la derecha del diagrama.

Cuando el nivel de ganancia de la mesa está un poco más bajo de lo que debiera, o bien se inserta un compresor en el recorrido de la señal procedente del micro, resulta un descenso del nivel máximo que puede captar. Esta reducción también puede verse en la figura 11; dando como resultado que el headroom

se reduce en 6 dB, quedando su valor en 14 dB. Entre esta reducción y el incremento de ruido de fondo antes comentado, resulta que la dinámica total de este canal queda reducida a 74 dB.

La especificación del headroom nos informa sobre la capacidad en un sistema para captar, sin distorsión en los picos del programa musical, señales por encima de su valor nominal. Si tomamos dos equipos de sonido que operen con el mismo nivel nominal, el equipo que posea un headroom más amplio podrá captar niveles de señal más elevados, sin que ello suponga distorsión en la misma señal.

INDICADORES DE NIVEL

Todas las mesas de mezcla contienen un número variable de indicadores visuales que informan al operador del nivel que tiene la señal audio.

Estos indicadores pueden ser VUmetros o picómetros, además de los LED (Diodo emisor de luz) que avisan cuando la señal satura el canal. Un VUmetro (medidor del volumen) mide la intensidad global de la señal de audio, indica el valor promedio que tiene ésta en cada momento. La referencia para su calibrado acostumbra a establecerse sobre un nivel de 1 mW sobre 600 ohm; así, cuando señala 0 la señal tiene un valor de 0'775 voltios.

La precisión de los VUmetros (Fig. 12) suele ser bastante alta, aunque la inercia que presenta la aguja indicadora limita un poco la rapidez que se precisa para marcar sonidos transitorios que tengan un tiempo de ataque y caída muy rápidos.

Figura 12

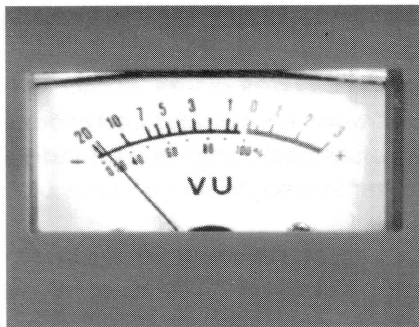
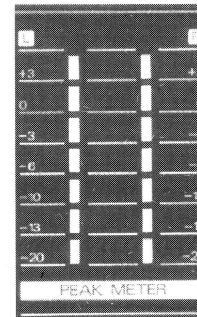


Figura 13



Los picómetros (Fig. 13) están constituidos por un sistema de indicadores luminosos que trabajan con LED. El número de LED que contiene el picómetro nos informa sobre la precisión de éste: Cuantos más lleve, mayor será la precisión que tenga. El picómetro informa de cuál es el nivel máximo de la señal en cada momento, cuál es el nivel de los picos que ésta contiene; y su velocidad para reaccionar con los cambios de la señal es muy rápida, su captación es prácticamente instantánea.

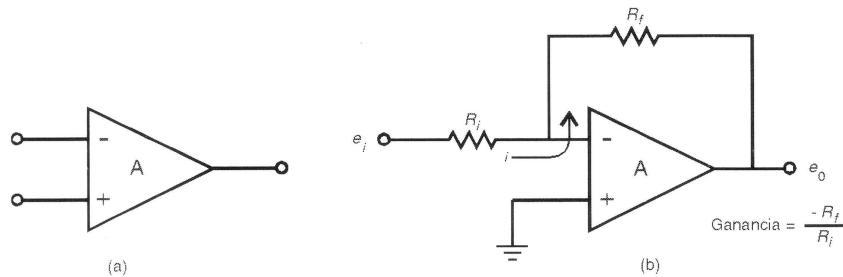
Lo más importante de los indicadores de nivel, sea cual sea su constitución, es que estén calibrados correctamente; es decir que los valores que indique en cada momento se ajusten a los valores reales que tiene la señal. Para ello existen en las mismas mesas -aunque no siempre- generadores de señal con un nivel fijo, usualmente 0 dBu, con lo que es posible efectuar la comprobación sobre el funcionamiento correcto de cualquier indicador. En cualquier caso, es posible hallar cintas o discos que tengan grabados diferentes niveles de señal, y así poder calibrar la exactitud de unos indicadores.

PREAMPLIFICADORES OPERACIONALES

Estos preamplificadores están presentes en varios puntos de las mesas de mezcla; y proporcionan flexibilidad y regularidad en el recorrido de la señal por las rutas que ésta sigue. El término amplificador operacional procede del papel que desempeñan estas unidades, ya que efectúan las mismas operaciones

que se hacen en matemáticas: adición, sustracción, multiplicación y división, aplicadas a las señales que

Figura 14



manejan.

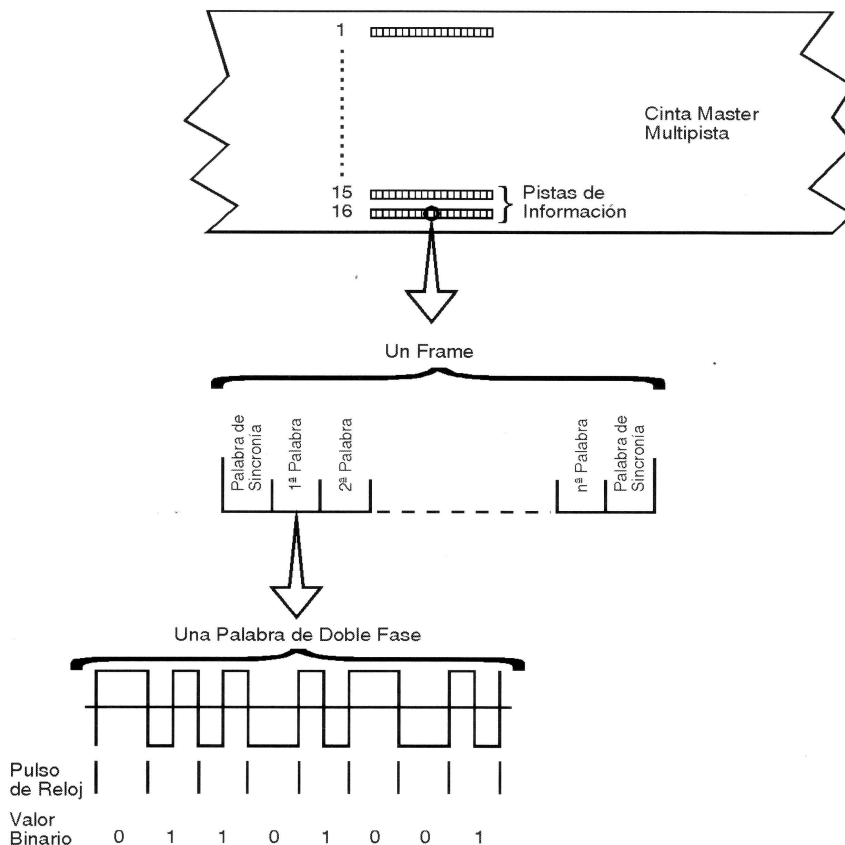
La representación de estos amplificadores puede verse en la figura 14, y las características ideales que tendrían que tener son: ganancia infinita, impedancia de entrada elevadísima, y una impedancia de salida equivalente a cero. En la actualidad, la ganancia que es posible obtener con estos amplificadores está entre 100 dB y 110 dB; su impedancia de entrada puede llegar a los 10 megaohmios (10.000.000 ohmios); y su impedancia de salida es de tan sólo unos pocos ohmios. Estos valores están lo bastante cerca de los valores ideales para que su función pueda ser cumplida a la perfección.

En la figura 14(b) se puede ver un amplificador operacional con una configuración inversora; la relación entre las resistencias exteriores determina su ganancia.

MESAS AUTOMATIZADAS.

Las mesas automatizadas comenzaron a fabricarse a mediados de los años 70. Estos sistemas se basaban en codificar la posición de los faders por medio de unas muestras de voltaje, que se registraban en un par de pistas del magnetófono multipistas. Cada cambio en la mezcla implicaba el envío de nuevos datos hacia estas dos pistas, en las que quedaban registrados los voltajes correspondientes a las diversas posiciones que los faders tomaban en el transcurso de una o varias piezas. (Fig. 15).

Figura 15



Nótese que en estos sistemas de automatización sólo era posible controlar el nivel de los controles deslizantes, de entrada y de grupo, no siendo posible automatizar ninguna otra función.

Cuando el magnetofón estaba en modo reproducción, enviaba todas las pistas pregrabadas hacia la mesa, incluyendo las dos de referencia que tenían registrados los datos que variaban la situación de los faders en la mesa. De esta forma, los trabajos de mezcla y producción en estudio se simplificaban, ya que el operador de la mesa no tenía que memorizar cada variación de nivel que debía haber para cada pista, ya que estas variaciones estaban ya impresas en las pistas que comandaban todos los controles deslizantes de la mesa. Así se consiguió simplificar y abreviar las sesiones de registro y producción en muchos estudios.

El corazón de estos sistemas son los VCA (Amplificadores controlados por voltaje) que son utilizados para el control de los niveles en los mandos deslizantes.

En la actualidad, es más común la utilización de los códigos de tiempo, que son registrados en una pista del magnetofón; o bien sincronizados por medio de un ordenador. Este último medio está siendo utilizado, cada día con más frecuencia, en algunos montajes de sonido en directo. Esto libera al operador de la mesa del continuo control sobre los niveles de los diversos canales utilizados. Por otro lado, los actuales sistemas de automatización permiten el control sobre más puntos de la mesa, como son los conmutadores de canal o los envíos hacia efectos; pero el costo excesivo que ello supone limita, por lo general, su aplicación práctica a los atenuadores de nivel.

Para conseguir que se asemejen los registros discográficos con las interpretaciones en vivo, el uso de mesas automatizadas se irá incrementando, con seguridad, durante los próximos años.

La plena implantación de instrumentos que se comunican vía MIDI, unido al desarrollo del software informático, facilita que las mesas automatizadas puedan ser progresivamente utilizadas en los conciertos en directo.

Algunos modelos de estas mesas permiten la elección del tipo de automatización que se desee; ya sea global desde la sección maestra o en subgrupos, o bien individual para cada canal. Por norma general, en todas ellas, son factibles la automatización de los controles deslizantes de canal y los enmudecimientos de canal y de monitor.

Los elementos periféricos donde se registran los datos de la automatización pueden necesitar de algún *interface* para la transmisión de datos, a no ser que la misma mesa ya lo tenga incorporado.

Trabajando bajo protocolo MIDI algunos secuenciadores pueden registrar datos relativos a la automatización de un programa, sin que éstos interfieran sobre la información de ejecución musical. Conviene informarse bien sobre las posibilidades de interacción entre una mesa y un sistema concreto de secuenciadores, antes de cualquier elección.

Algunas mesas ofrecen a sus usuarios la posibilidad de conmutación ('On' y 'Off') de los envíos auxiliares y de los retornos de subgrupo. En estos casos es posible programar mediante el ordenador los efectos que se vayan a utilizar en un evento, conectándolos y desconectándolos canal por canal. Mediante la pantalla del programa se podrán ver las secuencias de conmutación, y así cuando aparezca alguna malfunción será posible actuar para eliminarla.

Como resulta evidente, al trabajar con altos niveles de automatización el orden de las piezas y su estructura musical debe ser inalterable, y atenerse a las secuencias de datos ya imprimidas en el programa. No hay lugar para las improvisaciones imprevistas, a no ser que se desconecte momentáneamente el sistema de automatización, y luego vuelva a conectarse.

Figura 16

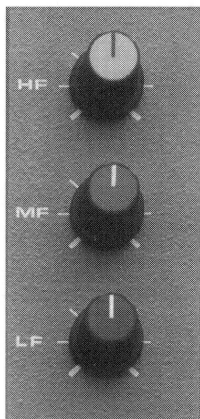
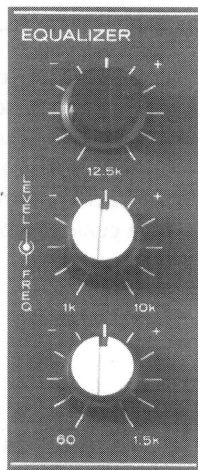


Figura 17



ECUALIZAR DESDE LA MESA.

Según la carestía de cada mesa de mezclas, los módulos de ecualización que llevan incorporados pueden ser más o menos complejos. Las mesas más sencillas contienen dos o tres controles de tono, de tipo lineal, cuyo manejo es similar a los controles que llevan los amplificadores hi-fi (Fig. 16). Es más corriente encontrar módulos donde se combinan los controles de tono lineales con los de tipo semi-paramétrico, tal como se muestra en la figura 17.

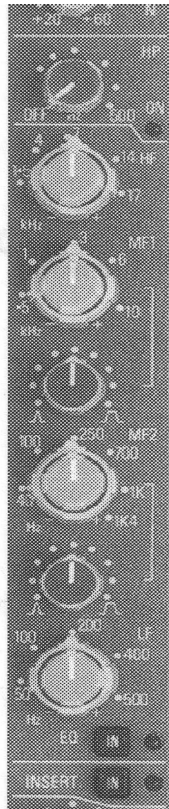
En este caso, nos hallamos con un control para las altas frecuencias de tipo lineal, dos controles para las frecuencias medias y otros dos para las graves. El primer mando de cada grupo cambia la frecuencia central del control, y el ancho de banda sobre el que se va a actuar varía de acuerdo con la cantidad de corte o amplificación que efectuará el segundo mando de cada grupo. Girándolo hacia la derecha se

obtiene una amplificación máxima de hasta 15 dB sobre la banda de frecuencias escogidas; mientras que al girarlo hacia la izquierda la banda es atenuada hasta un máximo de 15 dB. Los valores sobre los que puede actuar el grupo de ecualización de medios están comprendidos entre los 420 Hz y 13 kHz, mientras que el grupo de bajas frecuencias podrá trabajar entre los 42 Hz y los 1'3 KHz.

En las consolas de mezcla más complejas los controles de ecualización también son más completos, pudiendo tener el aspecto que se puede ver en la figura 18.

Independientemente de los controles para la ecualización que tenga una mesa, es muy común encontrarnos con algún tipo de filtro pasa-banda, que puede ser de utilidad en algunos casos concretos (Recortar un zumbido parásito, reducir la realimentación, etc.).

Figura 18



También puede darse el caso de que los sistemas de ecualización que lleve una mesa queden cortos para nuestros deseos. Para ello hay disponibles racks de ecualización que pueden incorporarse a los canales de entrada o de grupo de la mesa, anulando el propio sistema de ecualización de la mesa. El nivel de calidad de estos racks de ecualización vendrá determinado, una vez más, por su precio.

En la figura 19 se han dispuesto algunas sugerencias de como ecualizar desde una mesa diversos instrumentos musicales, y también algunas posibles soluciones cuando el sonido que se obtenga no sea satisfactorio. Debo remarcar que los valores que se apuntan en esta figura no son absolutos, sino solamente de referencia, ya que cada voz y cada instrumento tiene sus propias frecuencias de resonancia y sus armónicos particulares; esto impide que una ecualización (correcta para un instrumento determinado) pueda ser usada -sin variar nada- igualmente para cualquier otro instrumento similar.

AMPLIANDO LAS ENTRADAS DE UNA MESA

En algunos montajes puede suceder que los canales de entrada disponibles de la mesa principal sean insuficientes para nuestras necesidades. La utilización de más de una entrada para controlar el sonido de un instrumento no es un hecho aislado ya que, a menudo, se precisan canales que permitan la entrada de una señal procesada, para efectuar la mezcla precisa con la señal directa del micrófono. Un guitarrista que utilice varios modelos de guitarras precisará de tantas entradas como guitarras utilice, si desea entregar en los directos un sonido bien definido en cada caso.

La utilización de un mezclador combinado con la mesa de mezclas principal puede ser útil en muchas ocasiones, y no importa si el mezclador incorporado es más o menos complejo; lo más importante es que la calidad de éste no difiera mucho de la que posee la mesa principal. Es decir que su relación S/R, la diafonía entre canales, los niveles de ganancia, y la distorsión que provoque en la señal, tengan unos valores comparables o menores que los que posee la mesa de mezclas central.

Este mezclador auxiliar puede situarse, según la función concreta que vaya a desempeñar, al lado de la mesa principal o bien cerca de los músicos que se sirvan de él. Si se trata, por ejemplo, de un teclista que durante un concierto utilice cuatro distintos modelos de teclados, o bien de un guitarrista que toque diversos tipos de guitarras, puede ser más conveniente situar el mezclador cerca de los instrumentistas, para que ellos mismos tengan un control preciso del tono y el volumen que precisa cada instrumento en concreto.

Figura 19

	RECORTAR	REALZAR	OBSERVACIONES
Voz	2kHz. Chasquidos 1kHz. Nasal 80 Hz. Peso	Brillo de 8 a 12 kHz. Claridad por debajo de 3kHz. Cuerpo de 200 a 400 Hz.	En caso de ser coro tiende a adelgazar el sonido
Piano	de 1 a 2 kHz. Metálico 320 Hz. Bola en graves	Presencia 5 kHz. Graves 125 Hz.	No dar muchos graves al mezclar con la sección de ritmo
Guitarra eléctrica	Sonido turbio de 80 Hz. hacia abajo	Claridad 3,2 kHz. Graves 125 Hz.	
Guitarra acústica	de 2 a 3,2 kHz. Metálico 200 Hz. Bola en graves	Claridad, por encima de 5kHz. Cuerpo 125 Hz.	
Bajo eléctrico	1 kHz. Metálico 125 Hz. Bola en graves	620 "gruñido nasal" graves por debajo de 80 Hz.	El sonido varía mucho según el tipo de cuerdas
Contrabajo	620 Hz. Sonido hueco 200 Hz. Bola en graves	3,2 kHz. a 5 kHz. Pegada 125 Hz. Sub grave	
Caja	1kHz. Sonido agrio	2 kHz. Brillo 125 Hz. Cuerpo 80 Hz. Profundidad	Variar la tensión de los bordoneros
Bombo	620 Hz. Sonido parche blando 80 Hz. Bola en graves	de 3,2 a 5 kHz. de 80 a 125 Hz. Graves	Ataque Quitar el parche delantero, poner un parche de tela entre el parche y la maza

	RECORTAR	REALZAR	OBSERVACIONES
Timbales	320 Hz. Bola en graves	de 3,2 a 5 kHz. de 80 a 200 Hz. Graves	Ataque Afinar los parches. Es muy importante
Platos, panderetas y campanas	1 kHz. Sonido agrio	5kHz. Hacia arriba brillo	No grabarlos con mucha señal
Metales y cuerdas	3,2 kHz. Metálico 1 kHz. Timbre 125 Hz. Fondo	de 8 a 12 kHz. Brillo 2 kHz. Claridad 320 a 400 Hz. Sonido básico	

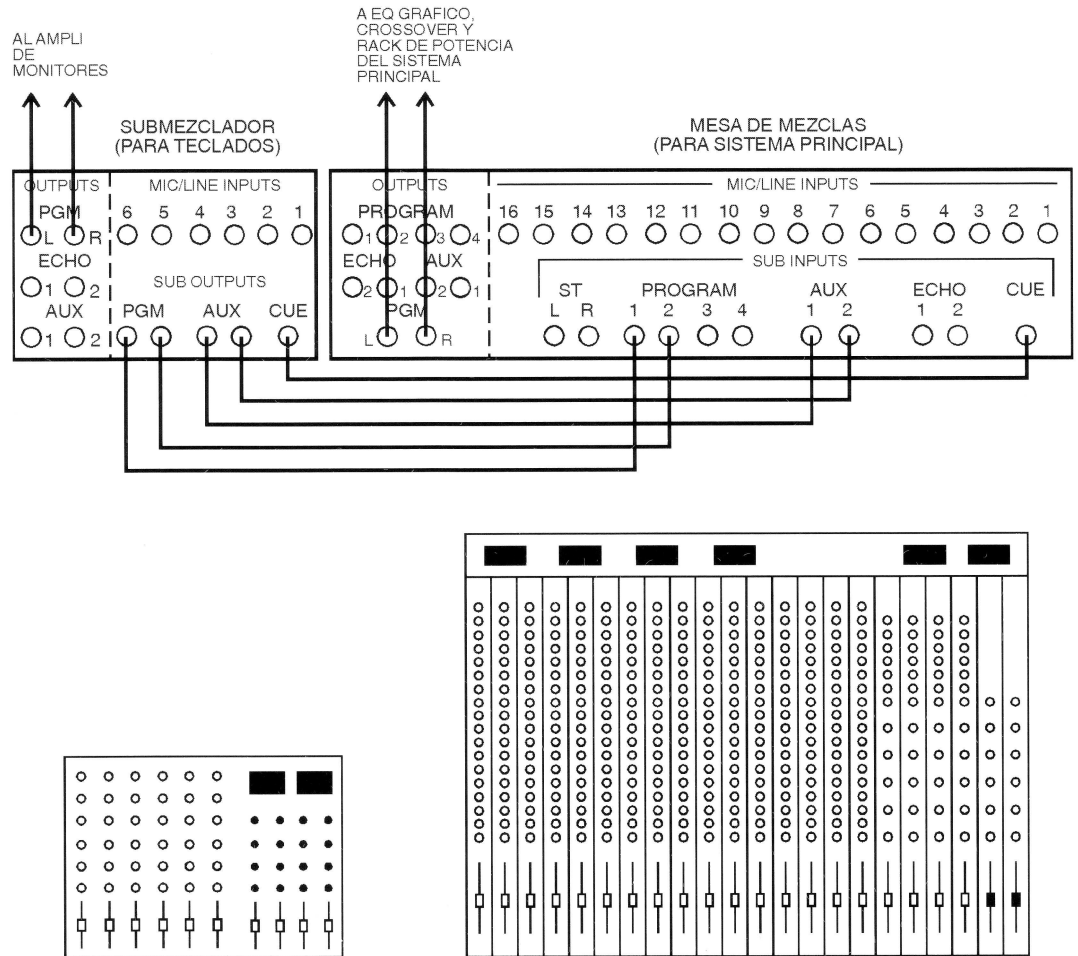
Si se trata, por otro lado, de controlar con el mezclador todas las entradas de una sección de vientos, o bien los diversos micrófonos que proceden de una batería, entonces será más conveniente que el mezclador se sitúe al lado de la mesa principal, para que el técnico lo maneje.

Las entradas para que la mesa principal reciba la señal procedente del mezclador están preparadas, por lo general, para los niveles típicos de línea, que se sitúan entre estos valores: 0 dBu (78 mV), 0 dBV (316 mV), o +4 dBu (1'23 V). En algunos casos las mesas no disponen de controles de nivel para las entradas "sub-inputs"; el nivel deberá entonces controlarse mediante los faders del grupo maestro del mezclador. En estos casos hay que vigilar los valores de las impedancias respectivas, así como los niveles de línea, para que no se produzca una sobrecarga en las conexiones entre mezclador y mesa.

Puede suceder que la mesa principal no tenga conectores "sub-inputs"; esto no debe ser ningún obstáculo para efectuar la conexión con el mezclador, ya que pueden aprovecharse alguno de los canales normales de entrada de la mesa, o bien los conectores de retorno de efectos; cuidando también en estos casos que exista compatibilidad de nivel y de impedancia.

En ocasiones, el mezclador auxiliar puede tener salidas que preceden a los faders maestros. Estas salidas pueden aprovecharse para enviar la señal hacia la mesa principal, y utilizar los faders del mezclador para controlar el nivel de salida para otro uso, como puede ser el envío de la señal hacia un sistema de monitoraje en el escenario. En este caso, es aconsejable poder controlar, desde la mesa principal, el nivel de la señal que procede del mezclador, desde un canal de entrada o desde un retorno de auxiliar, por ejemplo. En la figura 20 se muestra un posible esquema del conexionado entre mezclador auxiliar y mesa principal.

Figura 20



MESAS PARA EL CONTROL EN ESCENARIO.

Los sistemas de monitorización en el escenario permiten a los músicos tener una referencia clara de las cualidades del sonido que se está entregando, y facilitan que se escuchen entre si. Un sistema de monitores bien equilibrado es indispensable para que todos los miembros de una banda se sientan cómodos, y así destinen sus esfuerzos para crear música exclusivamente.

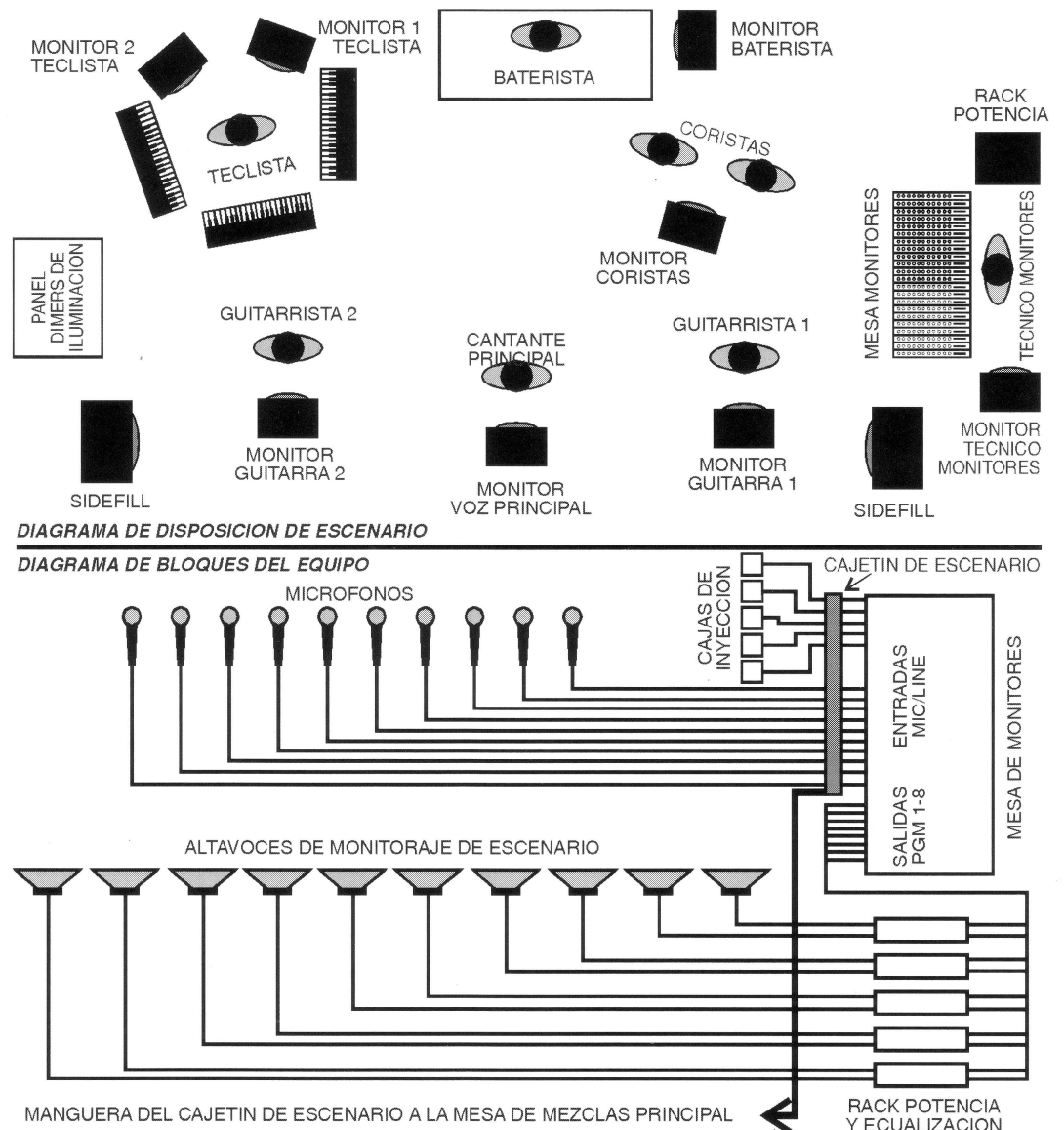
El sistema de monitoraje es un equipo de amplificación sonora que opera de forma independiente respecto al sistema de amplificación principal. Como el sistema principal, también está constituido por una mesa, ecualizadores, etapas de potencia y altavoces, integrando a veces algún tipo de procesador. Los altavoces en un sistema de monitoraje están siempre situados en el escenario, bien en los laterales (*side-fills*) o en el suelo, delante de los músicos.

La diferencia básica en una mesa para monitores es que contiene varios canales de salida, que alimentan distintos amplificadores trabajando en mono o en estéreo. Cada salida de la mesa se asigna para cubrir uno o más músicos, de forma que reciban las señales de los instrumentos que precisen escuchar. Así por ejemplo, un cantante solista necesitará escuchar las voces que hagan coros y la suya propia, y posiblemente algo de la señal procedente de las guitarras o bien de los teclados. Un bajista querrá disponer en su altavoz de monitor de la señal procedente del bombo; mientras que el batería precisará escuchar la señal del bajista, para seguir el ritmo con precisión. El guitarrista necesita escuchar también la señal del bajo, del bombo, y de algún otro tambor; mientras que un teclista querrá escuchar en su monitor la guitarra y la voz solista, además de un poco del bajo.

Por este motivo las mesas de monitores contienen ocho o más buses de salida, y están diseñadas para operar con cualquier combinación de señales de entrada asignadas a los canales de salida.

También los altavoces de monitor están diseñados específicamente para su función, la gama de frecuencias que reproducen es algo más estrecha que el sistema de altavoces principales, y su ángulo de dispersión sonora es más reducido, para facilitar el control de la realimentación acústica.

Figura 21



En la figura 21 se muestra el diagrama de un sistema de monitoraje. La señal procedente de los micros es enviada hacia el cajetín de conexiones del escenario, donde la señal se divide para seguir dos rutas distintas; una hacia la mesa de monitores, y otra (a través de la manguera) hacia la mesa principal.

Cada salida de la mesa de monitores puede dirigirse hacia un ecualizador gráfico, para reducir en cada caso los posibles picos de resonancia que causen realimentación acústica; de ahí la señal se dirige hacia las etapas de potencia que alimentarán a los altavoces.

Durante la década de los 60 y principios de los 70 los envíos hacia los altavoces de monitor se realizaron desde la mesa principal, la única que se empleaba. Esto creaba un problema para el técnico, ya que desde una sola mesa era muy difícil realizar a la vez los envíos de las mezclas para el monitoraje, y las mezclas adecuadas para el sistema de amplificación de la sala. Las mesas de monitor vinieron a cubrir este importante vacío. Los músicos tienen que comunicarse con el técnico de monitores por medio de signos manuales, para indicarle cualquier carencia o defecto que haya en su monitor particular, mientras que el técnico debe aprender a interpretar estos signos con rapidez, sobre la marcha. Las mezclas que aparecen en cada altavoz de monitor deben ser, en lo posible, las que cada músico precisa para poder seguir correctamente la pieza, y es función del técnico de monitores conseguir el equilibrio preciso entre los deseos de los músicos y las posibilidades reales de cada sistema.

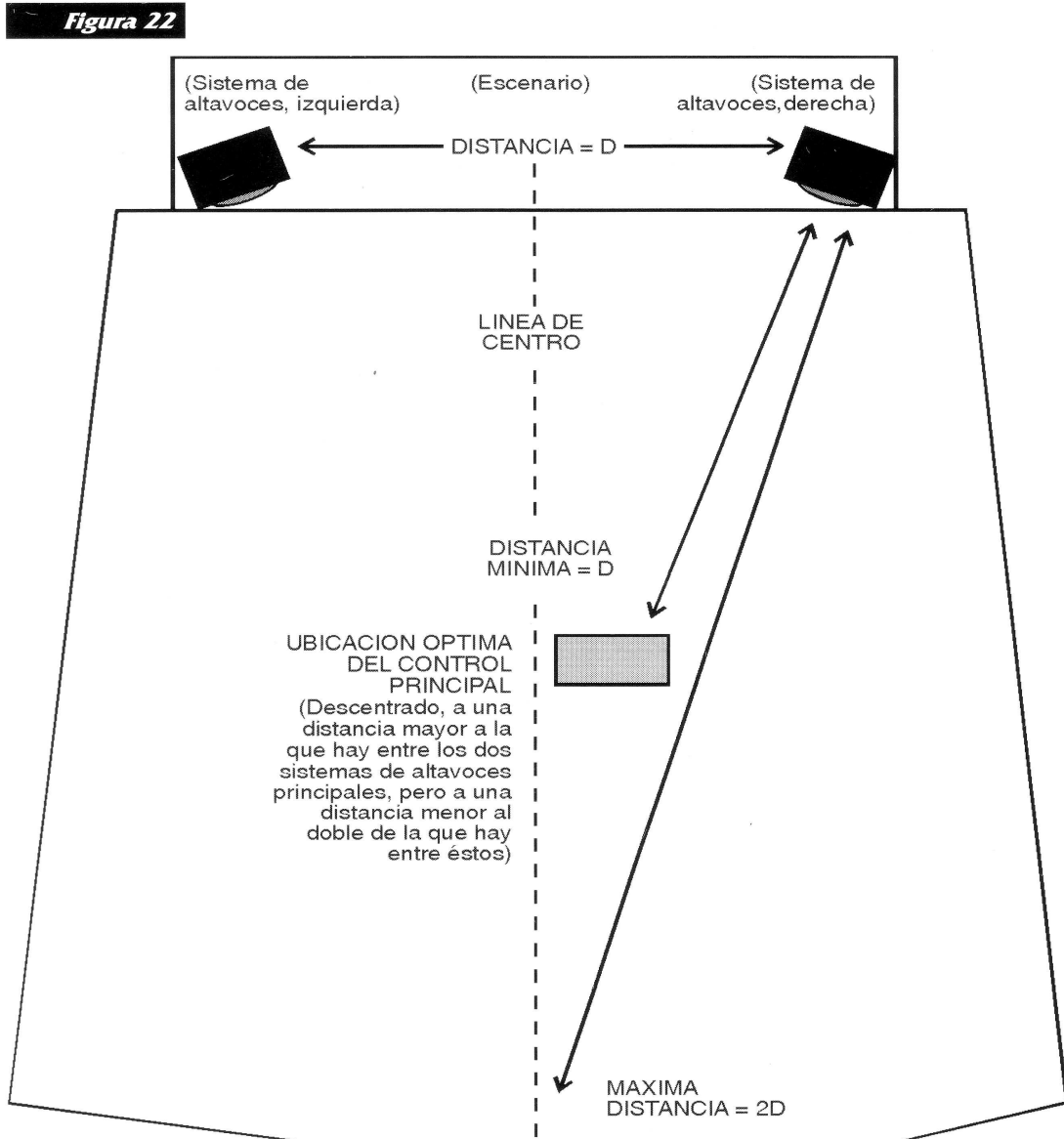
La calidad del sistema de monitores juega a favor del músico profesional. Si no tiene problemas para escuchar el sonido que emite, junto con los otros instrumentos que le sirven de referencia, no tendrá problemas para desarrollar cómodamente su función, desarrollando al máximo sus cualidades artísticas.

SITUACIÓN DE LA MESA EN UN DIRECTO.

La mesa de monitores debe estar situada a la misma altura que el escenario, sobre la parte lateral del mismo, para que el operador de la mesa y los músicos puedan verse con facilidad. Es preferible también, que el lado donde se sitúe la mesa de monitores sea el opuesto al lugar en que están los *dimmers* para las luces y los transformadores de potencia, para evitar en lo posible cualquier tipo de interferencia de origen electromagnético.

La situación de la mesa principal tiene una importancia notable si se desea que toda la audiencia tenga un sonido correcto. Situar la mesa en un lugar inapropiado dificulta enormemente la obtención de un balance correcto, y no facilita que el operador de la mesa pueda ecualizar bien el sistema.

Como norma general, en la mayoría de casos se emplaza al lado del eje perpendicular al escenario, a una distancia idéntica de las dos columnas de altavoces. La distancia entre la mesa y el escenario debe ser, como mínimo, la misma que exista entre las columnas de altavoces; y como máximo el doble de esta distancia. (Figura 22).



Algunos ingenieros de sonido prefieren situar la mesa sobre el mismo eje de una de las columnas de altavoces, ya que así tienen una referencia más precisa de la respuesta en frecuencias del sistema. El problema que puede haber en estas situaciones, es que se pueden producir algún tipo de cancelaciones de fase entre el sonido que emerge de los altavoces de un lado y el que emerge del otro. Si aparece este problema, que por otra parte es de fácil solución para el ingeniero, éste no se dará cuenta debido a su colocación, y la cancelación de fase persistirá en una amplia zona del auditorio.

Colocar la mesa de mezclas demasiado cerca del escenario puede ser motivo de que los espectadores situados en las zonas más alejadas tengan un volumen pobre de audición, debido a la distancia de escucha del operador de la mesa. Situar la mesa demasiado lejos del escenario puede provocar, por otro lado, que los espectadores situados más cerca de las columnas de altavoces reciban el programa musical con un volumen atronador.

Cuando por motivos de disponibilidad de espacio, se tenga que situar la mesa en una posición poco favorable, el ingeniero de la mesa deberá calcular el volumen del sonido teniendo en cuenta este desplazamiento de la posición correcta.

COMO ESCOGER UNA MESA DE MEZCLAS.

Aunque en el trabajo cotidiano es poco frecuente (por no decir extraordinario) que un operador pueda escoger la mesa con la que va a realizar su labor, no estarán de más algunas consideraciones a tener en cuenta si se da el caso.

Las mesas diseñadas para los directos no difieren, en muchos casos, demasiado de las de estudio; ya que el desarrollo y la investigación aplicados a un tipo de mesa acaba siendo utilizado para el diseño del otro tipo.

Las mesas de estudio deben permitir al operador un control muy preciso de la señal de audio, no importando demasiado el tiempo que precise para conseguir este control. En las mesas de directo el factor tiempo es muy valioso, por ello deben estar concebidas para que el operador pueda realizar cualquier ajuste en el menor tiempo posible.

Otro factor que debe tenerse en cuenta es la robustez física de la mesa. En el ámbito de un estudio, donde la mesa siempre está situada en un mismo lugar, y donde los factores atmosféricos no representan ningún problema, la calidad de los componentes electrónicos de la mesa es uno de los factores determinantes para una elección. Pero si se trata de una mesa para directos, expuesta a golpes en el traslado, a inclemencias meteorológicas, al polvo que se le acumula, y a múltiples imprevistos, la resistencia física a todos estos elementos será uno de los factores decisivos en la elección.

No hay que dejarse deslumbrar por una cantidad exagerada de controles; algunas de las mejores mesas, utilizadas en la grabación de discos memorables durante la década de los 60 y principios de los 70, tienen unas configuraciones muy simples; su secreto estriba en la extraordinaria calidad de los componentes utilizados en su construcción. En el rincón opuesto se pueden encontrar algunas mesas con precios muy atractivos y unas configuraciones muy complejas; conviene ser muy cauto, ya que para ofrecer unos modelos tan completos a unos precios demasiado reducidos el fabricante tiene que eliminar costos de algún lado. Demasiadas veces el resultado es una mesa que da un sonido pobre y sin definición, con poco cuerpo, resultado de unos componentes y una construcción con una calidad muy limitada.

Un factor importante, que en ningún caso debe ser descuidado cuando se efectúa una elección de mesa, es que el modelo que se escoja cuente con suficientes entradas para la señal de MIDI. Tanto si se trata de una mesa para directo como para estudio, el hecho de disponer de suficientes entradas donde pueda recibirse la señal de instrumentos via MIDI será un dato positivo; ya que el envío de datos por este sistema se ha generalizado en muchos campos, siendo imprescindible contar con una consola de mezclas preparada para recibirlos e integrarlos.

LOS ALTAVOCES

Cuando llegamos a un recinto donde se va a efectuar un concierto, podemos quedar impresionados al contemplar las enormes montañas de cajas acústicas, amontonadas a ambos lados del escenario, y en ocasiones por encima y por debajo. Dan la impresión de que son capaces de generar muchos decibelios, de lanzar un sonido atronador capaz de removernos todo el cuerpo sin que podamos evitarlo.

El color oscuro que suelen presentar las cajas ayuda a provocar esta sensación de potencia latente, casi de amenaza oculta, que nos preparará mentalmente para recibir una importante descarga de vatios.

Pero sucede que los buenos altavoces, las cajas de calidad, tienen un coste bastante elevado, aún más que las etapas de potencia que las alimentan.

Para solventar este problema, y poder quedar bien ante la audiencia, he aquí esta sugerencia:

Con tal de aprovechar mejor el impacto visual que causan las columnas acústicas, se podrían situar algunas cajas sin altavoces intercaladas entre las que contienen altavoces. O mejor aún, colocar muchísimas cajas simuladas -con la misma apariencia que las verdaderas-, y sólo algunas con altavoces en su interior.

El público, a la vista de tantas columnas de sonido, quedaría muy impresionado, casi atemorizado, por el volumen de sonido que le vendría encima. Luego, durante el concierto, cuando la intensidad sonora fuese menos fuerte de lo que se temía, pocos asistentes se quejarían de ello.

La mayor parte del público pensará que se trata de una piadosa maniobra del ingeniero de sonido, un hombre prudente que no desea machacar los oídos del personal, abusando del potente material de que dispone...

-LOS ALTAVOCES-

Para el músico, el operador de sonido, el arreglista, el diseñador de sistemas acústicos, y para el aficionado en general, los altavoces son el último eslabón de cualquier equipo de sonido. Gracias a ellos podemos comprobar como "suena" una pieza que se esté grabando o reproduciendo, o bien ejecutando en directo. Es a través de las cajas acústicas donde la música adquiere la dimensión justa para establecer la comunicación entre la música y el público.

El conocimiento preciso de los altavoces que nos sirven para escuchar una interpretación musical ayuda, sin ninguna duda, a la mejor comprensión de las virtudes y defectos de la misma.

En resumidas cuentas, el altavoz es el elemento que transforma la señal de audio en vibraciones sonoras; y de la calidad del mismo depende el parecido del sonido reproducido con el original.

Otro elemento a tener en cuenta es el recinto donde se ubican los altavoces: Las cajas acústicas. Depende de la estructura de estas cajas el mayor o menor aprovechamiento de las cualidades de los altavoces.

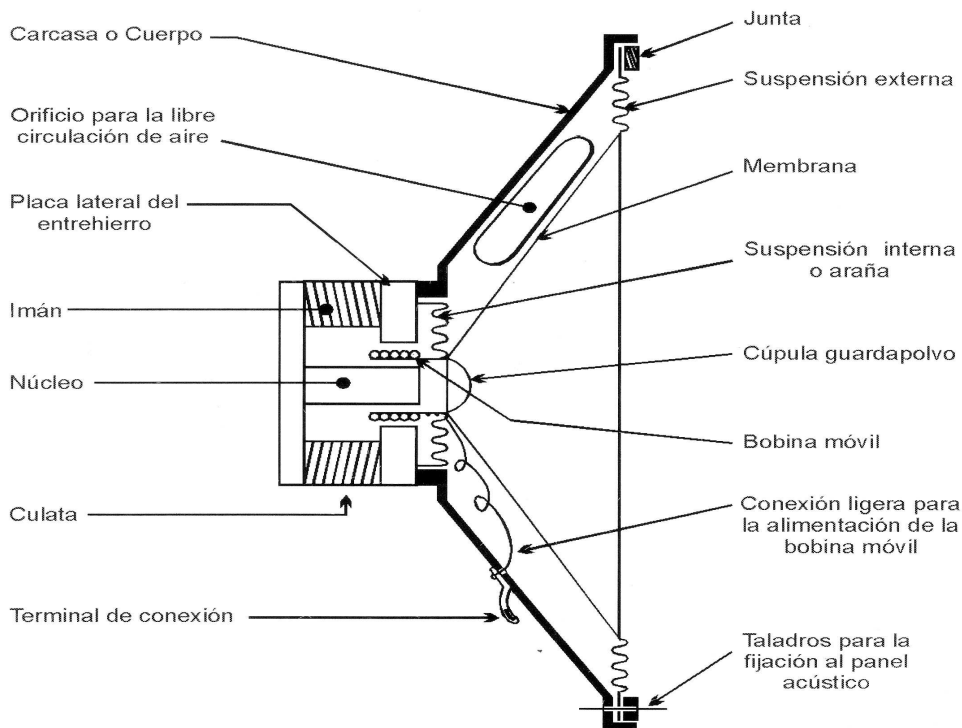
También son de una importancia decisiva los filtros separadores de frecuencias; en todos los montajes multivías, los más comunes hoy, cada grupo de altavoces recibe sólo una porción del espectro musical, según las características concretas de cada altavoz.

El fin básico de un altavoz es trasladar al aire un movimiento que debe corresponder con las diferencias de voltaje que le llegan desde el amplificador. En realidad efectúan una acción inversa a la de los micrófonos, que transforman una vibración sonora en una diferencia de voltaje, que denominamos señal de audio. Hay que precisar, no obstante, que la señal de audio procedente de un micrófono es poco intensa (entre 1 y 10 milivatios), mientras que las señales que recibe un altavoz para funcionar pueden ser del orden de varios centenares de vatios.

ALTAVOCES ELECTRODINÁMICOS

La mayoría de altavoces que se utilizan para la reproducción musical obedecen al principio del electromagnetismo. El principio del funcionamiento del altavoz dinámico se basa en la interacción entre dos campos magnéticos, uno fuerte y estable que se debe al imán permanente, y otro más débil y variable generado por el paso de la señal audio a través de la bobina. El sistema de suspensión de esta bobina permite su movimiento hacia adelante y hacia atrás, obedeciendo a las atracciones y repulsiones instantáneas entre los dos campos magnéticos. Estas vibraciones de la bobina móvil son transmitidas a la membrana de cartón o plástico que está unida a la bobina, llamada cono del altavoz, y es gracias al movimiento del cono que las ondas sonoras son transmitidas al aire.

Figura 1



La señal que procede del amplificador circula por la bobina móvil, de manera que esta corriente genera un campo magnético variable que reacciona ante el intenso campo magnético fijo, creado por el imán permanente del altavoz, y se traduce en el movimiento de vaivén de la bobina móvil. Esta bobina está sujeta por su extremo exterior a un cono radiador de cartón o plástico, protegido por la carcasa metálica del altavoz, y que se mueve solidariamente con la bobina móvil. La polaridad de este campo magnético (Norte o Sur) depende de la dirección del flujo electrónico que haya en cada momento en el interior de la bobina. Cuando el flujo de la corriente cambia de

dirección, la polaridad del campo magnético también cambia de sentido; esto origina que la bobina móvil se mueva en la dirección opuesta.

Cuando el flujo de la corriente de audio es positivo, el cono del altavoz se desplaza hacia afuera, mientras que cuando éste es negativo el cono se desplaza hacia el interior; de esta manera un altavoz reproduce en el aire las compresiones y rarificaciones que originan un sonido, siguiendo las variaciones de voltaje e intensidad que recibe del amplificador mediante la señal de audio. En la figura 1 se puede ver la constitución típica de un altavoz electrodinámico.

Puesto que el imán permanente es el que proporciona el flujo magnético estable que permite el funcionamiento del altavoz, la potencia de salida del mismo suele ser proporcional al tamaño de este imán, cuyo peso oscila entre los 20 y los 5.000 gramos.

De todas formas, el tamaño de un altavoz dinámico se determina por el diámetro del cono, expresado generalmente en pulgadas, y puede ir desde una o dos pulgadas (25 ó 50 mm) hasta las 18 pulgadas de los altavoces usados en la construcción de recintos que reproducen frecuencias muy bajas.

La direccionalidad de un altavoz cuando emite un sonido depende de la relación entre el tamaño del cono y la longitud de la onda sonora que se esté emitiendo. En las bajas frecuencias las longitudes de onda son mayores si las comparamos con el tamaño del cono, y el altavoz emite el sonido en todas direcciones: Su característica direccional es de tipo omnidireccional.

A medida que las frecuencias aumentan, sus respectivas longitudes de onda van acortándose; y la direccionalidad del sonido que emite el altavoz se estrecha gradualmente. Cuando llegamos a las altas frecuencias las longitudes de onda suelen ser menores que el tamaño del cono, por este motivo los altavoces especializados en reproducir tonos agudos presentan una directividad muy acusada; si nos desplazamos del centro del eje de un altavoz de agudos a otro lugar situado perpendicularmente (a 90 grados del eje) percibiremos una pérdida muy notable en todas las altas frecuencias, del orden de 20 dB.

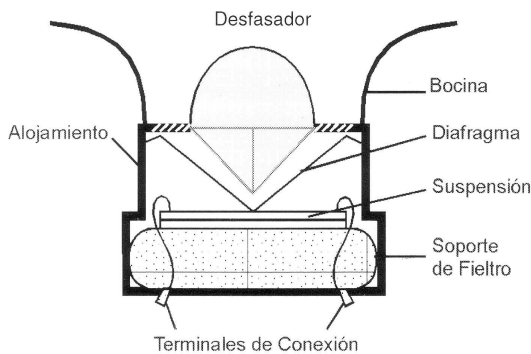
ALTAVOCES PIEZOELECTRICOS Y DE CONDENSADOR

Otro tipo de altavoz que se utiliza ocasionalmente en los sistemas de amplificación es el piezoeléctrico. Se basa en las propiedades que poseen ciertos tipos de cristal, conocidos como cristales biformos que, al ser deformados por alguna fuerza, generan una diferencia de tensión entre los extremos del mismo cristal. Por otro lado, si se aplica una corriente eléctrica a los extremos de este material cristalino, éste se expande y se

contrae siguiendo la polaridad de la corriente que lo atraviesa.

En la figura 2 se puede ver el esquema que se sigue en la construcción de un altavoz piezoeléctrico. Cuando la señal de audio llega del amplificador, el cristal biformo se curva siguiendo las oscilaciones eléctricas, y este movimiento es transmitido al diafragma del altavoz. El empleo de estos

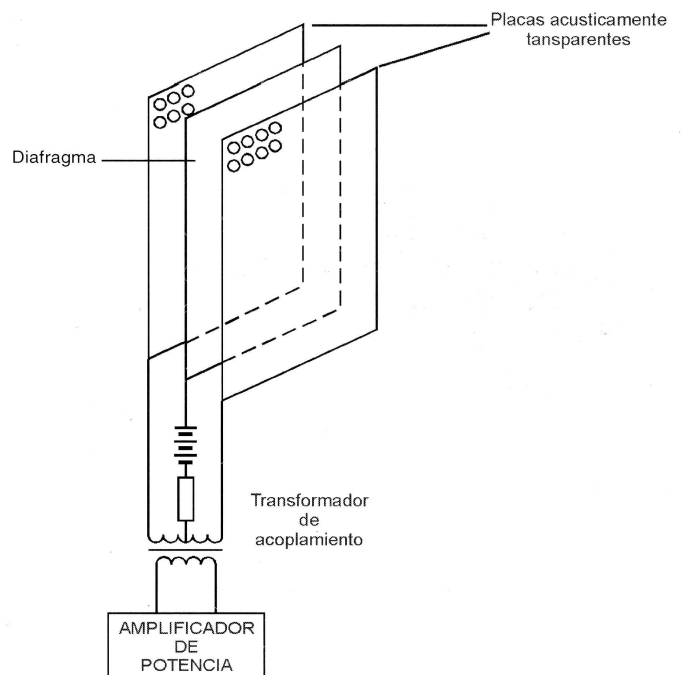
Figura 2



altavoces se limita, por el momento, a la reproducción de las altas frecuencias; es por ello que los podemos encontrar, únicamente, en trompetas destinadas a reproducir tonos agudos, ya que trabajando con frecuencias elevadas estos altavoces son muy eficientes y presentan una distorsión muy baja.

Hay que mencionar los altavoces electrostáticos o de condensador (Fig 3) aunque su utilización práctica se limite a sistemas hi-fi de excepción y a algún sistema de directo especial para música clásica. Estos altavoces están constituidos por dos láminas metálicas separadas entre si por una lámina aislante; para ser activados, se aplica una diferencia de tensión entre las dos

Figura 3



láminas de metal, del orden de hasta 2000 voltios, creando así entre ellas un potente campo electrostático. La señal audio que proviene del amplificador se superpone a la tensión fija tensión de polarización, de manera que se suma o resta de la misma, dando lugar a que las láminas metálicas se atraigan o rechazen entre si y, en consecuencia, se muevan siguiendo las variaciones de la señal; la vibración de las láminas se transmite al aire generando las ondas sonoras. En los altavoces electrostáticos el desplazamiento del diafragma es muy reducido.

Esto, unido a la ligereza del mismo, proporciona una magnífica respuesta a las señales transitorias. Además, estos altavoces no utilizan caja de resonancia, por lo que la señal musical está exenta de cualquier coloración. Su elevado coste, la impedancia que presentan (que obliga a trabajar con amplificadores especiales), el gran tamaño de estos altavoces, y su delicada constitución, los convierte en poco prácticos para utilizarlos en sistemas de amplificación de potencia, a pesar de su excepcional calidad.

COMO TRABAJA EL ALTAVOZ ELECTRODINÁMICO

Ya que en la práctica la mayor parte de altavoces existentes en el mercado son de tipo dinámico, vamos a referirnos en adelante a este tipo de altavoz de forma exclusiva.

Para conseguir la máxima conversión de energía mecánica (vibración del cono) en energía acústica debe procurarse la mayor superficie de contacto entre el cono y el aire que lo rodea, ya que la masa de aire vibrará en sentido longitudinal de adelante hacia atrás- no de arriba a abajo ni de forma lateral, sería lógico utilizar como diafragma del altavoz una lámina extensa y plana; pero esta idea, ensayada por algún fabricante, no mejora en la práctica el rendimiento del altavoz. Cuando el diafragma es lo bastante ligero para reproducir fielmente las altas frecuencias, no tiene la rigidez necesaria para reproducir bien las bajas frecuencias. La solución de compromiso es la adopción de la forma cónica en el diafragma. La experiencia de múltiples fabricantes ha demostrado que esta forma permite activar un volumen de aire considerable, conservando al tiempo, una relación conveniente entre fuerza y peso.

Para la fabricación del cono se usan papeles y plásticos tratados especialmente para aumentar su rigidez: Cuanto más rígido es el cono, se obtiene mayor potencia acústica, pero peor respuesta en frecuencias. Si se utilizan materiales muy blandos, tipo papel secante, se mejora en la respuesta a frecuencias medias o bajas, pero se restringe la respuesta a las frecuencias más elevadas. Es por esto que podemos observar la diferencia de aspecto que presentan los altavoces que se destinan a reproducir notas graves -cono de gran tamaño fabricado con material muy rígido-, y los destinados a notas agudas de tamaño pequeño y contruidos con un material muy ligero.

Si pudiéramos observar las zonas del cono que se mueven, al ser excitado el altavoz por unas frecuencias dadas, veríamos que al serle aplicadas

Figura 4



frecuencias en torno a los 100 Hz se pondría en vibración la zona más externa del cono. Si le son aplicadas frecuencias agudas (8 Khz o más) la zona que vibraría sería la más próxima al centro del cono. Esto nos explica el porqué del gran tamaño que tienen los conos de los altavoces destinados a la reproducción de las notas bajas, mientras que para las notas altas basta una pequeña superficie de contacto con el aire. Cuanto mayor es el tamaño del cono, más amplia es la respuesta por el extremo de los graves; cuanto menor es su tamaño, más favorecidas se ven las notas agudas.

Por todo ello, en todas las instalaciones de reproducción musical se trabaja con distintas unidades de altavoces, con distintas características y tamaños, destinados a reproducir un grupo de frecuencias determinadas, y no todo el espectro tonal.

ALTAVOCES PARA BAJAS FRECUENCIAS

Para conseguir un altavoz eficiente destinado a reproducir bajas frecuencias, se requiere que éste mueva un volumen de aire considerable. Para ello el cono o diafragma del altavoz debe efectuar un recorrido bastante amplio, y la superficie del mismo deberá tener un área considerable. En la mayoría de sistemas de potencia los altavoces para graves tiene el motor de tipo dinámico y los diafragmas cónicos de un buen tamaño, en inglés son conocidos como *woofers*.

En la figura 4 se puede ver un altavoz de este estilo. En ella se observa el considerable tamaño del motor, imprescindible para mover la elevada superficie que tiene el cono. La radiación sonora de estos altavoces es omnidireccional.

En algunos sistemas de amplificación se utilizan para las bajas frecuencias altavoces de trompeta; debido a su alta eficiencia son cada día mas utilizados en todos los sistemas multivia.

Los altavoces de trompeta son denominados también exponenciales, en referencia al grado de curvatura que presenta la superficie del radiador, como se puede ver en la figura 5. Los altavoces exponenciales permiten un mejor control en la dirección que toma el sonido, si los comparamos con las cajas acústicas con woofers montados en su interior. La característica direccional de los altavoces exponenciales viene determinada por el tamaño y la curvatura de la trompeta, más que por la potencia del motor; y las trompetas con una obertura amplia mantienen una elevada directividad, al margen de la potencia que posean.

Los altavoces exponenciales son indicados para cubrir eventos en los que las bajas frecuencias deban recorrer largas distancias.

La impedancia acústica en el interior de un altavoz de trompeta es proporcional a la impedancia que tenga el diafragma del motor. Debido a la propia constitución de estos altavoces, la excursión que puede hacer el diafragma es reducida, pero es preciso que ésta produzca una elevada presión acústica; en la garganta de la trompeta la impedancia es mucho más elevada que en la boca, como la impedancia acústica es inversa de la presión acústica resulta que la presión sonora es siempre mucho más elevada en la boca de la trompeta que en la garganta, donde el diafragma genera las vibraciones sonoras (figura 6).

Figura 5

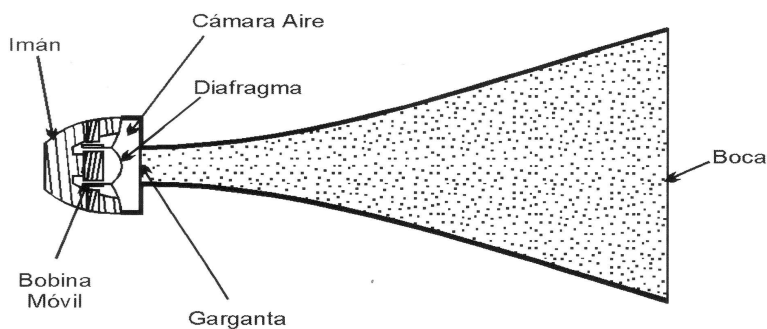
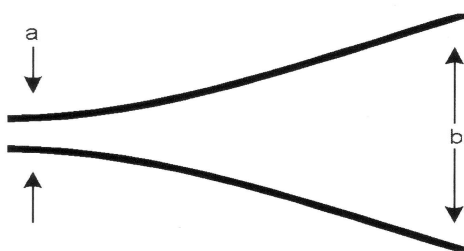


Figura 6

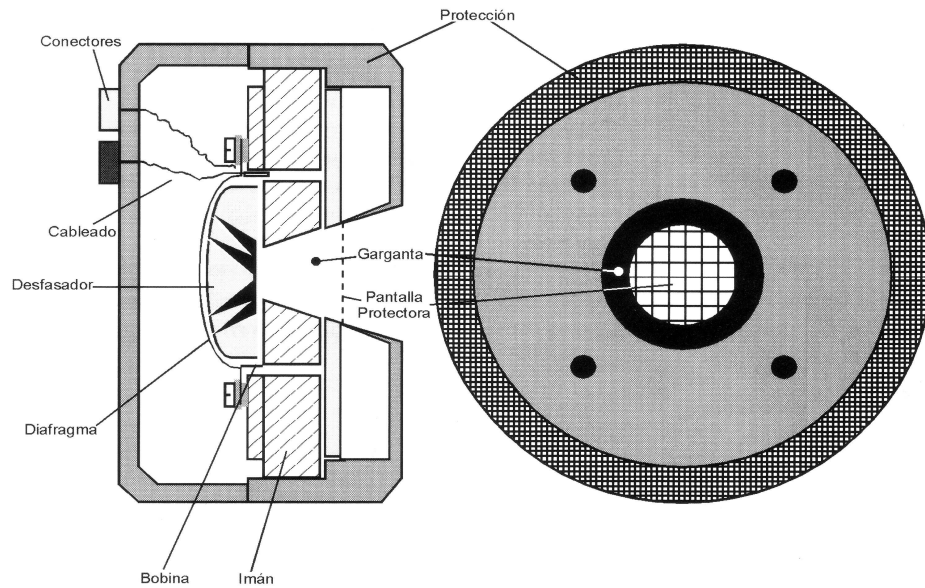


Por esto, si la relación de superficies entre la garganta y la boca de un altavoz exponencial es, por ejemplo, de 1 a 20, bastará con un motor capaz de producir 5 W de presión sonora para obtener 100 W a la salida de la trompeta. Esta misma relación de superficies, además del tamaño que tenga un altavoz de trompeta, determina cual es la frecuencia mínima que puede ser reproducida aprovechando las cualidades físicas del sistema exponencial; ya que por debajo de esta frecuencia, aunque el diafragma la reproduzca, no tendrá lugar la amplificación acústica en el interior de la trompeta. Esta frecuencia, llamada frecuencia de corte, debe estar perfectamente controlada; ya que si se envían frecuencias por debajo de ésta hacia un altavoz exponencial no nos servirá para nada, y además pondremos en peligro la integridad física del diafragma en el altavoz.

ALTAVOCES PARA ALTAS FRECUENCIAS

Conocidos por su nombre inglés como *tweeters*, los altavoces para agudos pueden tomar dos formas distintas. Por un lado están los altavoces de cúpula, de tipo dinámico; y por otro las trompetas exponenciales, que pueden llevar el motor electrodinámico o bien piezoeléctrico.

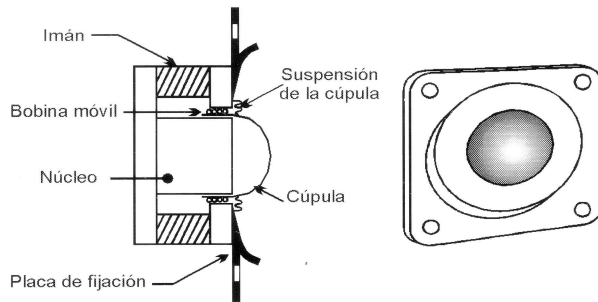
Figura 7



En la figura 7 se puede observar un esquema de como están constituidos los altavoces para altas frecuencias de tipo dinámico. Como se puede ver, la bobina se halla inmersa en el potente imán fijo, y el diafragma se encuentra en el interior del motor, y no en su parte externa como sucede con los otros altavoces dinámicos. El poco espacio de que dispone este diafragma no representa ningún problema, ya que para reproducir altas frecuencias es suficiente con que éste realice excursiones muy cortas; al contrario de lo que sucede con los altavoces dinámicos de graves. Hay que recalcar que en otros casos el diafragma puede hallarse en la parte exterior del motor, radiando directamente el sonido; esto es muy común en los *tweeters* destinados a cajas de alta fidelidad. (Figura 8)

Estos diafragmas suelen ser metálicos, ya que sólo las aleaciones de metales permiten la construcción de

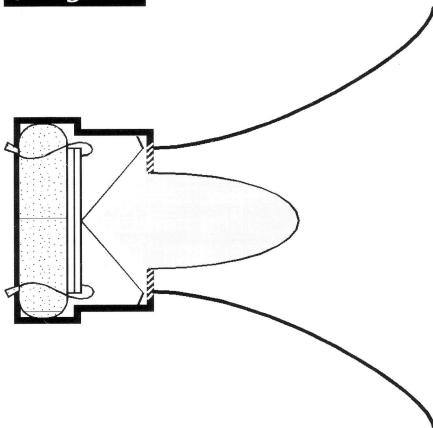
Figura 8



diafragmas resistentes y muy delgados, los más adecuados para reproducir altas frecuencias.

En la figura 9 se puede ver de forma esquematizada como está construida una trompeta de agudos con motor piezoeléctrico, si bien es normal encontrar en el mercado, indistintamente, trompetas de agudos con motores dinámicos. La mayor ventaja que supone el empleo de estos altavoces exponenciales es el control puntual del ángulo de dispersión del sonido. Todas las trompetas especifican cual es el ángulo en que distribuyen las altas frecuencias respecto a su eje longitudinal, tanto horizontal como verticalmente. Estos ángulos de dispersión son distintos uno de otro, ya que es conveniente que sea así. En efecto, en un concierto, el público está situado horizontalmente respecto a la situación de los altavoces; por ello interesa que la cobertura horizontal sea mayor que la vertical. Por otro lado, una cobertura vertical excesiva puede enviar el sonido hacia lugares donde no interesa (hacia el espacio abierto), ó que rebote contra el techo o el suelo de un local cerrado, perjudicando la calidad sonora con múltiples reverberaciones.

Figura 9



Los ángulos de dispersión con que suelen trabajar más comúnmente los altavoces exponenciales que se encuentran en el mercado, están alrededor de los 80 grados de difusión horizontal y los 40 grados de difusión vertical. Es posible encontrar, no obstante, altavoces con unos ángulos de dispersión más estrechos. Esto permite concentrar la energía en una superficie más reducida, y enviar el sonido a mayor

distancia.

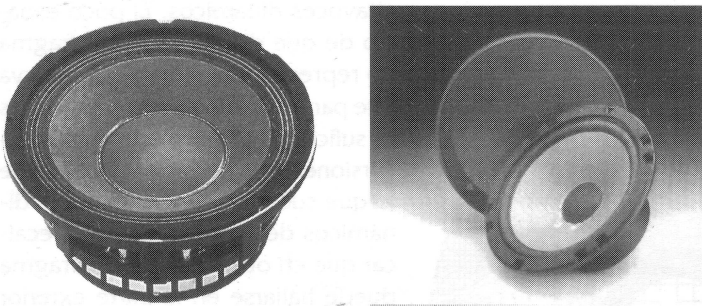
Otra característica notable de los altavoces exponenciales es la distribución uniforme de frecuencias por toda la superficie abarcada; es decir, si tenemos un altavoz de trompeta que posee un ángulo de difusión determinado, podemos estar seguros que dentro de la superficie abarcada la distribución de frecuencias es regular y constante. Esto no sucede con los altavoces de diafragma cónico, ya que con ellos las notas más agudas se escuchan con más intensidad en el centro del eje del altavoz, y a medida que nos alejamos decrecen en amplitud.

ALTAVOCES PARA FRECUENCIAS MEDIAS

En los montajes de sistemas de potencia podemos considerar que las frecuencias medias son las que se encuentran entre los 100/200 Hz y los 2000/4000 Hz; el margen depende de las características concretas de los altavoces empleados. La reproducción de estas frecuencias es de una importancia capital, ya que en esta banda se encuentran los formantes de las vocales, los armónicos de la mayoría de instrumentos de percusión, y las notas fundamentales de un gran porcentaje de instrumentos musicales.

Para reproducir las frecuencias medias se utilizan tanto los altavoces dinámicos con diafragma cónico como los motores con trompeta; ambos sistemas dan un resultado correcto trabajando con esta gama tonal. (Figura 10)

Figura 10



En las frecuencias medias, la directividad del sonido no es tan acusada como en las altas frecuencias. No obstante, y como la inteligibilidad musical depende básicamente de estas frecuencias, es importante disponer de una cobertura muy equilibrada para todos los tonos medios.

FILTROS DE FRECUENCIAS

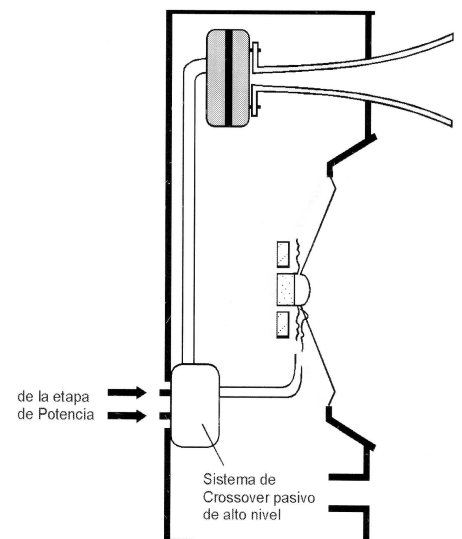
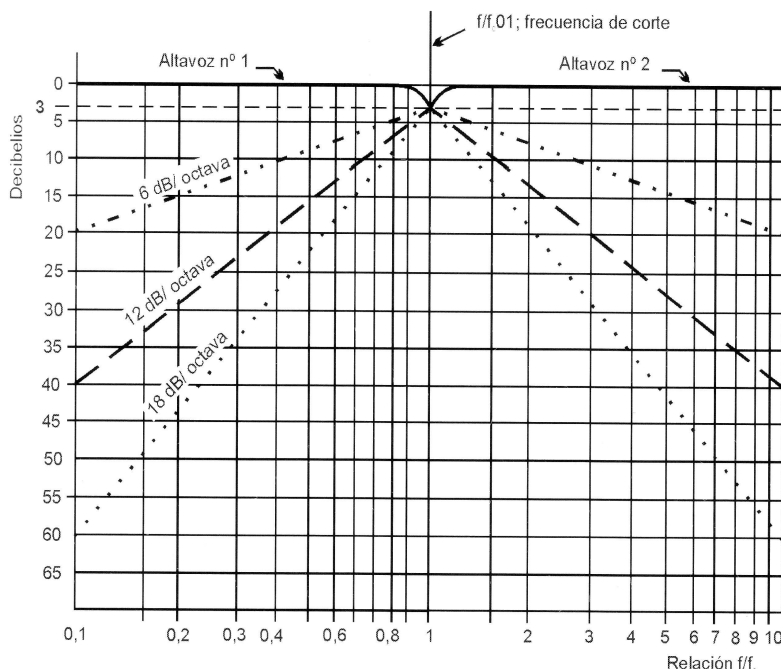
Cuando se agrupan en una caja acústica varios altavoces especializados en reproducir unos márgenes de frecuencia concretos, es importante que cada uno reciba únicamente estas frecuencias para las que ha sido

concebido. Si por uno de estos altavoces circulan frecuencias fuera del margen asignado, se producirá inevitablemente una distorsión, e incluso puede ser causa de desperfectos en el sistema motor del mismo altavoz. En estos casos se malgastará energía, y el rendimiento del conjunto disminuirá cuando, por ejemplo, lleguen al tweeter señales de bajas frecuencias ó al woofer frecuencias demasiado altas: Ninguno de los dos altavoces transformará esta energía sobrante en energía sonora; y aparecerá además una distorsión de tipo lineal.

Por estos motivos, es preciso dividir la señal de audio en grupos de frecuencias, que se dirigirán posteriormente hacia el altavoz especializado en reproducirlas, optimizando así el rendimiento de éstos.

Según el nivel de la señal audio sobre el cual trabajan los filtros, éstos pueden dividirse en pasivos o activos: los primeros actúan sobre la señal una vez ésta ha sido amplificada en potencia, mientras que los segundos actúan sobre la señal antes de que ésta sea amplificada.

Figura 11



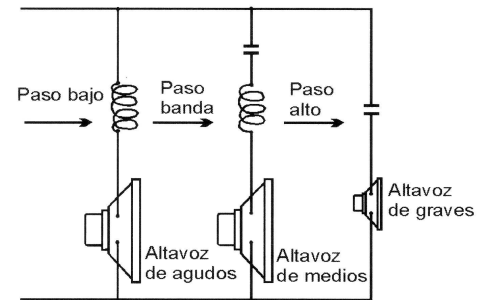
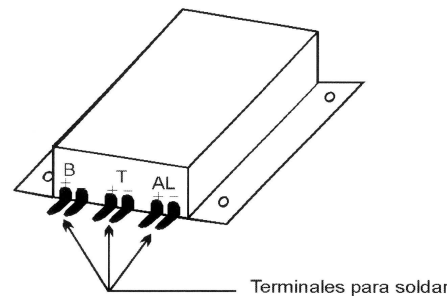
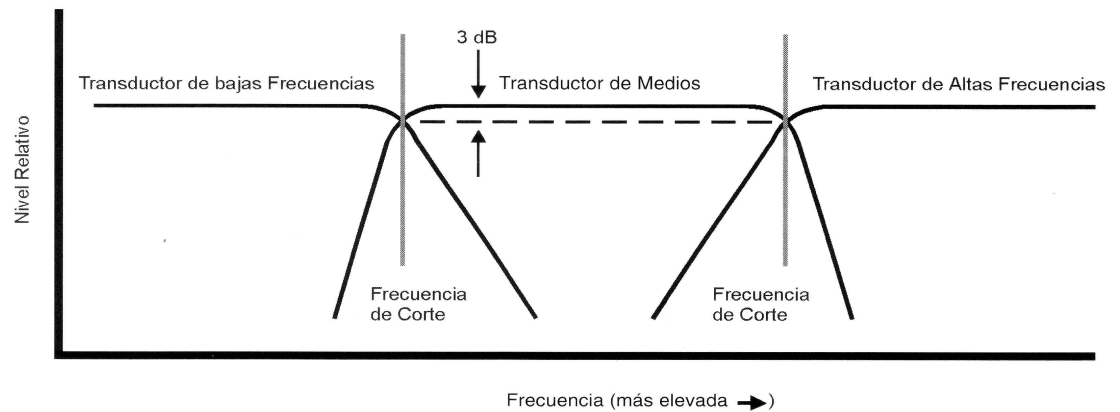
FILTROS PASIVOS DE ALTO NIVEL

Los filtros pasivos para altavoces están constituidos por bobinas, condensadores y ocasionalmente resistencias. Normalmente, están situados en el interior de las cajas acústicas, reciben la señal directamente del amplificador y luego la distribuyen entre los altavoces que contenga la caja.

En la figura 11 se muestra una caja de dos vías que contiene un filtro pasivo en su interior, y también un diagrama donde se puede observar la actuación del filtro. Por encima de una frecuencia determinada, la entrada hacia el altavoz de graves decae gradualmente; mientras que por debajo de esta misma frecuencia la entrada hacia el altavoz de agudos también se reduce de forma gradual. El punto donde las dos curvas se encuentran se llama frecuencia de corte del filtro. Se puede observar como el punto de corte se halla, en este caso, 3 decibelios por debajo del nivel de potencia plena; como 3 dB equivalen a la mitad de esta potencia, se produce un "agujero" en la reproducción de las frecuencias anexas a este punto de corte.

El mismo sistema se aplica en las cajas acústicas de tres vías. En la figura 12 se muestran las características típicas de un filtro pasivo para tres altavoces.

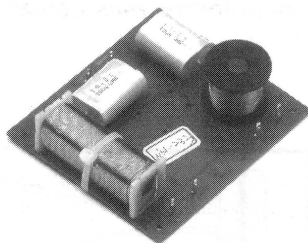
Figura 12



El nivel en la señal que entrega un filtro a un altavoz va decreciendo, como se ha visto, de forma gradual cuando las frecuencias sobrepasan el punto de corte. Esta caída es distinta según el diseño de la caja y del mismo filtro, y se denomina pendiente del filtro. Las pendientes más usuales son de 6, 12, y 18 dB por octava; y los filtros que las producen son conocidos como filtros de primer, segundo ó tercer orden, respectivamente, ya que cada "orden" representa una pendiente de 6 dB por octava.

Los filtros pasivos son capaces de soportar unos voltajes muy considerables. Un amplificador que entregue 100 W sobre una impedancia de 8 ohmios, produce un voltaje nominal de 20 voltios, y en los picos de la señal puede llegar a producir más de 45 voltios. Es por ello que sus elementos deben estar diseñados específicamente para unas potencias concretas, con unos puntos de corte predeterminados según los altavoces a los que estén unidos, y con unas pendientes perfectamente simétricas. (Figura 13)

Figura 13



más comunes las cajas con rendimientos más bajos.

A pesar de todo, en el mejor de los casos, se produce una pérdida siempre que la señal audio atraviesa un filtro pasivo; y esto afecta al rendimiento conjunto del sistema. Así, una caja equipada con filtros pasivos y que reciba una potencia de 100 vatios, puede entregar unos 60 vatios acústicos, siempre que se trate de una caja que permita obtener un alto rendimiento; ya que son

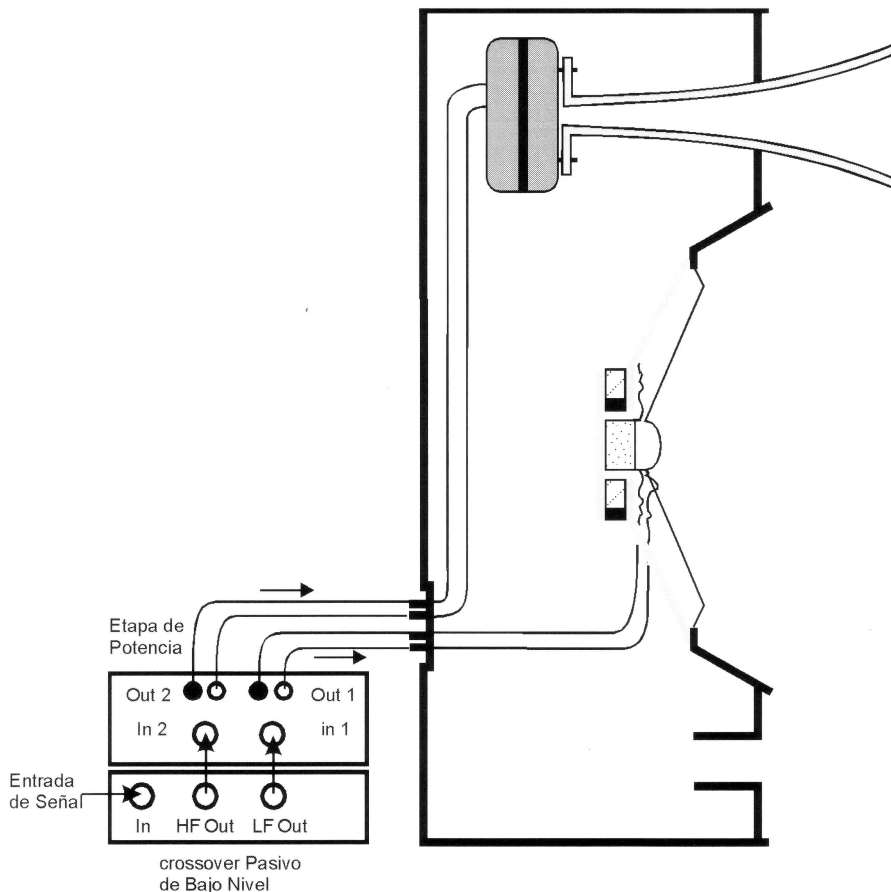
FILTROS ACTIVOS DE BAJO NIVEL

Si trabajamos con sistemas de potencia para directos, la utilización de cajas acústicas que contengan filtros pasivos supone una pérdida muy notable en el rendimiento acústico, ya que si se dispone, por ejemplo, de un sistema de amplificación que entregue 5.000 W. las pérdidas debidas a los filtros de los altavoces harán que la potencia real entregada por las cajas no exceda de los 3.500 W. en el mejor caso.

Para lograr un aprovechamiento más completo de la potencia disponible en un sistema, se ha generalizado la utilización práctica de los filtros activos de bajo nivel, los denominados *crossover*.

Estos filtros activos o crossovers deben insertarse antes de que la señal audio sea amplificada en potencia, ya que trabajan con niveles de la señal muy bajos (milivatios). La señal es dividida en grupos de frecuencias, y luego puede dirigirse hacia las etapas de amplificación, que enviarán la señal ya amplificada hacia los altavoces (figura 14).

Figura 14

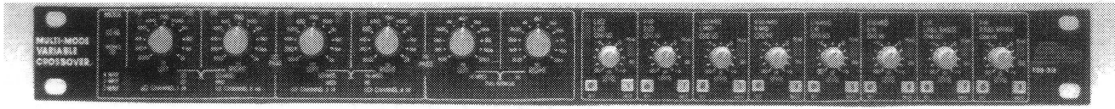


Un sistema que contenga unas cajas con dos altavoces, donde la señal audio sea separada por un crossover y enviada a dos amplificadores, cada uno de los cuales trabajará sobre una distinta banda de frecuencias, enviando la señal amplificada directamente hacia los altavoces correspondientes, recibe el nombre de sistema bi-amplificado. Asimismo, si se trabaja con altavoces con tres vías, precisaremos un crossover que separe las frecuencias en tres grupos, y las envíe hacia las tres etapas respectivas que estarán conectadas directamente con los altavoces; estaremos operando con un sistema tri-amplificado.

La utilización del crossover permite evitar algunos desequilibrios en la respuesta acústica inevitables cuando se trabaja con filtros pasivos en los altavoces. Reduce también la posibilidad de que las etapas lleguen a saturarse (*clipping*), y favorece el funcionamiento de éstas, ya que sólo tienen que amplificar una porción del espectro sonoro (algunas octavas) y no su totalidad, con ello su función es más precisa y su rendimiento superior. (Figura 15)

Trabajar con un sistema multi-amplificado ofrece varias ventajas para el operador, además de incrementar el límite dinámico del sistema. La señal musical está compuesta de múltiples frecuencias con sus armónicos correspondientes; en ella la mayor parte de la energía cubre las frecuencias bajas, mientras que destina una parte más reducida para transmitir las frecuencias más elevadas. Cuando ambas frecuencias deben ser amplificadas en una misma etapa de potencia, ésta utilizará la mayor parte de su energía en las frecuencias bajas, quedando sólo una exigua parte de su potencia que pueda amplificar a las frecuencias más elevadas.

Figura 15



Con esta situación es muy probable que la presencia de frecuencias altas en la señal audio provoque la saturación de la etapa, con la distorsión correspondiente.

Trabajar con un sistema multi-amplificado ofrece varias ventajas para el operador, además de incrementar el límite dinámico del sistema. La señal musical está compuesta de múltiples frecuencias con sus armónicos correspondientes; en ella la mayor parte de la energía cubre las frecuencias bajas, mientras que destina una parte más reducida para transmitir las frecuencias más elevadas. Cuando ambas frecuencias deben ser amplificadas en una misma etapa de potencia, ésta utilizará la mayor parte de su energía en las frecuencias bajas, quedando sólo una exigua parte de su potencia que pueda amplificar a las frecuencias más elevadas. Con esta situación es muy probable que la presencia de frecuencias altas en la señal audio provoque la saturación de la etapa, con la distorsión correspondiente.

En los sistemas multi-amplificados, donde la señal audio se divide en el crossover antes de llegar a las etapas, los problemas antes mencionados se reducen notablemente; y a pesar de que resultan un poco más caros que los convencionales pueden entregar mayor potencia acústica empleando menos potencia en vatios eléctricos, optimizando el rendimiento de todo el sistema.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ALTAVOCES

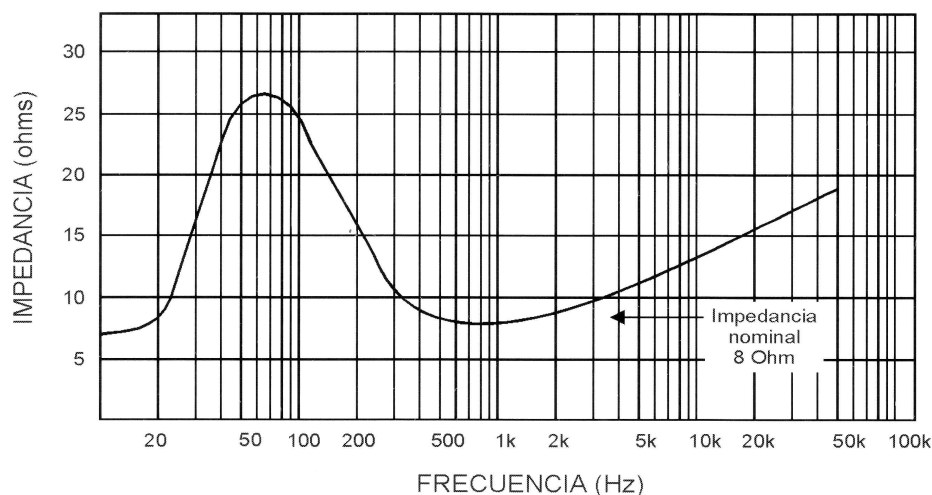
Conviene tener un conocimiento claro de las características técnicas de los altavoces que se emplean, con tal que se ajusten a los amplificadores que se utilicen y a las frecuencias que deban reproducir. Las características que normalmente debe especificar el fabricante son la impedancia, la respuesta en frecuencia, la potencia, la sensibilidad, la direccionalidad, y la distorsión por intermodulación.

Impedancia.

Se conoce como impedancia la oposición al paso de una corriente eléctrica alterna por parte de un circuito eléctrico. Como la señal de audio tiene ciclos positivos y negativos, su comportamiento es muy parecido al de la corriente alterna, aunque su voltaje varíe constantemente según la propia señal musical. Esto significa que la impedancia en un altavoz no es fija, ya que varía con la frecuencia que reproduce. Así pues, se conoce como impedancia nominal de un altavoz al valor mínimo que ésta presenta, y corresponde al valor más bajo de impedancia que sigue al pico de resonancia (figura 16). La impedancia se mide en ohmios, y nos indica la habilidad del altavoz para aprovechar la potencia que le entrega el amplificador. Por ejemplo, si una etapa de potencia entrega 100 vatios a 8 ohmios, un altavoz con una impedancia nominal de 8 ohmios puede usar 100 vatios, mientras que otro altavoz con 16 ohmios de impedancia solo podrá utilizar 50 vatios. Por la misma regla de tres se podría pensar que utilizando altavoces con una impedancia de 4 ohmios

podríamos extraer del amplificador 200 vatios de potencia; esto es cierto pero no es nada aconsejable. Si unimos a un amplificador altavoces con una impedancia más baja que éste aparecerá un flujo excesivo de corriente entre la etapa y los altavoces, debido a la menor resistencia de estos últimos. Ello puede provocar serios daños en los componentes del amplificador, e incluso en el propio motor del altavoz, debido a la sobrecarga. Las impedancias más usuales, tanto en altavoces

Figura 16



como en etapas, son las de 4, 8 y 16 ohmios. Cuando tengamos alguna duda respecto a la impedancia de algún altavoz, bastará con colocar los terminales de un tester en los bornes del altavoz, y observar la lectura que éste nos da (antes habremos puesto el tester preparado para la lectura de baja impedancia); el resultado corresponderá con la impedancia nominal del altavoz.

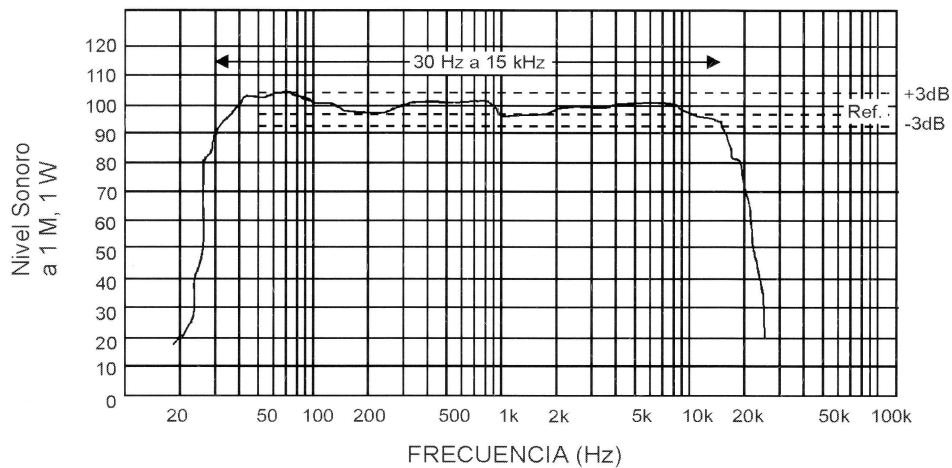
Respuesta en frecuencias.

La banda de paso (o respuesta en frecuencias) de un altavoz nos informa sobre el comportamiento de un altavoz según las frecuencias que reproduzca; dicho de otro modo, es la extensión del espectro sonoro que un altavoz es capaz de reproducir sin distorsión apreciable.

De hecho, el espectro que abarcan todas las frecuencias audibles es demasiado amplio para que un sólo altavoz proporcione una reproducción adecuada, ya que esto equivaldría a una respuesta que cubriera todo el espectro sin distorsión. Por esto, tanto en los sistemas profesionales como en los domésticos, se trabaja con diversos altavoces, cada uno de los cuales se destina a reproducir un margen de frecuencias concreto.

Una curva de respuesta en frecuencias de un sistema de altavoces se especifica, por ejemplo, de la siguiente forma: 40 Hz.-18000 Hz. (+/-3 dB). Esta indicación nos informa que estos altavoces reproducen todas las frecuencias comprendidas entre estos valores, con una desviación máxima de 3 decibelios respecto a la señal de audio original. (Figura 17)

Figura 17

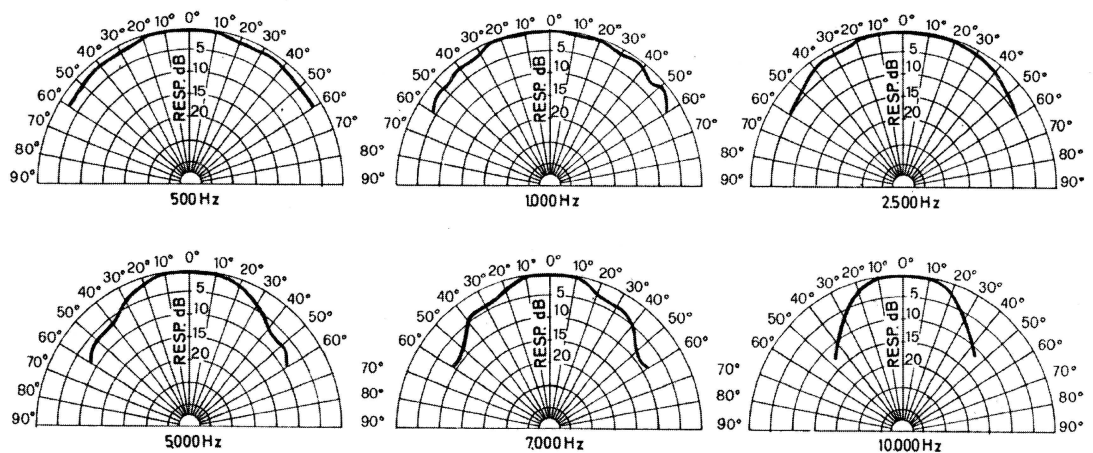


Esta curva nos ilustra sobre la forma específica como los altavoces responden a la señal de audio. Cuanto más recta sea la curva, mayor será la fidelidad de los altavoces a la señal musical. Los picos y los valles que muestre esta curva son los responsables de la coloración musical.

Un pico en las altas frecuencias producirá una respuesta sonora más brillante, mientras que un pico en el extremo de los tonos bajos proporcionará una respuesta más contundente sobre estas frecuencias.

Un valle -o caída- de la curva de respuesta en la zona de las frecuencias medias acarreará una respuesta

Figura 18

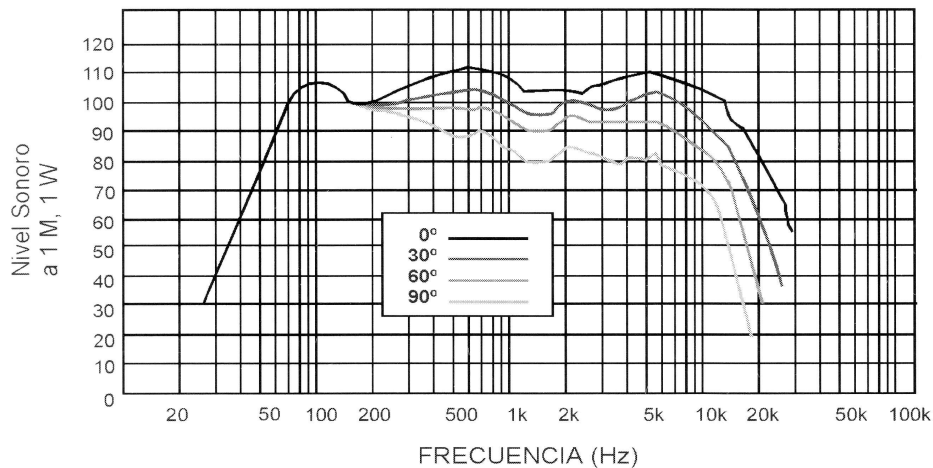


pobre de las voces, pudiendo llegar a hacerse ininteligibles. Todos estos fenómenos de coloración musical son indeseables en unos buenos altavoces, ya que "interpretan" la señal de audio según su curva de respuesta en lugar de reproducirla fielmente; no obstante, la existencia de pequeños valles o picos en la curva de cualquier altavoz es normal, mientras no exceda los límites prefijados.

Directividad.

Este parámetro nos muestra las características direccionales que un sonido toma al ser irradiado desde el altavoz, respecto a una frecuencia determinada. En general los sonidos graves tienen tendencia a repartirse en todas direcciones, mientras que los más agudos se concentran en torno al eje del altavoz. (Fig 18)

Figura 19



Como norma general se especifica el ángulo de difusión vertical y el horizontal respecto al eje del altavoz. Cuando se trata de una caja que contiene varios altavoces distintos es conveniente conocer la directividad de cada uno de los altavoces por separado; para saber con precisión cual será la cobertura real de estas cajas según frecuencias. Un sistema para mostrar gráficamente la característica direccional de un altavoz es el mostrado en la figura 19.

Siguiendo las líneas de respuesta en frecuencias obtendremos una idea muy clara sobre el comportamiento del altavoz a todas las frecuencias, y de como decrece la intensidad de éstas conforme el oyente se aleja del eje longitudinal del altavoz. Con esta gráfica se obtiene una detallada información sobre la dispersión desde tres ángulos distintos; por ello es bastante utilizada en los altavoces destinados a sistemas de potencia.

Otro método muy usual para describir la directividad de un altavoz es mediante el diagrama polar. En la figura 20 se muestra la cobertura vertical y horizontal de un altavoz, tomando como base tres frecuencias distintas, para así tener una información más exacta del comportamiento de éstos.

Sensibilidad.

La sensibilidad de un altavoz puede ser expresada de diversas maneras, si bien la más usual es en decibelios SPL a un metro delante del altavoz, que recibe una señal de audio de 1 Vatio. Lo cierto es que pueden darse algunas diferencias en la forma de medir este parámetro, dependiendo del fabricante, ya que según el caso el micrófono se coloca a un metro de uno u otro altavoz (Cuando se trata de una caja con varios altavoces); variando entonces el valor obtenido.

También es interesante, para tener una idea clara de como se ha obtenido la lectura de la sensibilidad, conocer el tipo de señal que se ha inyectado en el altavoz; ya que si bien suele ser sinusoidal de una frecuencia determinada también puede abarcar una banda amplia de frecuencias, y en ambos casos los resultados son distintos.

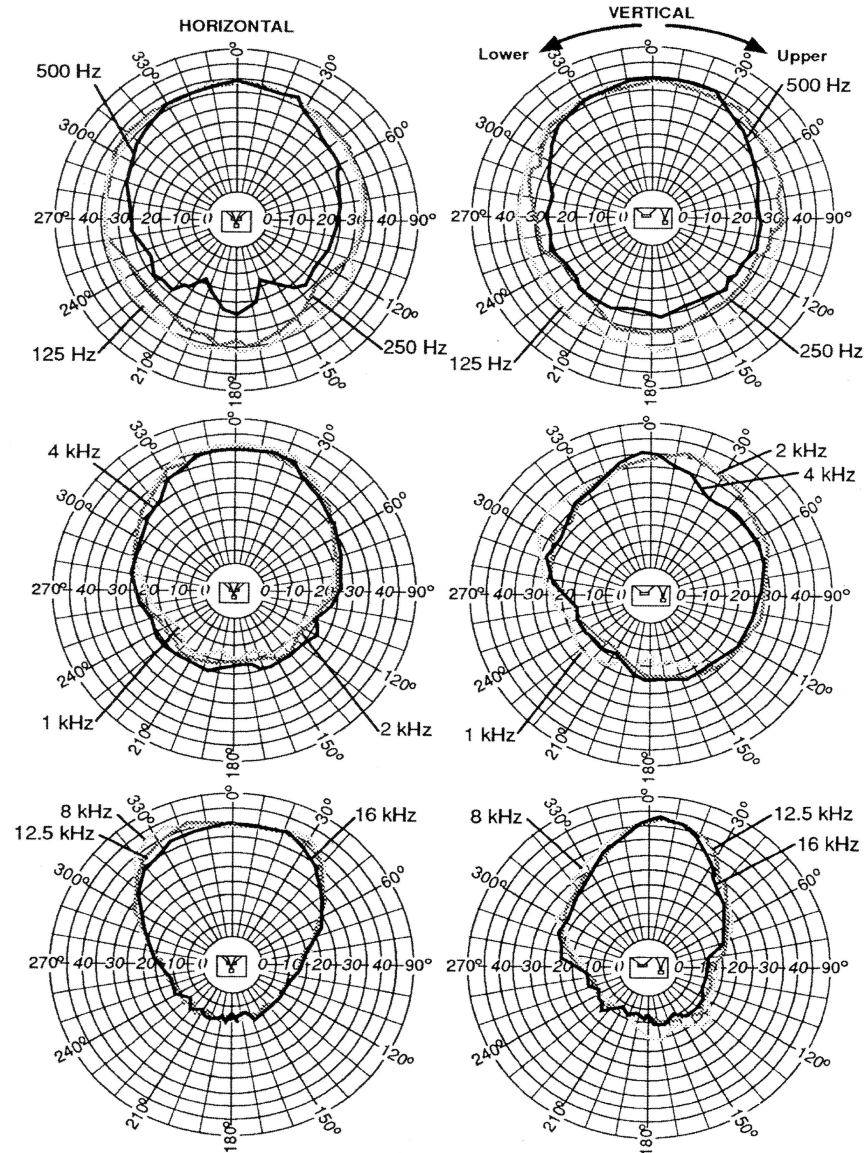
En cualquier caso es necesario que se especifique el voltaje de esta señal y la impedancia con que se trabaja, para así poder calcular con precisión la potencia del altavoz.

Un incremento de 3 dB en la sensibilidad de un altavoz es similar a doblar la potencia de la amplificación. Si tenemos dos altavoces, y uno de ellos tiene una sensibilidad 3 dB superior al otro, el más sensible precisará de la mitad de potencia en amplificación que el segundo para obtener el mismo nivel de potencia acústica, medida en el eje del altavoz. Es interesante, pues, que la sensibilidad del altavoz sea lo más elevada posible, para obtener con la misma potencia de amplificación una mayor presión sonora.

Potencia.

Este dato nos indica el valor máximo de potencia electrónica que un altavoz puede admitir, sin que éste sufra desperfectos. No obstante, algunos fabricantes mencionan en sus folletos unas potencias superiores a las que en realidad poseen: Los conceptos "potencia musical", "potencia de pico" o "potencia continua" pueden confundir al usuario, ya que los valores que toman estas "potencias" difieren notablemente entre sí.

Figura 20



-Potencia continua.

Se refiere a la potencia media consumida por el altavoz; es la potencia eléctrica que puede recibir, de forma continuada, la bobina de un altavoz sin que ningún componente del mismo deje de funcionar correctamente. Es el valor más fiable de potencia, y también el que da una cifra más baja.

-Potencia del programa.

Es la potencia máxima que entrega el altavoz cuando reproduce una serie de ondas senoidales que guardan cierta similitud con un programa musical. Este valor suele ser mayor que el de potencia continua, pero desafortunadamente no existe un programa estándar para realizar esta medida, y cada fabricante utiliza sus mediciones distintos tipos de ondas, haciendo imposible la comparación entre altavoces de diversos fabricantes.

-Potencia de pico.

Se refiere a la potencia máxima que un altavoz puede entregar durante un lapso de tiempo muy corto, y así reproducir correctamente señales transitorias muy breves que pueden ser más potentes que el resto del programa musical. La potencia de pico (o de cresta) está limitada por la excursión que pueda efectuar el diafragma, o por la capacidad del motor en el altavoz. La cifra de esta potencia siempre es más elevada que la continua, con un valor aproximado del doble de esta última; así un altavoz que entregue 100 W de potencia continua (ó eficaz) puede llegar a entregar 400 W de potencia de pico durante unos breves instantes.

-Potencia EIA.

Utilizando una señal que reproduce un ruido conteniendo varias frecuencias se mide la potencia EIA. Las frecuencias que componen este ruido son muy parecidas a las que contiene una señal musical, y están especificadas por la EIA (Electronic Industries Association). Esta cifra está muy cercana al nivel de la potencia continua. Así, un altavoz que entregue 100 W EIA tendrá la misma potencia que otro que entregue 400 W de pico.

Los valores de potencia que tenga un altavoz nos indican cual es el tipo de amplificador más conveniente para trabajar en conjunto. Un amplificador con escasa potencia (en comparación con el altavoz) no tendrá suficiente capacidad para que los altavoces trabajen a pleno rendimiento; si se fuerza al máximo el potenciómetro del amplificador para obtener el volumen deseado aparecerán armónicos que no están en el programa original, y pueden perjudicar el motor del altavoz. Por otro lado, un amplificador demasiado potente puede originar en los altavoces movimientos del diafragma excesivos, que pongan en peligro la integridad de los mismos.

-Potencia RMS.

Las siglas RMS son la abreviación de Root Mean Square (Promedio de la raíz cuadrada); y se utiliza para describir el nivel de una señal de audio. Su valor corresponde al promedio de los voltajes que se originan cuando una onda senoidal pasa por un altavoz. La potencia RMS coincide, en la práctica, con la potencia continua. Es pues una cifra fiable para conocer las prestaciones de cualquier altavoz.

Distorsión por intermodulación. Distorsión armónica.

La señal musical es muy compleja, y en todo sistema de amplificación es preciso que los sistemas de altavoces puedan reproducirla sin añadir ni excluir frecuencias. Puede suceder que según las condiciones con que esté trabajando, dos o más frecuencias presentes en el programa original generen otras frecuencias extras que no estaban antes, y que al no ser múltiplos de los tonos musicales originarios generan una distorsión. A esto se le llama distorsión por intermodulación; y suele ocurrir cuando un diafragma se mueve en los límites de su excursión, o cuando la bobina del altavoz está saturada debido a un exceso de señal.

Puede suceder también que debido a la propia estructura del altavoz, éste genere frecuencias que no son múltiplos de la señal musical; a este tipo de distorsión se le denomina armónica. Este tipo de distorsión suele aumentar a medida que disminuye la frecuencia; no es pues una distorsión de tipo lineal, aunque para representarla se utiliza un porcentaje, tal como se hace también para representar la distorsión por intermodulación. Así pues un altavoz que presente una distorsión armónica de un 0'05% es preferible a otro que acredite un 0'30% en el mismo parámetro.

CONEXIONADO ENTRE ALTAVOCES.

Cuando a la salida de una etapa de amplificación se conecta más de un altavoz, hay que tener presente que el valor de las impedancias de carga de los altavoces conectados corresponda al valor de impedancia de la línea. Las salidas de los amplificadores están siempre preparadas para operar a determinadas impedancias de carga; según como se conecten entre sí los altavoces, este valor cambiará.

Cuando se conecten los altavoces **en serie**, la carga del amplificador irá a lo largo de una sola línea; para conocer el valor de la impedancia total bastará sumar los valores de impedancia nominal de los altavoces conectados. Así por ejemplo, conectando cuatro altavoces de 4 ohmios en serie, la impedancia de la línea será: $4+4+4+4 = 16$ ohmios.

Este tipo de conexionado no es recomendable, ya que el primer altavoz actúa como divisor de frecuencias del siguiente, degradando la señal de audio, y así sucesivamente. Además, en el caso de que uno sólo de los altavoces deje de funcionar, la línea queda interrumpida, y todos los altavoces quedan desactivados.

Cuando se conectan **en paralelo**, la impedancia de la combinación debe de calcularse como si se tratara de resistencias:

$$\text{Impedancia de línea} = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_n}}$$

De esta forma, dos altavoces de 16 ohms dividirán la señal y se obtendrá una impedancia de línea de 8 ohms. Aunque esta configuración limita el número de altavoces que pueden ser conectados, tiene la ventaja de que aunque uno de ellos falle, el resto trabajará con normalidad.

En algunos casos se puede ensayar una conexión híbrida, que contemple los dos tipos de conexionado; usando las dos fórmulas es sencillo conocer el valor total de la impedancia en una línea cualquiera. Sin embargo subsiste el problema de la configuración en serie, y además se hace depender a muchos altavoces de una sola etapa.

PROBLEMAS EN LOS ALTAVOCES.

Cuando un altavoz genera muy bajas frecuencias, la vibración del armazón o caja que lo contenga puede ser fuente de distorsión. Por ello las cajas destinadas a alojar estos altavoces deben estar construidas con materiales densos y resistentes, con un tamaño apropiado para no disminuir la eficiencia del altavoz a estas frecuencias. El recinto donde se encierra el altavoz puede disipar en exceso la energía acústica que éste genera, si su estructura no ha sido bien diseñada y construida. El altavoz debe estar perfectamente encajado en la caja, con las juntas selladas, para prevenir cualquier vibración indeseable.

Otro problema que se puede dar, tanto en los altavoces de graves como en los de medios o agudos, es la presencia en el interior de éstos de partículas sólidas. Las que ofrecen un mayor peligro son las de hierro o de acero, que atraídas por el campo magnético generado por el propio motor del altavoz, se incrustan en la bobina o en el diafragma. En el primer caso pueden ser motivo de un funcionamiento irregular, y hasta de un corto circuito en el motor; mientras que si se incrustan en el diafragma pueden rasgarlo, y empeorar el sonido que se obtenga, introduciendo vibraciones parásitas. Una limpieza de estas partículas a tiempo, nos evitará la aparición de estos problemas.

Otro defecto muy común es la formación de suciedad alrededor de la bobina y en el sistema de suspensión del altavoz; cuando esto sucede aparece una distorsión notable en las altas frecuencias, motivada por la dificultad evidente que tiene toda la parte móvil del altavoz para seguir las rápidas vibraciones que originan los tonos agudos.

En cualquier caso, cuando se advierte una malfunción en un altavoz, es importante encontrar y corregir si es posible las causas que motivan este fallo. Examinando los síntomas del fallo, mediante una escucha atenta, llegamos a la evidencia física de donde está situado; esto a menudo nos permite determinar la causa y corregir el defecto.

PROBLEMAS DEBIDOS A OTROS COMPONENTES.

La actuación de un procesador o de la misma etapa de potencia puede dañar, y hasta destruir, uno o más componentes de un altavoz. En estos casos resulta difícil identificar la unidad responsable del problema, a no ser que se efectúen diversas pruebas en toda la cadena de sonido.

Una fuente de problemas en los altavoces es la aparición de corriente continua en la salida del amplificador; este fallo se hace más evidente cuando ocurre trabajando con altavoces para bajas frecuencias, pero también puede notarse en los altavoces para medios o agudos, con la aparición de un zumbido de intensidad constante.

Si esta corriente alcanza una intensidad suficiente, y si además su polaridad es opuesta a la de los altavoces, puede llegar a quemar la parte motora del altavoz, tal y como sucede cuando éste ha recibido una amplificación excesiva. Si la polaridad es la misma con que opera el altavoz, el motor también puede quemarse, pero a diferencia del caso anterior el cono del altavoz suele quedarse pegado a la bobina.

Las oscilaciones de alta frecuencia generadas por algún elemento de la cadena sonora pueden dañar también a los altavoces, en especial a los destinados a las altas frecuencias. Cuando estas oscilaciones aparecen a menudo no se tiene constancia auditiva del hecho, ya que pueden tener valores superiores a los 18 Khz, con lo que entran dentro de la zona de sonidos no audibles. Estas oscilaciones pueden quemar el motor del tweeter apenas se conecte el sistema a la red, incluso en ausencia de la señal de audio.

La causa de estas oscilaciones es muy difícil de detectar, por lo que comúnmente es preciso disponer de un osciloscopio, que se irá conectando primero con la salida del amplificador, para ir luego avanzando hasta dar con la unidad responsable de la oscilación parásita.

Para finalizar hay que tener presente que el orden de conexión de los diversos componentes de una cadena de amplificación debe seguir un orden determinado. La ignorancia de este hecho puede ser responsable de la destrucción de cualquier altavoz, ya sea de altas, medias, o bajas frecuencias.

Esto se debe a los picos instantáneos de señal que aparecen cuando se abre o se cierra el paso de la corriente en cualquier unidad (mesa de mezclas, procesadores, filtros activos, ecualizadores). Estas subidas de tensión pueden pasar por las etapas, y aunque los potenciómetros estén en "0", pueden recibir una amplificación instantánea que afecte a los motores de los altavoces.

El orden correcto que debe seguirse es el siguiente: Cuando se conecte todo el sistema los amplificadores se conectarán en último lugar, cuando se desconecte el sistema los amplificadores serán los primeros en ser desconectados.

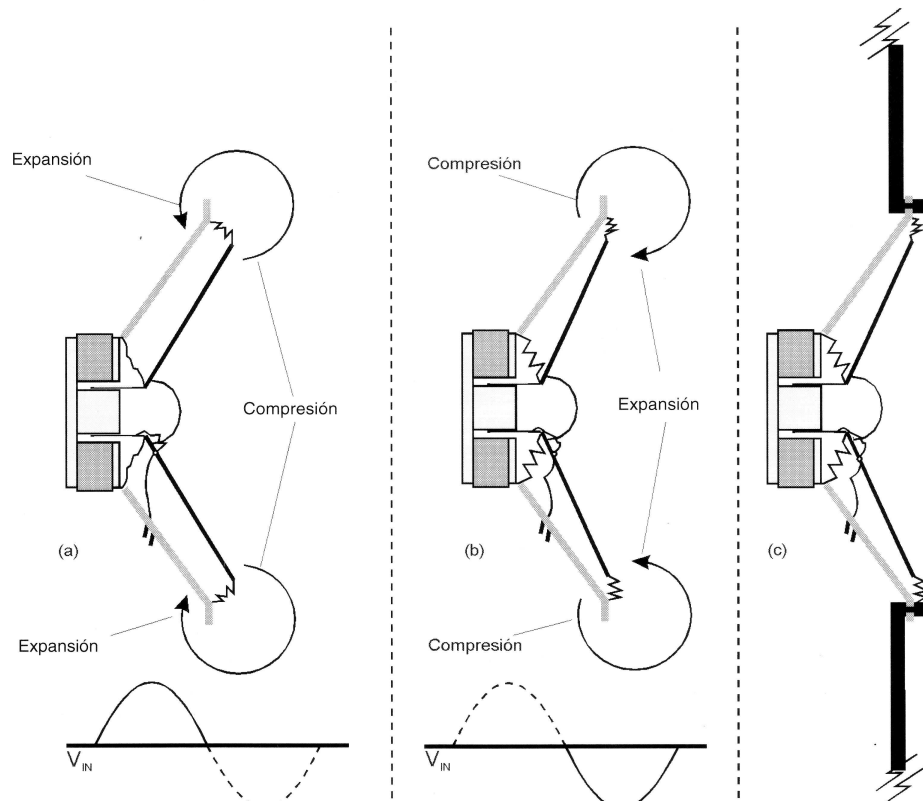
De esta forma se evitará que estos picos instantáneos generados por los procesadores de la señal, cuando se conectan o desconectan, lleguen hasta los altavoces.

LAS CAJAS ACÚSTICAS. EL CORTOCIRCUITO ACÚSTICO.

Una caja o un recinto acústico es aquel que contiene los altavoces, y se utiliza para lograr que éstos ofrezcan un rendimiento superior al que tendrían si se usaran sin este soporte. Por otra parte la utilización de recintos acústicos impide que se produzca el cortocircuito acústico, un fenómeno muy corriente si se usan altavoces para bajas frecuencias que no vayan encerrados en su correspondiente caja.

Durante la alternancia positiva de la señal de audio el cono del altavoz se desplaza hacia delante, y comprime el aire que se halla frente a él mientras rarifica la masa de aire que se encuentra en su dorso. Durante la alternancia negativa el fenómeno se invierte, ya que al desplazarse el cono hacia atrás comprime el aire situado al dorso y distiende el que se encuentra delante de él. El aire que es comprimido tiende a dirigirse rápidamente hacia una zona donde esté más distendido, para restablecer el equilibrio de presiones; cuando esto sucede con un altavoz puede llegar a cancelar determinadas ondas sonoras, y siempre resulta una considerable disminución en la energía acústica. Este es uno de los motivos básicos por los que se utilizan cajas acústicas, pero no es el único. (Fig. 21)

Figura 21



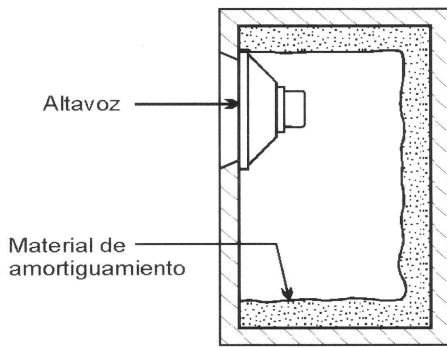
La pantalla o el material que rodea un altavoz o unos altavoces, y sobre el que está montado, recibe el nombre genérico de baffle, caja acústica o recinto acústico. Un altavoz sin baffle reproduce con muy poca energía todas las frecuencias que se encuentran por debajo de los 400 Hz, a causa del mencionado cortocircuito acústico, siendo muy fácil llevar a cabo una demostración práctica de este hecho. Conectemos un altavoz sin pantalla alguna al amplificador, y reproduzcamos cualquier pieza que contenga un buen porcentaje de tonos bajos. Seguidamente improvisemos cualquier pantalla provisional (basta un trozo de cartón plano con el consabido agujero) y coloquemos el altavoz en su centro; de inmediato notaremos el aumento de bajas frecuencias.

La práctica totalidad de recintos acústicos utilizados en sistemas de potencia son de alguno de los tres tipos que se describen a continuación. Basta con echar una ojeada a la parte trasera de cualquier baffle para saber si contiene filtros pasivos en su interior, o bien si está preparado para funcionar en un sistema multi-amplificado. Si contiene sólo dos conectores y varios altavoces lleva filtros pasivos, pero si tiene tantas parejas de conectores como altavoces, está preparado para ser usado en un sistema multi-amplificado.

RECINTO COMPACTO

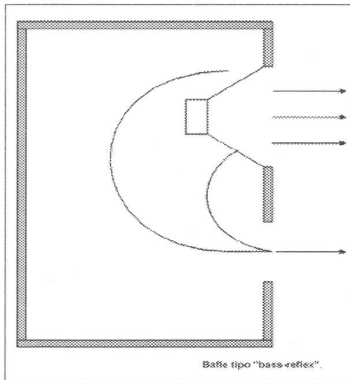
Es aquel en el que los altavoces están montados en una caja cerrada herméticamente, de forma que la radiación posterior de los conos no pueda salir del interior del recinto. Normalmente se suele rellenar el interior de estos recintos con material absorbente, para amortiguar estas radiaciones, y de paso convertir el interior de estas cajas en un espacio mayor, desde el punto de vista acústico. (Fig. 22)

Figura 22



practicado un orificio, por el que sale el sonido generado por la parte posterior del altavoz de graves. Tanto la colocación como el tamaño de este orificio deben ser determinados con precisión, para que el volumen del aire desplazado esté en fase con la señal que produzca la parte delantera del altavoz, y así refuerce efectivamente las bajas frecuencias. (Fig. 23)

Figura 23



El conducto entre los tabiques tiene una longitud igual al cuarto de onda de la frecuencia de resonancia del propio altavoz, de forma que aplanan la cresta de resonancia al tiempo que amplía la respuesta de la caja en bajas frecuencias. Estos recintos aportan una ganancia acústica suplementaria, además, en los márgenes más próximos a la frecuencia doble de la resonancia del propio altavoz.

Los recintos compactos poseen un rendimiento bajo, ya que toda la radiación posterior de los altavoces es desaprovechada, al ser absorbida por el material de relleno.

La variante más actual de estos recintos son los llamados de suspensión acústica. Están diseñados de manera que el diafragma se desplace el máximo con un mínimo de energía aplicada en su bobina; esto se ha conseguido empleando nuevos materiales muy flexibles en la construcción de los conos. Un altavoz relativamente pequeño que permita un gran desplazamiento del diafragma puede dar el mismo rendimiento que otro mayor cuyo cono permita un menor desplazamiento.

RECINTOS "BASS REFLEX"

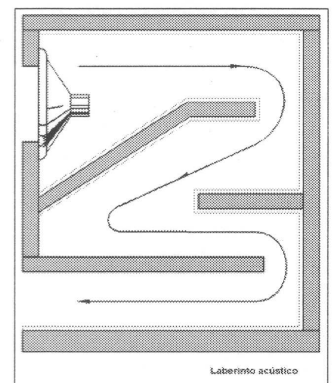
Se trata, en esencia, de un recinto cerrado al que se le ha practicado un orificio, por el que sale el sonido generado por la parte posterior del altavoz de graves. Tanto la colocación como el tamaño de este orificio deben ser determinados con precisión, para que el volumen del aire desplazado esté en fase con la señal que produzca la parte delantera del altavoz, y así refuerce efectivamente las bajas frecuencias. (Fig. 23)

La resistencia acústica que presenta la masa de aire existente en el interior de la caja, en conjunción con el tamaño del orificio, producen un desfase de 180 grados de la onda reflejada en el interior, de manera que cuando esta onda abandona el recinto lo hace en fase con la onda generada en el exterior, aumentando así el rendimiento acústico. Este refuerzo disminuye hasta desaparecer a medida que aumenta la frecuencia, ya que el efecto "bass reflex" afecta únicamente a las bajas frecuencias.

RECINTOS CON LABERINTO.

Este tipo de recintos puede considerarse como una derivación del principio utilizado en el diseño de las cajas "bass reflex". El volumen en el interior de estos recintos se halla dividido por una serie de tabiques, dispuestos de forma que canalizan y prolongan el tránsito de la onda acústica reflejada por la parte trasera del altavoz, dándole salida finalmente coincidiendo con la onda frontal del mismo. (Fig. 24)

Figura 24



PROCESADORES DE LA SEÑAL AUDIO

Hace apenas 25 años no existían la mayor parte de aparatos que se describen en este apartado. Si algún músico o productor quería obtener alguna forma de reverberación (por ejemplo), necesitaba disponer de unos ingenios mecánicos con tales dimensiones que ocupaban habitaciones enteras. Conseguir un efecto de este tipo en directo era, simplemente, imposible.

En la actualidad este panorama ha cambiado. La miniaturización de los componentes electrónicos, y la aplicación masiva de las técnicas digitales, han permitido la obtención de unos procesadores cada vez más complejos y flexibles.

Aún mejor, el tamaño de estas nuevas unidades no se corresponde con las múltiples funciones que pueden ejercer; y cada día aparecen modelos más reducidos, pero dotados con unas prestaciones notables y una capacidad funcional considerable.

!Pero ay!, todo en este mundo tiene su contrapartida, y los modernos procesadores no se escapan a este axioma.

Ciertamente, la progresiva reducción en el tamaño de estas unidades, no se corresponde con la deseable simplificación de las instrucciones para su uso. Estos manuales sirven para que el usuario conozca la manera concreta de usar cada procesador; hace unos años consistían en unos folletos de pocas páginas, que el técnico podía examinar en pocos minutos.

Hoy, las instrucciones de algunos procesadores están contenidas en unos manuales de dimensiones considerables, dando la impresión de querer emular a una guía telefónica. De poco sirve que algunos fabricantes dividan estos manuales en varios capítulos, con el pretexto de facilitar una comprensión más rápida. El sufrido comprador suele quedar atónito ante tal volumen de información, pudiendo pasar varias semanas antes de descifrar lo esencial de las instrucciones.

A los responsables de estos voluminosos «manuales de uso» les preguntaría: ¿Creen que es lícito distraer a músicos y técnicos de sus muchas ocupaciones con tanta literatura, que a menudo resulta prescindible?.

- PROCESADORES DE LA SEÑAL AUDIO -

Un procesador de una señal de audiodiferencia es cualquier aparato que puede alterar esta señal de una forma no lineal. Según esta definición, un potenciómetro o un *fader* no son procesadores de la señal, ya que lo que hacen éstos es aumentar o disminuir la cantidad de señal que pasa a su través, sin introducir modificación alguna. Un filtro, un ecualizador, un compresor, o una línea de retardo si que pueden ser considerados procesadores de la señal, ya que la modifican de una forma u otra.

En este apartado se especifican cuales son los procesadores más utilizados en trabajos de amplificación sonora, y también cuáles son sus aplicaciones más usuales.

No hemos incluido los filtros activos divisores de frecuencias, o *crossovers*, ya que la definición de estas unidades se encuentra en el capítulo donde se habla de altavoces y cajas acústicas. De todas formas algunos especialistas no consideran que los *crossovers* sean exactamente procesadores de la señal, sino más bien "troceadores" de la misma.

Algunos de estos procesadores suelen estar incluidos en las mesas de mezcla, como son los filtros y los sistemas de ecualización; mientras que otros se presentan en unidades independientes (compresores, excitadores, etc.). En cualquier caso es importante conocer con detalle las posibilidades de cada unidad, así como los parámetros que nos es posible modificar con el uso práctico de un procesador. Actualmente la consecución de un sistema de amplificación bien equilibrado pasa por la inclusión, en varios puntos del sistema, de unidades de procesado con distintas funciones.

ECUALIZADORES Y FILTROS

La palabra ecualizar es sinónima de igualar, ya que fue ésta la función inicial que desempeñaron los primeros circuitos ecualizadores. Durante la construcción de los primeros tendidos telefónicos se hizo patente que, debido a la longitud de las líneas, se producía una considerable pérdida en todas las altas frecuencias. Este hecho comprometía la inteligibilidad de la palabra de tal manera que fue necesario insertar, entre el emisor y el receptor, un circuito que aumentara el valor de estas altas frecuencias; así la señal telefónica llegaba al receptor con el mismo valor que tenía al salir del teléfono emisor.

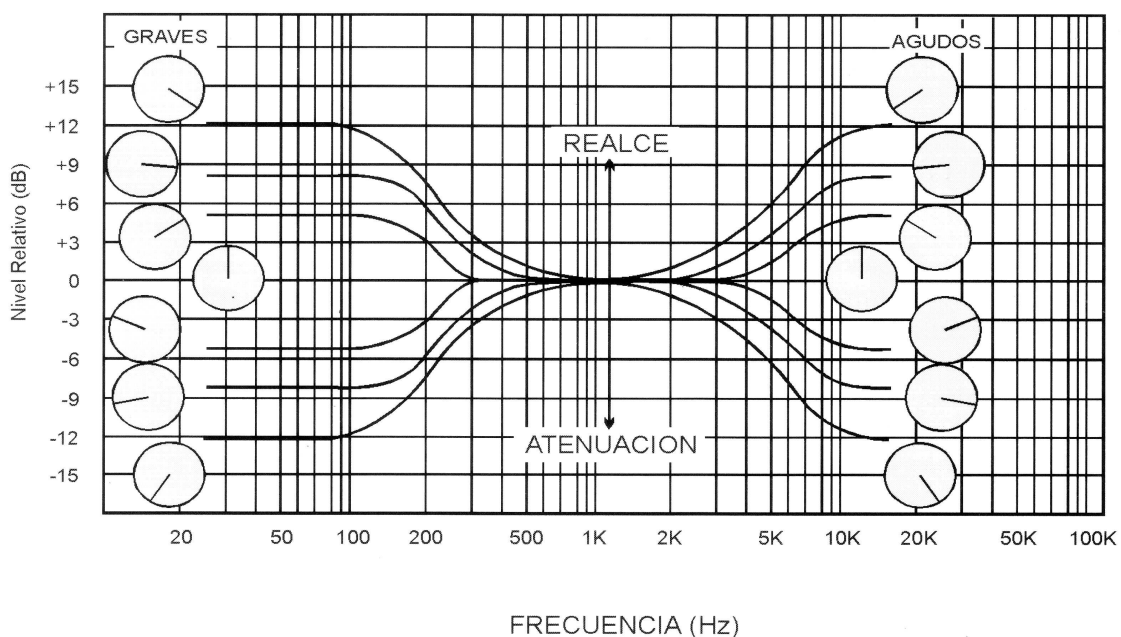
Lo primeros circuitos ecualizadores fueron concebidos, además, para compensar la pobre respuesta tonal que presentaban los antiguos micrófonos, siendo insertados entre la salida del micro y el amplificador.

Así pues, el objetivo básico de los primitivos ecualizadores fue la corrección de las deficiencias tonales que se daban durante el proceso de transferencia de la señal sonora.

A partir de los años 50 comenzaron a diseñarse sistemas de ecualización mucho más versátiles, con los que se podía ajustar con más precisión la respuesta tonal de la voz ó de los distintos instrumentos musicales.

Hoy en día se denomina ecualizador a una unidad que permite la corrección de la respuesta en frecuencias, mediante su uso podemos incrementar ó disminuir a voluntad unas frecuencias determinadas, mientras que otras quedan invariables.

figura 1



CONTROLES DE TONO

La mayor parte de amplificadores integrados, así como algunos mezcladores sencillos, poseen dos o tres controles de tono; se trata del sistema de ecualización más básico de la señal audio, y su forma de actuar se describe en la figura 1.

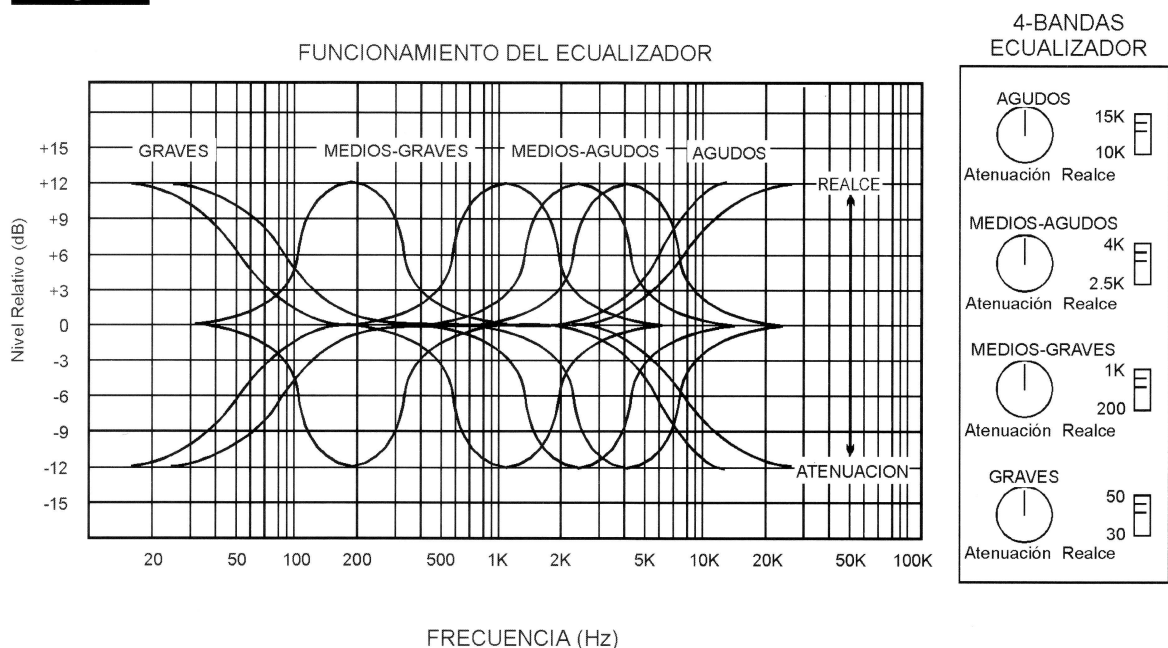
Cuando giramos el control de bajos hacia la derecha, se incrementa el nivel de las frecuencias bajas con respecto al resto del programa, resultando un sonido grueso y contundente. Si giramos el control de bajos hacia la izquierda, el nivel de estos tonos decrece; apareciendo un sonido delgado y sin consistencia. Si observamos los gráficos de la figura 1 podremos entender mejor como funciona esta ecualización. El aumento ó la reducción de las frecuencias se produce, gradualmente, a partir de los 1000 Hz. Cuando el control de bajos está situado en una posición extrema, el circuito genera un aumento -o reducción- sobre todas las frecuencias comprendidas entre los 20 y los 100 Hz.; disminuyendo este efecto gradualmente a medida que aumenta la frecuencia.

El control de agudos funciona de una manera idéntica al control de graves, incrementando o reduciendo el valor de las frecuencias por encima de los 1000 Hz. de forma gradual, hasta llegar a los 10 KHz.; entre este punto y los 20 KHz. el valor de la ecualización permanece constante, dependiendo de cómo situemos el control rotativo.

Si consideramos estos dos controles como un sistema ecualizador aparte, diremos que se trata de un ecualizador de dos bandas, con unos márgenes de actuación de 12 decibelios; el punto de corte situado sobre los 1000 Hz.; y las zonas de máxima actuación situadas entre los 20 y , entre los 10 y los 20 KHz.

Algunos mezcladores incorporan uno o dos controles para la ecualización de los tonos medios; ello les permite un mayor control sobre estas frecuencias, a las que el oído humano es más sensible. En ciertos casos, según el diseño de cada unidad, dos controles de tono pueden actuar sobre unas mismas frecuencias; se dice entonces que las curvas de actuación de los dos controles se solapan. Por ejemplo: Si el control de graves actúa entre los 20 y los 300 Hz., y el control de medios efectúa su función entre los 150 y los 4000 Hz.; las frecuencias comprendidas entre los 150 y los 300 Hz. se verán afectadas por la actuación de ambos mandos. (Fig. 2).

Figura 2



FILTROS ACTIVOS Y PASIVOS

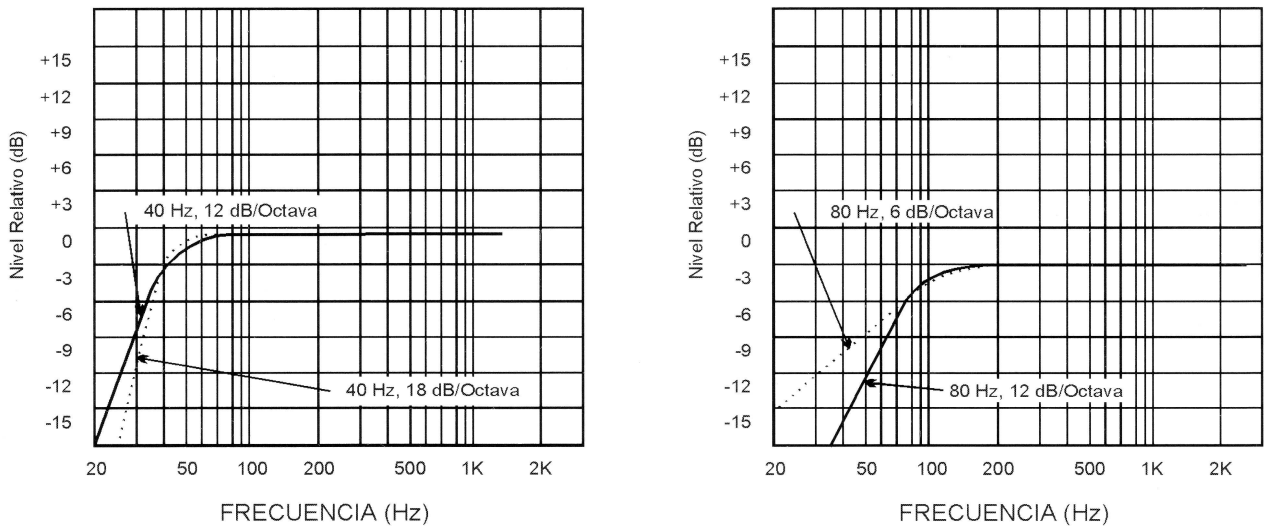
Se llama filtro a cualquier circuito que permite el paso a una banda de frecuencias mientras bloquea a otras. Se trata de un dispositivo formado por resistencias, condensadores ó bobinas, a través del cuál circulan sin oposición unas frecuencias determinadas, mientras que otras son atenuadas ó suprimidas. Se trata pues de un elemento básicamente selectivo, del cual nos servimos siempre que queremos corregir o modificar el equilibrio tonal de un programa musical.

Si atendemos a su naturaleza electrónica, los filtros pueden dividirse en filtros activos y pasivos. En un filtro activo intervienen elementos que pueden amplificar la señal sobre la que trabajan; por el contrario, en un filtro pasivo no hay ningún componente que amplifique esta señal.

FILTRO PASA-ALTOS Y FILTRO PASA-BAJOS

Un filtro pasa altos permite el paso a todas las frecuencias por encima de una frecuencia determinada, sin modificación alguna; mientras que por debajo de esta frecuencia se registra una atenuación progresiva del resto de frecuencias (Figura 3). La frecuencia donde la señal se ha reducido en 3 dB respecto al resto de frecuencias se denomina punto de corte. Por debajo del punto de corte de un filtro, las frecuencias disminuyen progresivamente conforme se alejan de él; a esto se le denomina pendiente del filtro, y se mide en decibelios por octava. Existen filtros pasa-altos con diversas pendientes de actuación, los más comunes tienen pendientes de 6 dB., 12 dB., 18 dB. y 24 dB. por octava, según la atenuación que presenten.

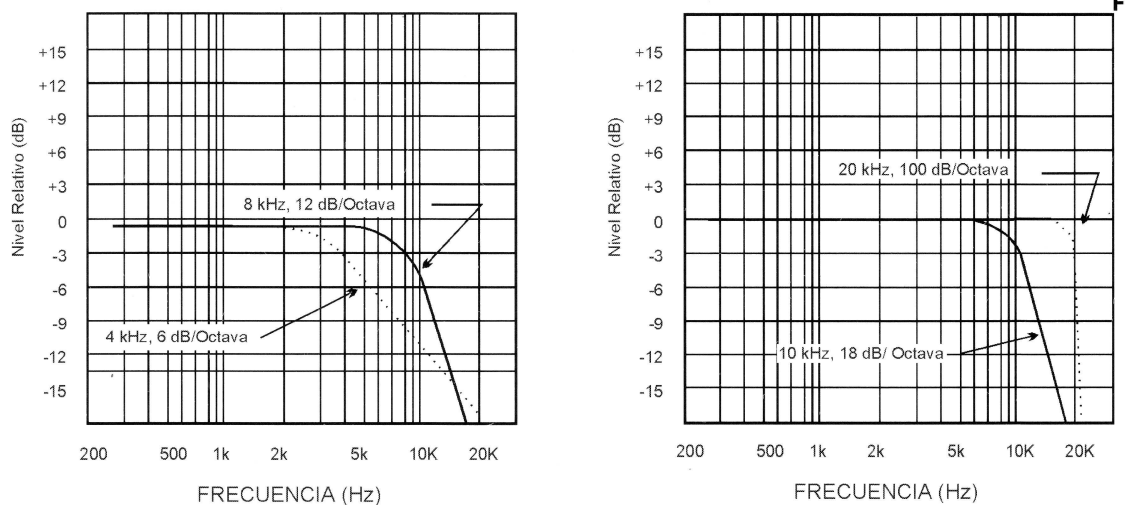
Figura 3



Los filtros pasa-altos pueden ser utilizados para atenuar la señal audio en áreas de frecuencias donde exista el peligro de ruidos o distorsiones de todo tipo; como son por ejemplo las vibraciones producidas por las pisadas en un escenario, que a través de los pies de micro pueden introducirse y llegar hasta las etapas de amplificación y los altavoces, con resultados nefastos al mezclarse con el resto del programa musical. Estas vibraciones, contienen frecuencias muy bajas, entre los 5 y los 25 Hz., y cómo están prácticamente fuera de las frecuencias musicales ordinarias, su atenuación no representa ningún problema. Otro caso serían los golpes de viento que pueda provocar un cantante ante el micrófono, que suelen introducir ruidos entre los 40 y los 80 Hz.; estas frecuencias se encuentran ya en un extremo del programa musical, y su atenuación puede ser más problemática.

En cualquier sistema de amplificación sonora es interesante poder disponer de un filtro pasa-altos, con un punto de corte situado entre los 20 y los 40 hercios, y una pendiente de actuación que vaya de 12 dB. por octava a 24 dB. por octava. Este filtro no afectará directamente la buena reproducción de las notas musicales, ya que por debajo de los 40 Hz., en un directo, no se suele trabajar; y por otro lado protegeremos

Figura 4



a las etapas y a los altavoces de sobrecargas ocasionadas por frecuencias no deseadas. Estas sobrecargas pueden ser ocasionadas, también, por señales transitorias generadas por los mismos procesadores de la señal (compresor, reverberador, etc.). En ocasiones las etapas de potencia ya llevan incorporado un filtro pasa-altos, si las etapas con las que se trabaja no lo llevan, siempre tenemos la posibilidad de incorporarlo al equipo, justo antes de que la señal audio entre en la etapa de potencia.

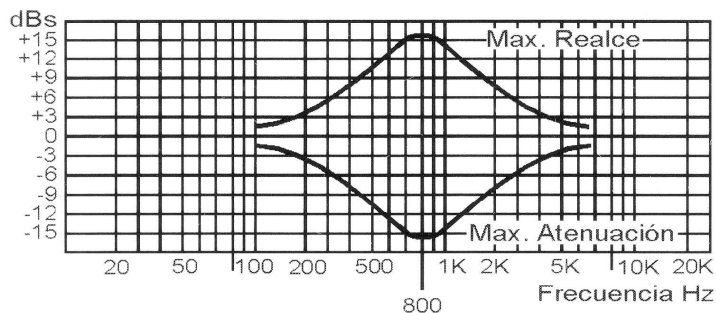
El filtro pasa-bajos actúa de forma similar al pasa-altos, pero las frecuencias que son atenuadas son las que se encuentran por encima del punto de corte (Figura 4). Se utiliza para recortar aquellas frecuencias que están mas allá del espectro musical audible, y también para reducir ruidos ocasionados por el propio sistema de amplificación. A menudo se trabaja con altavoces que tienen un límite en lo referido a las frecuencias que pueden reproducir (Por ejemplo un *tweeter* preparado para reproducir frecuencias entre 4 y 18 KHz.); al recibir frecuencias superiores a los 18 KHz., este tweeter distorsionará de forma inmediata. La incorporación de un filtro pasa-bajos con un punto de corte situado entre los 16 y los 18 KHz. resolvería este problema.

Los filtros pasa-bajos acostumbran a tener una pendiente entre 6 dB. y 12 dB. por octava; y su punto de corte se sitúa entre los 15 KHz. y los 20 KHz., según su aplicación práctica.

En los sistemas de grabación digital se incorporan siempre unos filtros pasa-bajos con una pendiente muy pronunciada, del orden de los 48 dB. por octava. Son filtros especiales que no permiten el paso a ninguna frecuencia que no pueda ser muestreada ó codificada en el sistema digital, y se conocen como filtros anti-aliasing.

Cuando un filtro es, a la vez, pasa-altos y pasa-bajos es conocido como filtro pasa-banda. Este tipo de filtros son los que se incorporan en todo tipo de ecualizadores, para así poder trabajar con unas bandas de frecuencias perfectamente determinadas. (Fig. 5)

Figura 5



ECUALIZADORES GRÁFICOS

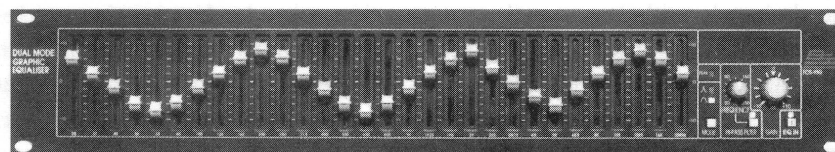
Si en lugar de disponer de sólo dos controles para corregir a nuestro gusto un programa musical, contamos con cinco, diez, o más controles que efectúen a la vez este cometido sobre todo el espectro de frecuencias; podremos obtener un resultado acústico mucho más preciso. Esto es posible con la utilización del ecualizador gráfico, equipado con mandos de tipo deslizante, permite la rápida visualización de su curva de trabajo.

Cada control permite el incremento -o la reducción- en la amplificación de un reducido

margen de frecuencias. Para ello cada unidad contiene filtros pasa-banda que dividen el espectro sonoro en tantas partes como controles disponga el aparato; luego el manejo de cada control deslizante permite el ajuste preciso de la respuesta tonal que se desee.

Entre los controles de un ecualizador gráfico puede haber una distancia en frecuencias de una octava, media octava, o un tercio de octava; si bien algunos modelos trabajan con márgenes más amplios o más estrechos. La frecuencia central sobre la que opera cada filtro está siempre especificada al pie de cada control; y el incremento o reducción que se puede obtener sobre cada grupo de frecuencias es del orden de 12, 15 ó 18 decibelios, según los modelos. La frecuencia central de un filtro, o frecuencia nominal, nos indica el punto donde este filtro actúa con mayor intensidad, aumentándola o atenuándola con preferencia sobre las frecuencias vecinas. Figura 6.

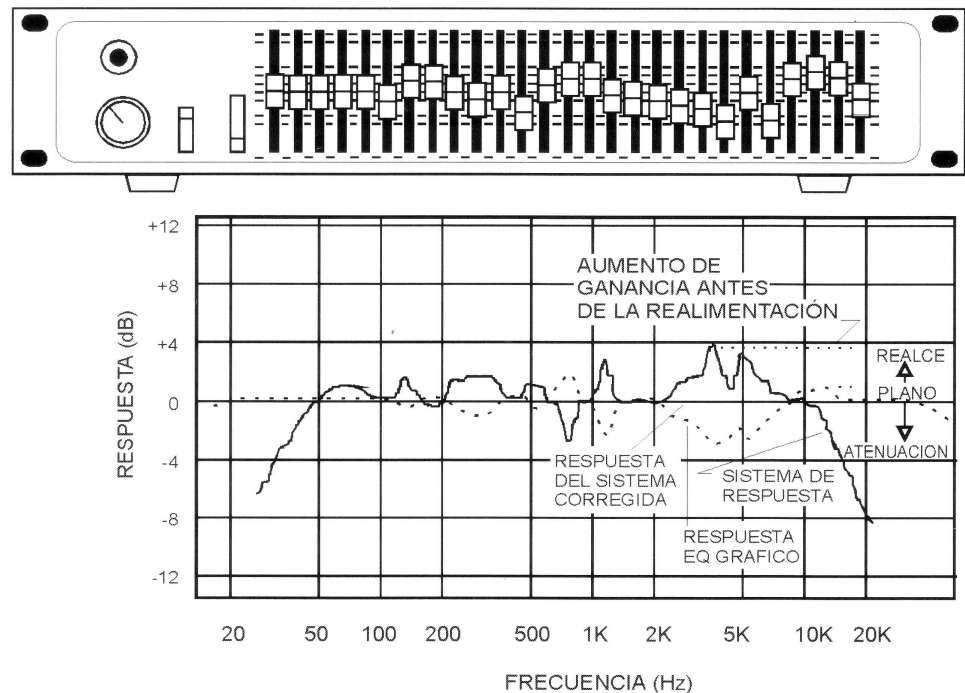
Figura 6



El ecualizador gráfico se utiliza para corregir la respuesta acústica de un recinto, y también se usa en la corrección de programas grabados y durante la reproducción musical.

El buen uso de un ecualizador gráfico nos permite reducir los picos y los valles en la respuesta de los altavoces, optimizando su función y previniendo la aparición de la realimentación acústica, cuando se trabaje en directo. (Figura 7)

Figura 7



Conectado a la salida de la mesa de mezclas, el ecualizador gráfico nos facilita la obtención de un sonido claro y equilibrado. Habitualmente las frecuencias medias se les aplica una ecualización suave (+/-2 dBs.), mientras que las frecuencias graves suelen ser incrementadas para dar una sensación de potencia musical, a no ser que existan problemas serios de reverberación en el recinto, en cuyo caso los tonos graves que provoquen este efecto deben ser reducidos. A las altas frecuencias se les suele aplicar, también, una cierta ganancia desde el ecualizador, con lo que la música gana en brillantez. Cuando exista algún problema con el reconocimiento de las voces, los controles de las frecuencias medias pueden situarse hasta +6 dBs., con ello se mejora la reproducción de la voz humana, que gana en claridad.

ECUALIZADORES PARAMÉTRICOS

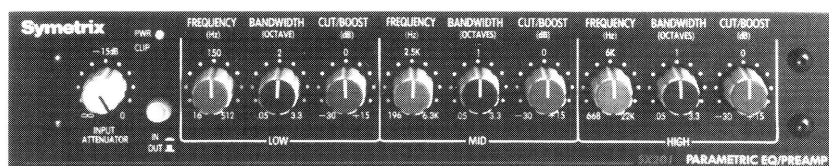
Cuando se utiliza cualquier ecualizador hay que tener presente cuál es el valor de los distintos parámetros que pueden ser modificados. Si bien éstos varían de un modelo a otro, los aspectos que un ecualizador puede modificar son tres: Frecuencia nominal, ancho de banda y pendiente de actuación.

La frecuencia nominal de un filtro indica la frecuencia central en que este filtro actúa con mayor intensidad; este punto es fijo en los ecualizadores gráficos, pero en los paramétricos puede seleccionarse a voluntad.

El ancho de banda (o Q del filtro) nos indica cuál es el margen de frecuencias que resultan alteradas mientras actúa el filtro correspondiente. Así los filtros de banda estrecha actúan sobre márgenes de tan sólo 1/12 de octava; mientras que los de banda ancha pueden actuar sobre un margen de frecuencias igual o mayor que una octava.

Pocos ecualizadores permiten la selección del ancho de banda a voluntad, la mayoría trabajan con unos márgenes fijos para cada filtro, que limitan con los márgenes de actuación de los filtros colindantes.

Figura 8



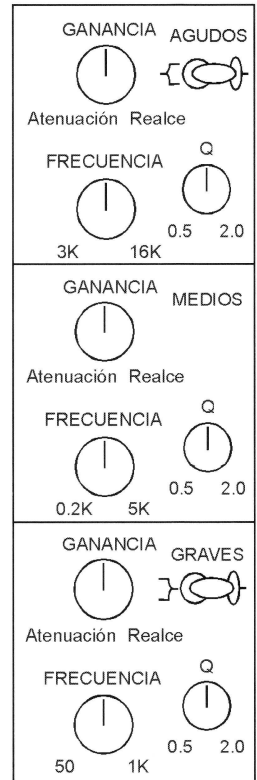
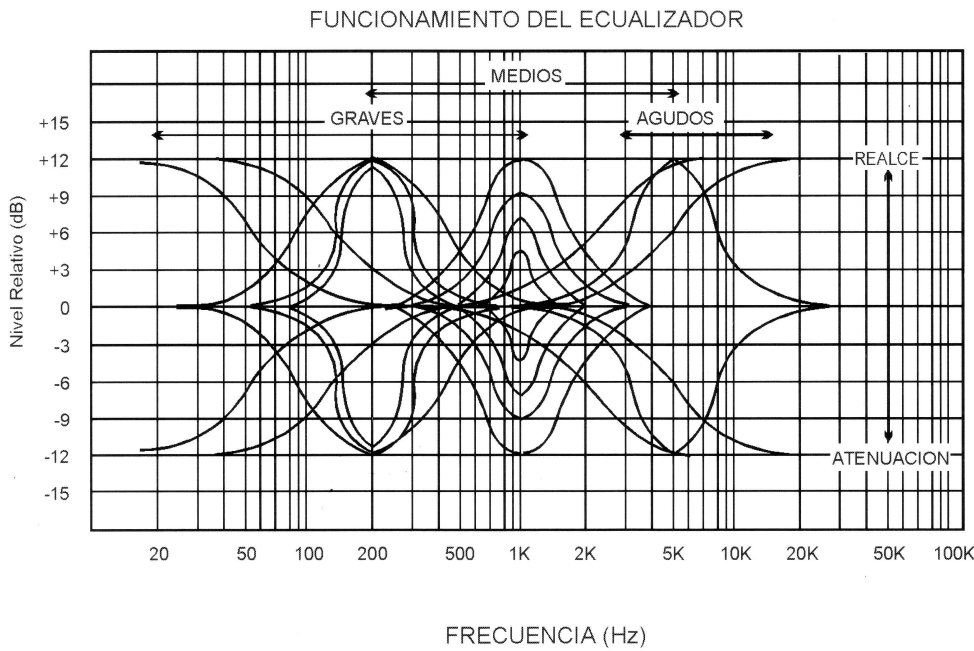
Únicamente los ecualizadores paramétricos nos permiten variar, según convenga, el ancho de banda de un filtro. (Figura 8)

La pendiente o inclinación de un filtro indica la reducción o el incremento máximos que puede comportar su uso, y se especifica en decibelios por octava. Normalmente se suelen emplear

pendientes máximas de 10 a 12 dB./Oct. para todo tipo de aplicaciones musicales.

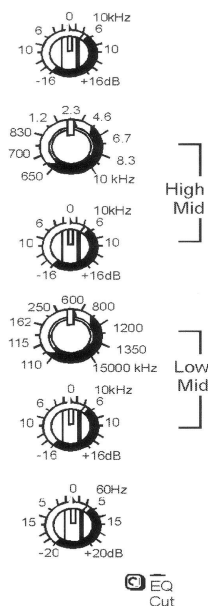
Cuando un ecualizador permite el control de la frecuencia de actuación, del ancho de banda, y de la ganancia o atenuación sobre las frecuencias predeterminadas; nos hallamos ante un ecualizador paramétrico. En la figura 9 podemos comprobar visualmente las curvas de actuación de un paramétrico de tres bandas. Una de las ventajas más evidentes de trabajar con estos ecualizadores, es que permiten actuar sobre una frecuencia concreta, sin modificar las frecuencias adyacentes. Para ello se mueve el cursor que indica la frecuencia nominal, a cada movimiento se comprueba con el mando "gain" si ya actuamos sobre la frecuencia en cuestión; y una vez hallada se sitúa el control "Q" en el mínimo (0.5) lo que indica que se trabaja con el ancho de banda más estrecho.

Figura 9



A algunos operadores de sonido no les agrada trabajar con este tipo de ecualizadores, por la dificultad que conlleva el ajuste de todos los parámetros que contiene. De hecho, la utilización práctica de estas unidades precisa de un buen conocimiento sobre las frecuencias que se desee rectificar, y esto sin el auxilio de un analizador de espectro no es nada fácil. Por otro lado, el uso inadecuado de estos complejos ecualizadores puede acarrear sonidos artificiosos y hasta desagradables, que falsifiquen un mensaje musical hasta hacerlo irreconocible.

Figura 10



Los controles de ecualización que se encuentran en los canales de entrada de las mesas de mezcla de calidad no suelen permitir el ajuste del "Q" ó ancho de banda, pero si la frecuencia de actuación y la pendiente: Se les denomina ecualizadores semi-paramétricos. (Figura 10)

Conviene tener en cuenta que, si utilizamos ecualización paramétrica sobre un programa musical íntegro, una ganancia excesiva aplicada sobre cualquier banda reducirá los límites dinámicos en un sistema de potencia. Podrán aparecer clips en las etapas, y los altavoces que reproduzcan las frecuencias sobredimensionadas correrán el riesgo de saturarse. En estos casos será conveniente reducir el nivel de salida general ó bien rebajar la ganancia del ecualizador.

Si los filtros de un paramétrico trabajan con un "Q" muy ancho, pueden provocar el efecto "ringing", que consiste en la tendencia que tienen un filtro de resonar a su frecuencia central cuando las ondas de la señal audio coinciden con la misma frecuencia. Este efecto puede enmascarse mediante la misma reverberación normal que produce en directo un sistema de amplificación; pero si se trabaja en estudio es preciso compensar este efecto, reduciendo la ganancia del filtro, o bien estrechando su ancho de banda, cuando esto es posible.

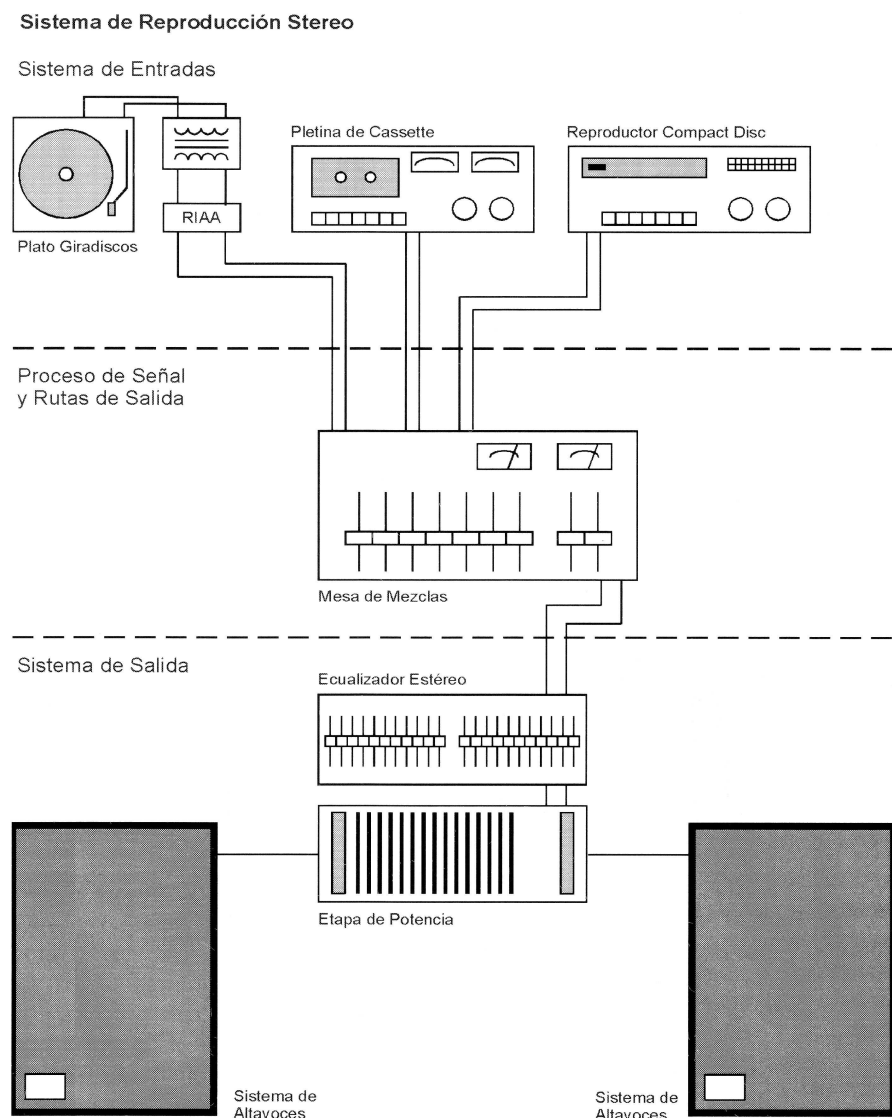
EL LUGAR DEL ECUALIZADOR

Al margen de los filtros ecualizadores presentes en las mesas de mezcla, el ecualizador debe situarse siempre entre un amplificador de voltaje y una etapa de potencia. Un ecualizador está preparado para trabajar con señales audio de bajo nivel, y no es posible enviarle la señal una vez ésta ya ha sido amplificada en potencia.

Habitualmente los ecualizadores precisan disponer, en su entrada, de la señal audio con un voltaje y una impedancia determinadas, para operar correctamente; estos valores vienen siempre especificados en las instrucciones de cada unidad. En lo referente a las señales que provienen de un micrófono o de la cápsula de un giradiscos, como suelen ser demasiado débiles para ser tratadas por el ecualizador, será siempre necesario pre-amplificarlas; ya sea mediante un previo o bien por el propio canal de entrada de la mesa de mezclas. (Figura 11).

En los equipos domésticos de reproducción musical el ecualizador se sitúa en puente sobre el amplificador integrado. En los sistemas de potencia para directos (*Public Adress*) el ecualizador que actúa sobre todo el programa se sitúa a la salida de los controles master de la mesa, antes de que la señal llegue a las etapas de potencia correspondientes.

Figura 11



UTILIZACIÓN PRACTICA DEL ECUALIZADOR GRÁFICO

Para obtener un resultado satisfactorio al usar un ecualizador gráfico, es preciso conocer puntualmente las frecuencias que se vayan a modificar; ya que de lo contrario pueden aparecer distorsiones de fase, debido a la proximidad con que operan los filtros entre sí. Es recomendable, pues, actuar con cierta prudencia y procurar, en todos los casos, que no haya demasiada diferencia entre la ganancia de un filtro y la de los filtros anexos.

Ejemplo: Si trabajamos con un ecualizador gráfico de 1/3 de octava, y disponemos un incremento de 3 decibelios para el filtro correspondiente a 400 Hz.; los filtros situados a ambos lados -315 y 500 Hz.- pueden situarse con una ganancia entre 0 y 6 dBs. como máximo, siendo preferible diferencias menores. Vamos a dividir toda la gama de tonos audibles en seis grandes grupos, para apuntar cuales son las características básicas de cada uno:

Muy bajas frecuencias. Son las comprendidas entre los 18 y los 60 hercios. Estas frecuencias son las que proporcionan la sensación de potencia en cualquier audición musical.

Pueden ser incrementadas con el ecualizador, pero es preciso mucha prudencia, ya que cualquier exceso nos puede conducir a un enmascaramiento del programa musical conocido como "bola de graves". Por otro lado el ruido de fondo generado por los transformadores electrónicos se encuentra entre los 60 y los 50 Hz. (según la corriente alterna a la que el sistema se conecte); así que para reducirlo basta con bajar el cursor correspondiente a esta frecuencia.

Bajas frecuencias. Pueden situarse entre los 60 y los 250 hercios. Son las que contienen las notas fundamentales de la sección rítmica. Un refuerzo excesivo a esta banda puede dar lugar a un sonido atronador; el equilibrio entre estos tonos es determinante para un correcto balance musical. En sonorizaciones de música rock hay que controlar donde está el filtro que potencia o atenúa el pie de bombo, para diferenciarlo con limpieza de los acordes que puede generar el bajo eléctrico.

Frecuencias Medias-bajas. Entre los 250 y los 2000 hercios. Esta banda contiene los armónicos más bajos de la mayoría de instrumentos musicales; y también se encuentran en ella los formantes graves de la voz humana. Un refuerzo excesivo en esta banda puede producir la fatiga en los oyentes; si el refuerzo se centra entre los 500 y los 1000 Hz., el sonido resultante parecerá que procede del interior de un tubo. Como norma general, cuando se trabaje con potencias de sonido elevadas, el cursor de 500 hercios y los que se encuentran adyacentes deben ser utilizados para atenuar levemente estas frecuencias.

Frecuencias Medias-altas. Entre los 2000 y los 4000 hercios. En esta banda se encuentran la mayoría de formantes de la voz humana, siendo esencial una correcta ecualización para obtener una reproducción clara de las voces. Si modificamos en exceso estos tonos, varios fonemas resultarán confusos durante la audición; además un refuerzo excesivo entre los 3000 y los 4000 Hz también causa fatiga auditiva.

Frecuencias Altas. Las situamos entre los 4 y los 6 KHz. Esta banda contiene la parte esencial de los armónicos de la voz y también de numerosos instrumentos musicales; siendo responsable de la transparencia y nitidez del mensaje sonoro. Un incremento en los cursores alrededor de los 5 KHz., produce en nuestro oído un efecto similar al que se obtendría duplicando la potencia sonora total.

Frecuencias muy altas. Son las que se hallan entre los 6 y los 18 KHz. Nos servirán para tener un control preciso sobre el brillo y la nitidez del sonido. Un incremento exagerado de estas frecuencias puede dar lugar a la aparición de siseos o ruidos de índole electrónica, causados por diversos motivos. Si reproducimos algún programa registrado en cinta casete, y se advierte el molesto "soplido" de la cinta, basta con atenuar los cursores situados entre los 6 y los 9 KHz. para que éste disminuya considerablemente.

En general, la forma idónea de proceder a una ecualización consiste en comparar la respuesta "plana" con la ecualizada; procurando que la diferencia entre una y otra no sea exagerada. El buen uso del ecualizador gráfico nos permite mejorar la claridad del mensaje sonoro, así como solventar posibles aberraciones acústicas que presente el recinto donde se efectúe la audición.

Para medir con precisión la respuesta en frecuencias de un sistema, es preciso utilizar un analizador de espectro. Si para ecualizar este sistema usamos una unidad con una separación entre filtros de 1/3 de octava, el analizador que se emplee deberá tener la misma resolución, y ser capaz de mostrarnos durante las pruebas la respuesta del sistema con intervalos de 1/3 de octava. Algunos analizadores portátiles con los gráficos formados por LED o LCD son los más prácticos para este cometido.

COMPRESORES Y LIMITADORES

Cuando un procesador reduce el rango dinámico de la señal audio, recibe el nombre de compresor o limitador. La dinámica sonora en un concierto en vivo puede llegar, en ocasiones, a superar los 120 dBs. Si se desea registrar el concierto en un magnetófono, será preciso comprimir la dinámica musical dentro de un margen de unos 75 dB, ya que éste es el margen dinámico de la grabación analógica. Si el registro se efectúa utilizando un grabador digital (DAT), también será preciso comprimir el margen musical a unos 90 dBs., ya que éste es el margen habitual del registro digital. En este último caso será importante limitar drásticamente las señales más intensas, ya que cuando se efectúan registros digitales cualquier señal que rebase el límite producirá una distorsión en todo el programa.

Cuando se trabaja con varios instrumentos en directo, tratamos de mantener un cierto equilibrio sonoro entre ellos, para que ningún instrumento tape a otro debido a una mayor intensidad sonora. También nos interesa que las señales de todos los instrumentos lleguen a la mesa con una intensidad constante, o por lo menos

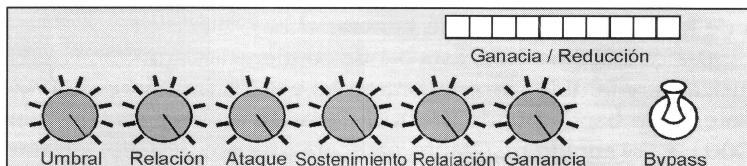
sin que haya grandes cambios de volumen de un instrumento respecto a otro. La utilidad del compresor para estas funciones está fuera de toda duda.

La compresión también se aplica a las partes vocales, ya que a menudo el nivel de éstas fluctúa entre niveles demasiado intensos -que pueden provocar la distorsión- y niveles demasiado bajos, con lo que las voces pueden quedar tapadas por otros instrumentos.

La diferencia entre un compresor y un limitador está en el radio de compresión que efectúan sobre la señal audio, ya que comúnmente ambos procesadores están incorporados en un mismo aparato.

En la figura 12 podemos ver cuales son los controles habituales que incorpora un compresor/limitador; comprobemos para que sirven uno a uno:

Figura 12



Threshold. Que literalmente significa lindar o límite, moviendo este control podemos ajustar el punto donde el compresor empieza a actuar. Si lo movemos hacia la izquierda el compresor se activará aún con señales audio muy débiles, mientras que al girarlo hacia la derecha el compresor sólo funcionará durante los picos de señal,

comprimiéndolos; mientras que no actuará por debajo del nivel indicado.

Ratio. Este control determina la proporción de señal que hay en la salida del compresor respecto a la señal presente a la entrada. En los limitadores esta proporción va de 8:1 hasta 20:1 o infinito:1. Si el control de *ratio* está situado en 6:1, por ejemplo, un incremento de 6 decibelios en la señal de entrada (por encima del umbral de actuación del compresor, o *threshold*) significa obtener un incremento de sólo 1 dB. en la señal de salida.

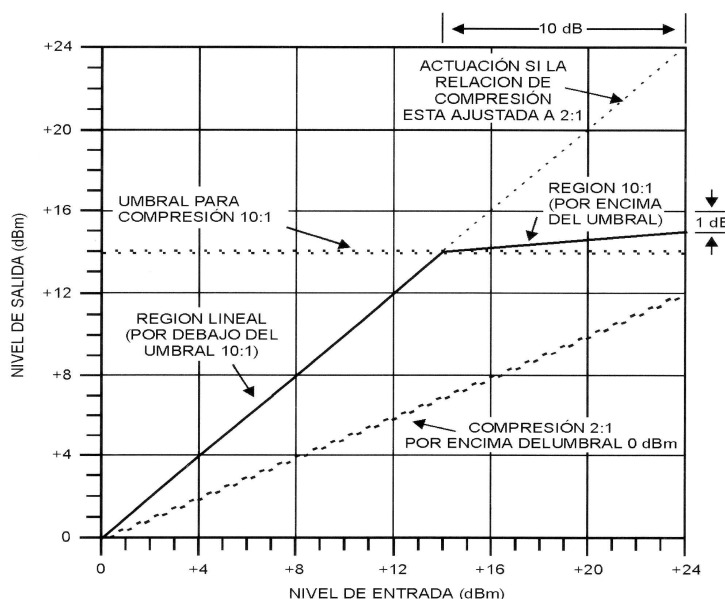
Attack. Es el tiempo que precisa el compresor para activar sus circuitos, a partir de que detecta alguna señal que sobrepasa su lindar de actuación. Puede estar especificado como "tiempo de ataque" (en milisegundos) o como valor de ataque (en dB por segundo). Esto depende del tipo de circuitos con que cuenta cada unidad en concreto.

Release. Indica el tiempo que precisa el compresor para dejar de actuar, una vez que la señal ha descendido por debajo del "threshold"; también se conoce con el nombre de tiempo de recuperación.

Gain. Es un potenciómetro que está situado para aumentar o reducir el nivel de salida del compresor/limitador, y así obtener un nivel de señal preciso para nuestras necesidades.

Muchos compresores disponen, además, de un conmutador *bypass* que desconecta las funciones normales del aparato, y sirve para comparar la señal procesada con la que no lo está. Esto permite juzgar auditivamente si la señal procesada se asemeja o está distorsionada respecto a la señal original, es decir si musicalmente es válida.

Figura 13



Los limitadores son utilizados comúnmente en trabajos de producción de radio y televisión, para prevenir la sobremodulación de las señales sonoras en la emisión, lo que causa una distorsión de toda la señal portadora. También son utilizados en muchos sistemas de amplificación para proteger a los altavoces de posibles picos de la señal sonora, que pueden destruir físicamente las bobinas de los mismos.

Cuando el control *threshold* está situado en su posición mínima, la práctica totalidad del programa musical resulta afectado por la compresión. Cuando se maneja de esta forma, la proporción (o *ratio*) de la compresión debe ser baja, entre 1.5:1 y 3:1, si se desea obtener un sonido natural.

En la figura 13 se pueden observar gráficamente las dos formas de actuación de estos procesadores; la línea punteada corresponde a la forma que tomaría la señal audio original si fuera comprimida

con una proporción de 2:1 desde el nivel 0 dB.; y la línea continua de la parte superior corresponde a una compresión de 10:1 que se inicia cuando la señal sobrepasa el lindar de los +14 dBs. En el primer caso actúa como un compresor, mientras que en el segundo lo hace como un limitador.

Una compresión suave con un umbral de actuación reducido puede ser conveniente en algunos casos, mientras que en otros será mejor elevar el lindar de trabajo y la proporción de la compresión; todo depende del tipo de programa musical que se esté manejando y del resultado práctico que se quiera obtener.

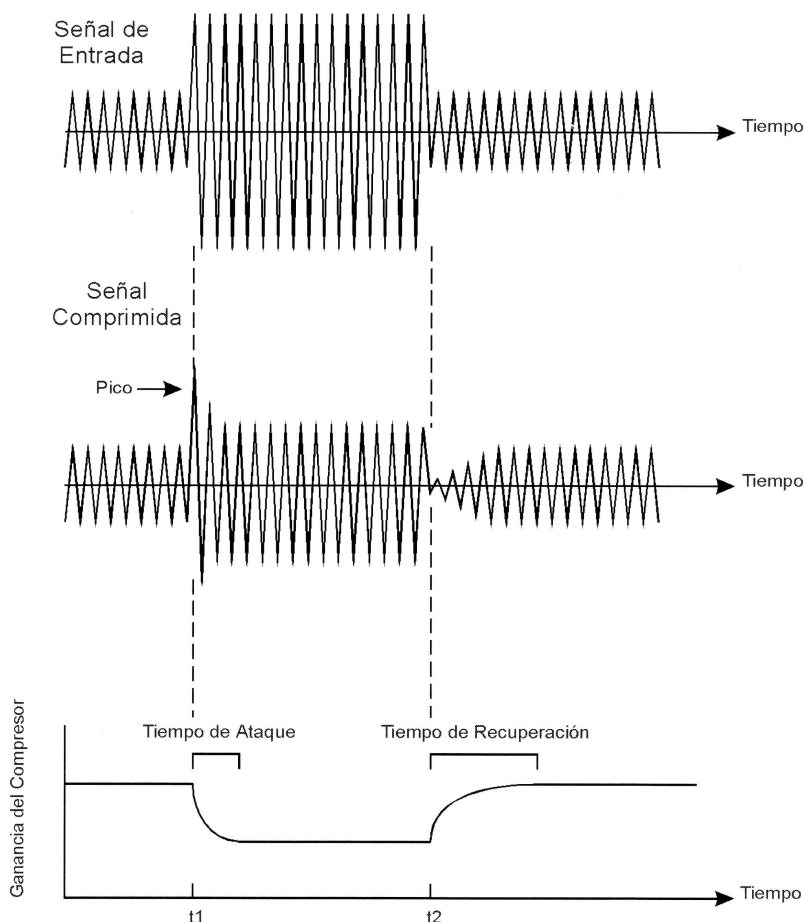
UTILIZACIÓN DEL COMPRESOR/LIMITADOR

Ante todo hay que recordar que los compresores, así como el resto de procesadores de la señal sonora, sólo pueden trabajar con una señal sin amplificar en potencia. Esto implica que una vez la señal ha pasado por un amplificador y se dirige hacia los altavoces no puede ser procesada. Por ello cualquier tipo de unidad procesadora debe situarse entre la mesa de mezclas y las etapas de potencia; salvedad hecha de las unidades destinadas a ser utilizadas entre un instrumento musical y el previo del mismo, como es el caso de los aparatos de efectos de las guitarras eléctricas.

No existe un tiempo de ataque y de recuperación válido para todas las situaciones que se puedan dar. Un ataque demasiado rápido puede causar en el programa fluctuaciones de nivel y distorsionar las frecuencias bajas; mientras que un tiempo de ataque demasiado lento permite que aparezcan a la salida del compresor niveles de señal mayores que los deseados.

Un tiempo de recuperación demasiado rápido provoca un sonido parecido a un jadeo o a un golpe de viento en el programa musical; mientras que una recuperación muy lenta hace que el compresor siga activado cuando la señal audio no traspasa el umbral, con lo que algunas porciones del programa musical son reducidas en exceso.(Figura 14).

Figura 14



Algunos modelos de compresor tienen el ajuste automático del tiempo de ataque y recuperación, según la naturaleza de la señal de entrada.

Cuando se utiliza un compresor limitador para proteger a los altavoces de sobrecargas, el *threshold* -también denominado punto de rotación- debe situarse de tal forma que la potencia máxima que entreguen las etapas a los altavoces no exceda al máximo que éstos pueden admitir.

Suponiendo que tengamos unos altavoces que admiten 200 vatios continuos y 400 vatios de pico, y que la etapa proporciona 400 vatios cuando la señal de entrada está a un nivel de +4 dB y el atenuador de la etapa está en -10 dBs.; esto significará que cuando una señal de +14 dBs. sea amplificada por la etapa se obtendrán 400 W en los altavoces. El *threshold* del compresor/limitador y el *ratio* deben situarse de manera que evite que la señal exceda de +14 dB, siendo preferible colocar el control del umbral en un valor algo inferior, +11 ó +10 dB para preservar la dinámica real del programa.

De esta forma cualquier pico de la señal audio que exceda en algunos dB sobre el nivel medio del programa, quedará afectado por la actuación del compresor, y a la salida del mismo estos picos estarán reducidos a unos niveles inocuos para los altavoces. Si por ejemplo, aparece un pico de +12 dBs. en la entrada, y tenemos asignado en el compresor una relación de compresión de 4:1, este pico a la salida incrementará la señal +3 dB; si el límite de actuación

está en +11 dB, el valor total será de +14 dB con lo cual los altavoces trabajarán plenamente sin que en ningún caso excedan los límites propuestos.

Figura 15



APLICACIONES PRACTICAS DEL COMPRESOR/LIMITADOR

Las líneas que siguen pretenden servir como una guía resumida de las formas en que se puede utilizar un compresor con diversas fuentes de sonido, aunque sin olvidar que cada

situación concreta es distinta de otra, lo que significa que estos apuntes sólo sirven de referencia ya que la última palabra sólo la tiene el oído del que lo maneja.

Voces. Se suele emplear una relación reducida, entre 2:1 y 4:1 como máximo; mientras que el threshold se sitúa en un punto más bien bajo, alrededor de 0 dB. De esta forma el sonido obtenido es natural y agradable, aunque se trate de cantantes de rock. El tiempo de ataque puede ser medianamente rápido, mientras que el de recuperación puede estar alrededor de medio segundo.

Bajo eléctrico. Para tener un control preciso de los acordes más fuertes es conveniente trabajar con una relación de 5:1 o más; aunque ello depende de la forma de tocar del bajista. Cuando se toca golpeando las cuerdas, el índice de compresión es mayor que cuando se pulsan. El tiempo de ataque debe situarse en un valor medio, mientras que el de recuperación puede ser largo cuando se pulsan las cuerdas con suavidad, y más rápido cuando se golpean.

Guitarra eléctrica. La diversidad de sonidos que se obtienen con este instrumento no permite establecer unas normas comunes. Así, si se desea obtener un sonido sostenido, hay que usar un tiempo de ataque rápido y una recuperación lenta, alrededor de 300 ms., mientras que el *ratio* puede situarse alrededor de 4:1, y el control de ganancia por encima de 20 dB. Si se quiere enfatizar más los acordes, debe reducirse el tiempo de recuperación un poco y utilizar un ataque más lento.

Guitarra acústica. El umbral debe situarse en un punto medio, entre 0 dB y 0 dB, y suele emplearse un ratio reducido, entre 2:1 y 4:1. El tiempo de ataque se sitúa entre 10 y 40 ms. mientras que el de recuperación puede estar entre los 50 ms. y los 200 ms.

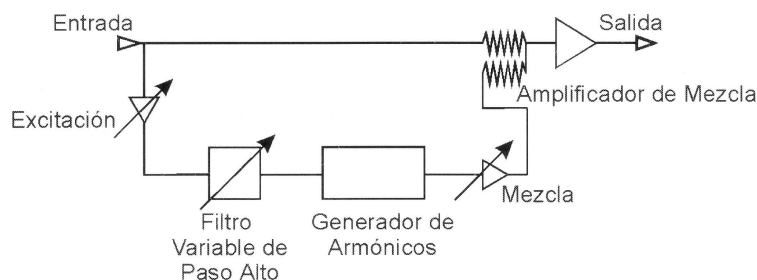
Teclados eléctricos. Muchos teclados no precisan ningún tipo de compresión, pero en algunos casos emiten unos picos sonoros que pueden ser causa de distorsión. Para estos casos el compresor es útil con el umbral muy alto, de forma que sólo actúe cuando se encuentra con los picos de señal, y con una relación de 4:1 a 8:1.

Percusión. Cuando se ejecutan piezas de música pop o de rock, la dinámica útil de los instrumentos de percusión es muy reducida. Para estos casos es conveniente el uso del compresor con los tambores de la batería, con una relación entre 3:1 y 6:1, un tiempo de ataque alrededor de 10 ms., y un tiempo de recuperación entre 30 y 100 ms. El punto de rotación -threshold- debe estar en un valor tal que permita trabajar al compresor durante todo el golpe sonoro, sin que recorte los puntos menos intensos del ataque o de la caída. No es conveniente el uso de compresores en los platos de una batería o en instrumentos de percusión metálicos, ya que se suele obtener un sonido poco natural.

EXCITADORES

Al igual que los ecualizadores, los excitadores (*enhancers*) pueden ser utilizados para alterar las cualidades tonales de la señal audio. Pero a diferencia del ecualizador, un excitador puede crear nuevos armónicos que complementen a los que ya existen.

Figura 16



En lugar de realzar o recortar el nivel de los armónicos presentes en la señal sonora, tal como lo hace el ecualizador, el excitador utiliza parte de las altas y medias frecuencias presentes en la señal para generar nuevos armónicos, los cuales se añaden a la señal original (Figura 16). Como resultado de este proceso, se incrementa el brillo y la claridad del sonido, ya que los armónicos que genera el excitador son múltiplos de los que ya contiene la señal original.

Los excitadores son utilizados para incrementar el cuerpo y el brillo de diversos instrumentos, tanto en grabaciones en estudio como en sistemas de amplificación en directo. En cualquier caso conviene utilizar este procesador con cierta moderación, ya que un incremento excesivo puede dar lugar a un sonido artificial, en lugar de enriquecer las cualidades naturales del instrumento.

La posición central del filtro puede escogerse entre los 2 kHz. y los 6 kHz., según los modelos. Si se sitúa en 3 kHz., por ejemplo, el excitador genera armónicos de 6 kHz., 9 kHz., 12 kHz., 15 kHz., etc., todos ellos múltiplos del primer valor.

El excitador se utiliza en la producción de las mezclas finales en estudios de grabación, pero también para realzar las cualidades de algunos instrumentos por separado. Los platos de la batería, las guitarras acústicas y las voces son algunas de las fuentes sonoras donde el excitador se utiliza con más frecuencia; si bien también puede ser usado para mejorar la claridad de algunos sintetizadores y samplers. Algunos técnicos utilizan las ventajas del excitador para realzar el carácter de alguna sección en concreto, como puede ser una sección de vientos dentro de una pieza de salsa.

Conviene no olvidar que, si en la señal musical tratada por el excitador hay presente algún ruido, es muy posible que el excitador también lo resalte. Por esto es conveniente que la señal a tratar esté exenta de cualquier ruido parásito o zumbido.

Uno puede estar tentado de usar un excitador para la mezcla total de todos los instrumentos. Esto puede ser válido para revitalizar y añadir claridad a algunas grabaciones antiguas, siempre que el inevitable ruido de fondo pueda ser controlado; pero no es válido para las grabaciones actuales o para los directos, ya que nuestros oídos se acostumbran con rapidez al énfasis musical que provoca y finalmente no lo perciben en absoluto.

Algunos modelos de excitador tienen controles que permiten escoger si las frecuencias excitadas son las altas o las bajas. Estos modelos pueden ser útiles cuando se busca aumentar la claridad y la definición de ciertos instrumentos, como el bombo o el goliat de una batería.

PUERTAS DE RUIDO Y EXPANSORES

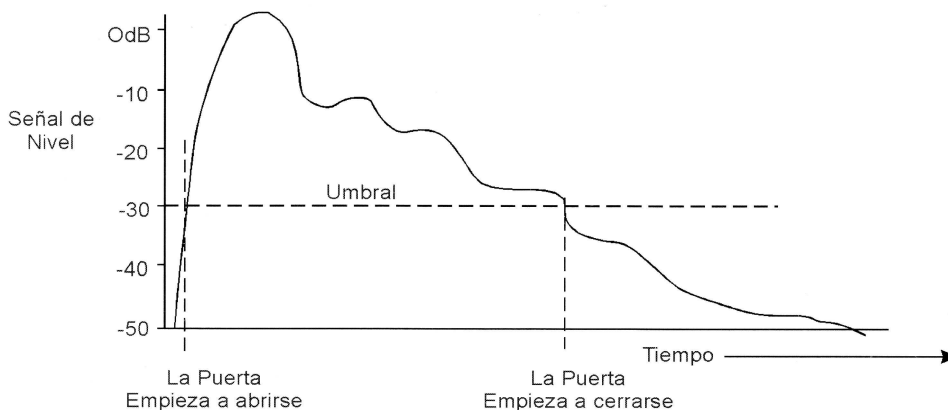
Los ruidos no deseados constituyen un problema en todo tipo de sistemas musicales, tanto en registros como en sonorizaciones en vivo.

Cuando un ruido se añade a la señal sonora que genera un instrumento, se hace muy difícil de eliminar con posterioridad. Durante los períodos en que el instrumento no suena, el micrófono puede captar diversas fuentes sonoras de poca intensidad, pero que sumadas cuando se efectúa la mezcla en la mesa, ensucian la claridad del mensaje musical. Esto sucede cuando tenemos varios micrófonos abiertos sobre un escenario y sólo un músico está tocando; todo tipo de ruidos -pisadas, palmas del público, etc.- entran por los micrófonos mientras no son usados, y se añaden a la señal del único micro que capta música.

Estos ruidos también se hacen evidentes durante las cortas pausas que pueda haber entre los compases de una pieza, y también cuando se está sonorizando una formación con componentes básicamente acústicos.

Para resolver estos problemas existen los procesadores denominados puertas de ruido (noise gates). Estos

Figura 17



procesadores disponen, como los compresores, de un umbral de actuación o threshold, pero que actúa de forma inversa a como lo hace con un compresor. El threshold en una puerta de ruido limita el nivel de una señal, y por debajo de este nivel no permite el paso de ningún sonido procedente del micro. Cuando la señal supera el nivel prefijado (threshold) los circuitos de la puerta de ruido se

abren para dejar vía libre a la señal audio. De esta forma los sonidos de baja intensidad que pueda captar el micrófono -y que suelen corresponder a fuentes externas- no llegan a la mesa de mezclas, mientras que el sonido del instrumento o voz que deba captar el micro sí que llega al sistema de amplificación.

En la figura 17 se muestra como actúa el control threshold sobre la señal musical. Cuando el nivel de ésta supera los -30 dB. la puerta de ruido se abre para dejar paso a la señal, pero cuando el nivel sonoro desciende por debajo de este valor la puerta se cierra, impidiendo el paso a sonido alguno.

Es muy importante saber determinar con precisión el umbral de actuación de una puerta de ruido, que esté justo encima de los sonidos parásitos o no deseados, pero que no sobrepase el nivel sonoro del instrumento a sonorizar, aún en los pasajes más tranquilos. Los instrumentos de percusión son los más sencillos de procesar, debido a su brevedad y a su caída rápida; mientras que los instrumentos que emitan notas muy sostenidas y con caídas muy lentas son los más difíciles.

Cuando se procesa a través de una puerta de ruido un sonido de naturaleza discontinua, en lo que se refiere a su intensidad, existe el peligro de que se produzca el llamado efecto de histéresis. En la figura 18a se muestra gráficamente como sucede: Durante un corto lapso de tiempo el nivel de la señal atraviesa repetidas veces el umbral de actuación de la puerta, y ésta se cierra y se abre alternativamente. Este efecto resulta musicalmente nefasto.

Figura 18a

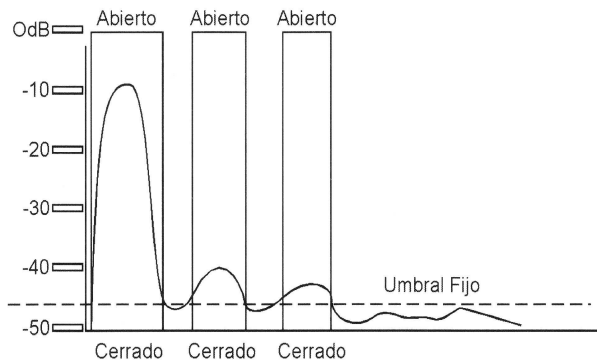
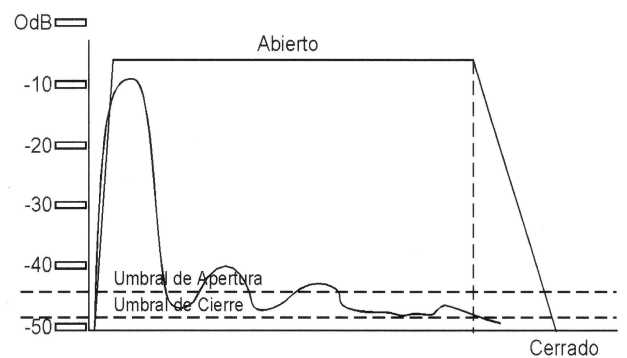


Figura 18b

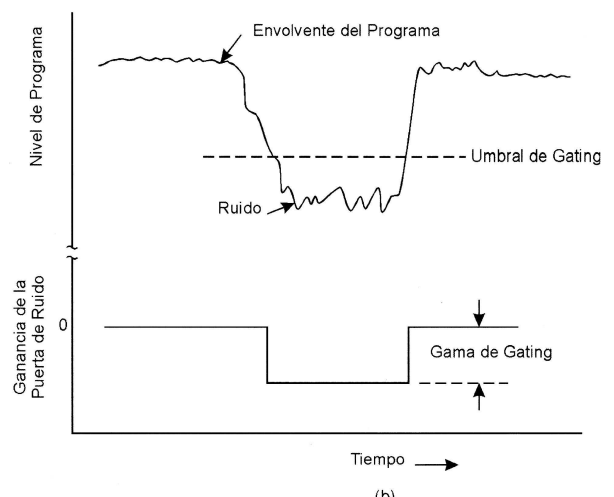
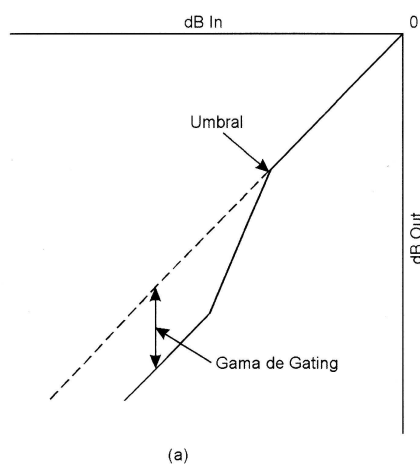


Para resolver este problema existen varios modelos de puertas de ruido que disponen de dos posiciones distintas de threshold, una para abrir la puerta cuando la señal supera el límite y otra (por debajo de la primera) que cierra la puerta cuando la señal desciende del punto prefijado. En la figura 18b se puede observar cómo trabajan estos procesadores con dos niveles de threshold.

Cada día que pasa es más frecuente encontrarse con puertas de ruido cuya forma de trabajar es inversa a la de los compresores, es decir que cuando la señal cae debajo del umbral efectúan una compresión de la misma, en lugar de anularla. Se trata de los circuitos expansores, o "expanders", que suelen estar contenidos en el mismo cuerpo de las puertas de ruido. El nivel de reducción que aplican los expansores puede ser escogido mediante un control de "ratio". Así por ejemplo con una relación de 1:3, cuando la señal audio cae por debajo del umbral de actuación, será atenuada de forma que por cada dB. de caída en la señal de entrada se obtiene un decrecimiento de 3 dB en la salida.

El sonido obtenido utilizando un expansor acostumbra a resultar más musical que el que se consigue al

Figura 19



utilizar el circuito simple de la puerta, ya que con esta función la reducción se efectúa sin afectar a los sonidos sostenidos. En la figura 19 se muestra un gráfico de cómo trabaja un circuito expansor.

APLICACIONES DE PUERTAS DE RUIDO Y EXPANSORES

De todos los procesadores de la señal audio, las puertas de ruido son las que se utilizan a menudo de una forma menos adecuada. Si el umbral no está bien situado o si el tiempo de caída es demasiado corto, el sonido pasa por la puerta que cierra y abre el camino a la señal de una forma inadecuada, provocando el mismo efecto que haría una conexión mal soldada.

La forma correcta para utilizar una puerta de ruido consiste en situar el threshold tan bajo como sea posible, y con el tiempo de ataque y recuperación puestos de manera que el sonido procesado no sea afectado de forma audible. Por lo general el tiempo de ataque debe ser lo más rápido posible, sin que cause "clicks" audibles; mientras que la recuperación depende del instrumento en concreto que se procese.

Trabajar en una puerta con expansor da un mayor margen en lo referente a la situación del umbral de trabajo, es decir, permite que el threshold no esté en el punto óptimo sin que la nitidez de la señal de salida se vea tan afectada. Esta es la principal diferencia práctica entre utilizar una puerta de ruido convencional o una puerta con unidad expansora.

Cuando se trabaja con varias entradas de señal, las puertas de ruido anulan temporalmente las señales de los micros mientras no son utilizados. Es como si el técnico de la mesa estuviera conectando y desconectando los botones "mute" de los canales, conforme los músicos terminan de tocar o comienzan a hacerlo.

Como utilizar una puerta para cada canal de la mesa es bastante caro, conviene escoger cuidadosamente cuáles son los que merecen ser procesados. Las puertas de ruido se aplican con mayor frecuencia a las voces, percusiones, guitarras eléctricas, y a algunos sintetizadores.

Voces. Para procesar las partes vocales se usan, habitualmente, tiempos de ataque cortos y tiempos de recuperación largos; si bien esto depende de la técnica que utilice cada cantante. Un tiempo de ataque que esté entre uno y diez milisegundos suele dar buen resultado. El tiempo de recuperación (release) largo reduce el riesgo de que la señal se corte cuando el cantante está terminando una frase.

Si se desea utilizar un compresor y una puerta de ruido para una voz, será preferible que la puerta se sitúe antes que el compresor, ya que de lo contrario la dinámica reducida que entrega el compresor a la puerta dificulta el poder encontrar un nivel de threshold correcto.

Percusiones. El uso de las puertas con los instrumentos de percusión es uno de los más corrientes. No sólo se utilizan para obtener una señal más limpia, sino también para modificar el tiempo de caída, acortándolo.

Los transitorios que forman el sonido de las percusiones requieren unos tiempos de ataque muy rápidos, mientras que el tiempo de recuperación debe ser calculado a ondas, según cada caso. En la práctica este tiempo es el mismo que para el "hold time", el período durante el cuál la puerta permanece abierta una vez que la señal ha caído por debajo del threshold.

Un problema muy común cuando se utiliza más de una puerta para los tambores de una misma batería, es que la puerta del goliat -por ejemplo- se abra cuando se golpea el timbal que hay al lado, debido a la proximidad que hay entre estos instrumentos. Para solventarlo se recurre a un micro de contacto pegado al cuerpo del tambor, y su señal se envía en paralelo hacia la entrada "external key" del procesador. Cuando el músico golpea el tambor oportuno, el micro de contacto envía la señal que abre la puerta, permitiendo que la señal musical proveniente del micrófono de ambiente la atraviese. Cuando el músico golpea otro tambor, aunque esté muy próximo al primero, el micro de contacto no lo registra; permaneciendo la puerta cerrada.

Guitarras eléctricas. Los ruidos parásitos son bastante comunes en las tomas de guitarra eléctrica, en especial con algunos modelos basados en cabezales (o pastillas) de bobina simple, debido a las interferencias de origen magnético presentes en un escenario. Otra posible fuente de ruidos son los pedales de efectos que pueda usar el guitarrista, que pueden crear un incremento notable de la señal, y en consecuencia de los ruidos que la acompañan.

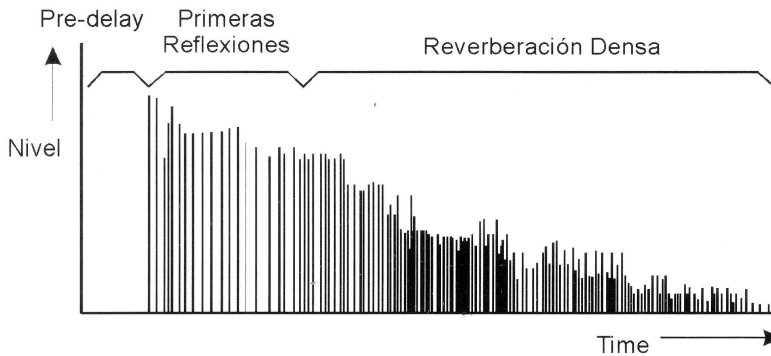
Es conveniente situar el umbral de actuación más bien alto, mientras que los tiempos de ataque y recuperación dependen del estilo con que se toque. El tiempo de ataque suele situarse más bien rápido, mientras que el de recuperación oscila entre los 30 ó 40 milisegundos (para un staccato) y medio segundo o más para los trozos suaves.

Teclados. En principio la mayoría de teclados electrónicos no precisan del auxilio de una puerta de ruido para sonar bien, no obstante algunos modelos de sintetizadores digitales producen unos ruidos que, al ser amplificados, se hacen evidentes. Para solventarlos es preferible usar puertas con expansor, y situar el nivel de threshold bastante bajo. El tiempo de ataque será lo más rápido posible, mientras no genere el "click" audible que aparece cuando la puerta se abre; el tiempo de caída también debe ser rápido, cuidando de que no corte los acordes debido a su actuación.

UNIDADES DE REVERBERACIÓN

En el capítulo dedicado a la Acústica se comenta en que consiste la reverberación sonora, y todos los parámetros que conviene tener en cuenta sobre este fenómeno natural. En la figura 20 se puede ver la representación de un golpe de percusión (la línea más gruesa) y de como después de unas primeras reflexiones -de alta intensidad pero poco abundantes- aparece el sonido reverberado, menos intenso pero más denso y duradero.

Figura 20



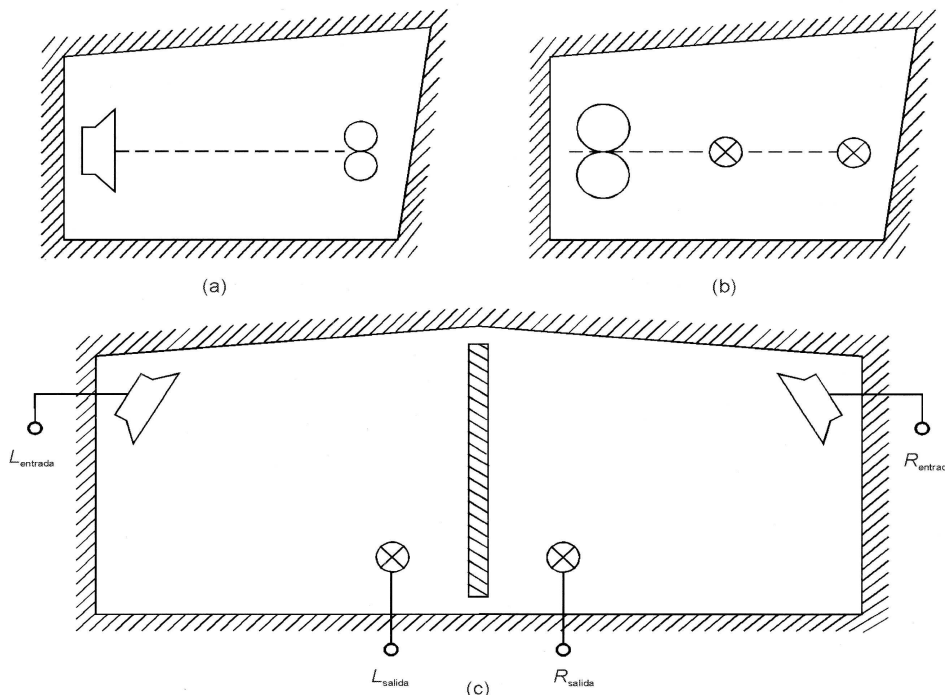
Sonido Percusivo Inicial

efecto. Actualmente las unidades de reverberación digital tienen un precio más asequible y unas prestaciones considerables, ya que permiten un control de todos los parámetros presentes en la reverberación, cosa que no era posible con los antiguos sistemas.

No obstante, según muchos técnicos perfeccionistas, el resultado de trabajar con sistemas que generan reverberación de una forma analógica es la obtención de un sonido más natural y real que si se hace con unidades digitales. En realidad se precisa recrear entre 1000 y 3000 ecos separados por fracciones de segundo para obtener la ilusión de una reverberación natural, y el espacio de tiempo entre estos ecos debe estar cuidadosamente escogido, ya que de lo contrario su audición denota poca naturalidad. Tan sólo el desarrollo impresionante que ha tenido la tecnología de los microprocesadores ha permitido que hoy

dispongamos, a un precio razonable, de unos procesadores muy útiles para la creatividad musical.

Figura 21



sino las múltiples reflexiones que se originen en el interior del recinto.

Durante mucho tiempo los especialistas han estado buscando los más diversos sistemas para provocar la reverberación de forma artificial, tanto en los estudios como en los escenarios. Al principio se trataba de obtener este efecto mediante habitaciones aisladas, sistemas de muelles y placas; todos ellos tenían en común que precisaban de un considerable espacio para su función, siendo imposible de obtener en los directos.

A mediados de los años 70 aparecieron las primeras unidades de reverberación digital, que a pesar de su elevado coste simplificaron el proceso de obtener este

SISTEMAS DE REVERBERACIÓN ANALÓGICA.

Las cámaras reverberadoras consisten en unos recintos cerrados que están contruidos con paredes altamente reflectantes. En su interior se colocan uno o varios altavoces en un lado, y uno o dos micrófonos en el lado opuesto.

La captación de los micros debe ser omnidireccional, ya que lo que se intenta no es captar el sonido directo que provenga del sistema de altavoces,

Figura 22

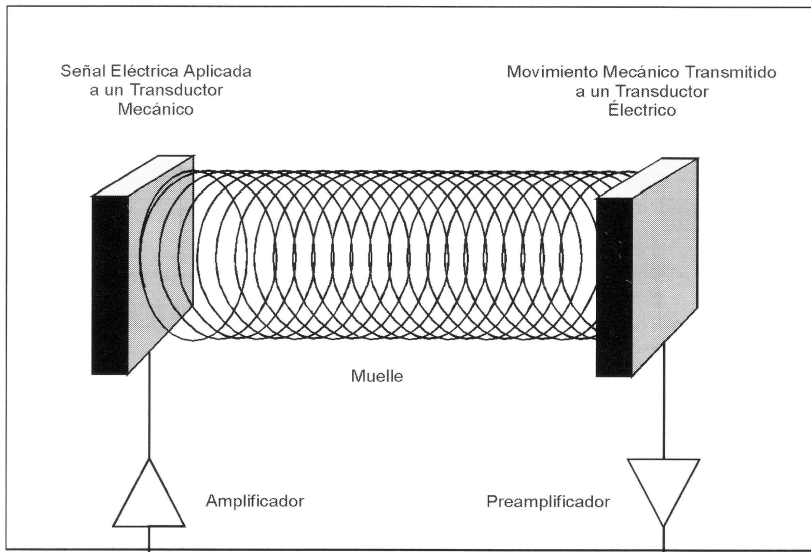
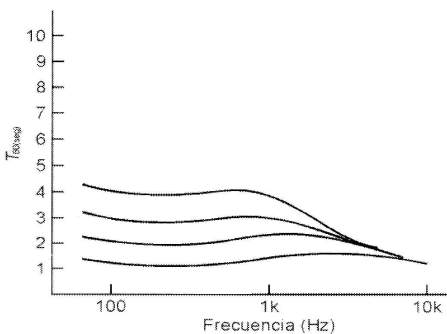
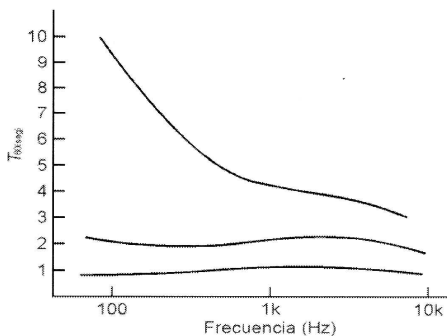
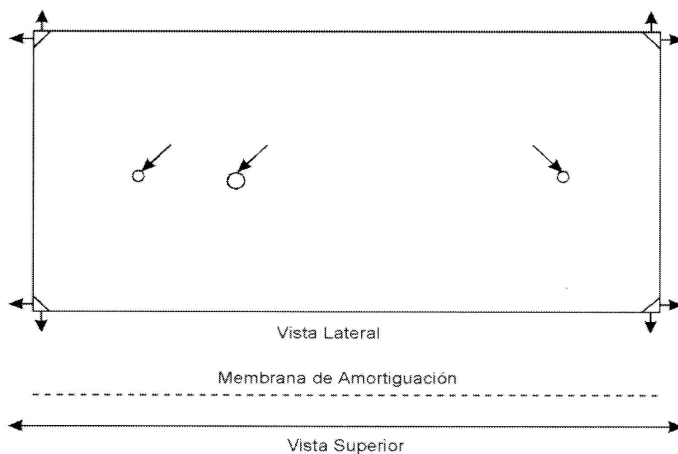


Figura 23



La señal a la que se quiere añadir reverberación es enviada desde la mesa a un amplificador, que está conectado con el sistema de altavoces; los micrófonos del interior de la cámara recogen el sonido con todas sus reflexiones, y lo envían de nuevo hacia las entradas de canal de la mesa, ya sea vía retornos de eco o vía retorno auxiliar. La mayoría de estas cámaras tienen un tiempo de reverberación fijo, y no es posible modificarlo; pero tienen a su favor la alta calidad del sonido que se obtiene.

En la figura 21 podemos observar tres muestras de este tipo de cámaras. En (a) se utiliza un micro con una captación en forma de 8, lo cual sirve para reducir el sonido directo que proviene del altavoz. En (b) se ha colocado un sistema de altavoces omnidireccionales y dos micrófonos a distinta distancia de éstos, con tal de aumentar las reflexiones captadas. Finalmente en (c) se trata de conseguir una imagen estéreo de la señal reverberada, para ello se coloca el tabique divisorio entre los dos conjuntos altavoz/micro. Cabe resaltar que, en todos los casos, la forma de estas cámaras no es regular, es decir que se construyen evitando la existencia de superficies totalmente paralelas, para impedir la formación de ondas con carácter estacionario.

Otro sistema para obtener reverberación de forma natural es mediante uno o varios muelles. (Figura 22) La señal amplificada llega al altavoz que está unido al muelle, y que suele ser de tipo piezoeléctrico; esta señal convertida en vibración va dando vueltas por todo el muelle hasta llegar al transductor microfónico de contacto que hay en el lado opuesto, y que es dirigida de nuevo hacia la mesa, vía retorno de eco.

Hay múltiples diseños de este tipo de muelles de reverberación, y según la tensión mecánica que se les aplique varía el tiempo de reverberación que se obtiene. Ofrecen un sonido razonablemente correcto a un precio asequible, hasta el punto que algunos fabricantes de combos para guitarras eléctricas lo incluyen dentro de sus modelos. Pero generalmente tienen una respuesta pobre a las altas frecuencias y a los sonidos transitorios, por lo que su uso en sistemas de sonido directo de alta calidad es poco común.

Las placas para reverberación se basan en el mismo principio de los muelles, o sea en la transmisión de las vibraciones sonoras por un medio sólido. Se trata de una placa metálica suspendida, sobre cuya superficie se sitúa el

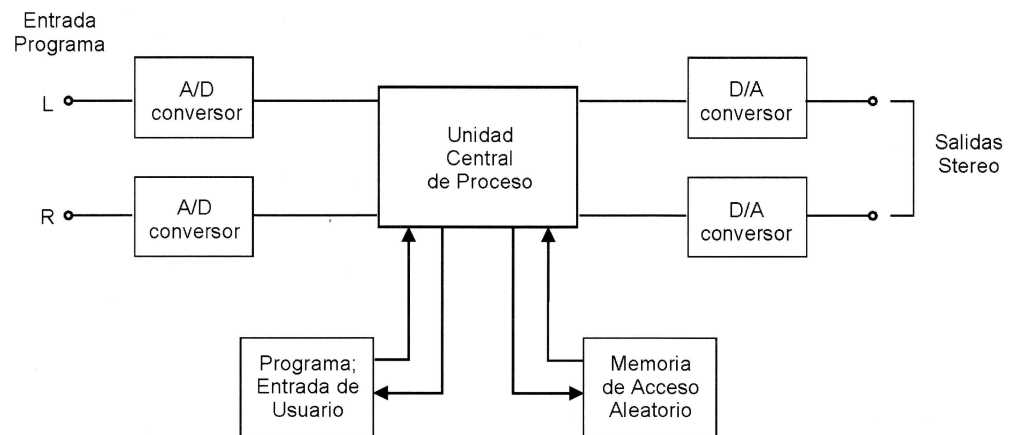
motor de un altavoz, que al ser activado transmite las vibraciones sonoras por toda la superficie de la placa. Dos micros piezoeléctricos son situados a distinta distancia del altavoz, y son los que se encargan de recoger las vibraciones de la placa y enviarlas hacia el canal de retorno de la mesa. En la figura 23 se puede ver un esquema de la placa EMT modelo 140, que fue muy utilizada durante los años 50 y 60, mide 1 x 2 metros y permite ajustar el tiempo de reverberación que se obtiene moviendo una membrana porosa más cerca o más lejos de la placa.

La calidad de la reverberación obtenida en la placa también puede ser alterada, variando la tensión de los muelles que la mantienen en suspensión. La calidad del sonido obtenido es superior al que se consigue con los muelles; y algunos fabricantes ofrecen modelos de dimensiones reducidas que permiten su transporte fácilmente, siendo además inmunes a las vibraciones externas.

UNIDADES DE REVERBERACIÓN DIGITAL.

El principio de funcionamiento de un sistema de reverberación digital está esquematizado en la figura 24. El primer paso estriba en la conversión de la señal analógica de audio (que no es más que una sucesión de múltiples voltajes) en una señal de tipo numérico (compuesta por larguísimas secuencias compuestas sólo de dos valores de voltaje). La transformación de la señal en dígitos, que sólo tienen dos valores, permite que ésta sea almacenada en una memoria RAM. Mediante los controles de acceso a esta memoria, que contiene el panel frontal de cualquier modelo de reverberador, es posible manipular los datos almacenados para lograr que se genere el tipo de reverberación que nos convenga. Un convertor de salida convertirá los impulsos digitales en una señal de audio convencional, que podrá mezclarse en la proporción deseada con la señal original.

Figura 24



La ventaja que tiene este sistema sobre la mayoría de métodos analógicos estriba en que la señal no sufre ninguna degradación, ya que los métodos analógicos suelen provocar una degradación proporcional al tiempo de caída con que se trabaje.

Los generadores digitales acostumbran a poseer una resolución en el convertor de entrada de 14 a 16 bits, aunque algunos modelos más sofisticados poseen entre 18 y 24 bits de resolución en su circuito interno. Los parámetros más importantes que pueden ser modificados en toda unidad de reverberación digital son los que siguen:

Programa. El usuario puede elegir un modelo específico de recinto, sala de concierto, cava de jazz, iglesia, etc. para que la unidad simule la reverberación que se obtiene en cada lugar.

Predelay. Este control permite escoger el tiempo que transcurre entre la señal original y las primeras reflexiones, para simular el lapso temporal que el sonido tardaría en ir y rebotar de las paredes más próximas al hipotético oyente. El tiempo más usual está alrededor de 100 milisegundos.

Reverberation time. Habitualmente se pueden escoger dos tiempos de caída para la reverberación, uno para las frecuencias bajas y otro para las frecuencias medias, siendo posible escoger la frecuencia de transición entre unas y otras. Ello permite simular unos espacios con distinto coeficiente de absorción.

Density. Este control permite escoger un mayor o menor número de reflexiones presentes en la señal generada. Algunos programas calculan este parámetro basándose en la dimensión del recinto escogido, e incrementan la densidad conforme aumenta el tamaño del mismo.

Direct/Reverb Mix. Normalmente la señal que contiene la reverberación ya generada se envía hacia la mesa, para ser mezclada con la señal original. Pero en algunos casos la señal limpia (dry) puede mezclarse con la señal procesada (reverberada) en el mismo aparato. Esta es la función de este control de mezcla.

Liveness. Las unidades que contienen este parámetro pueden regular el brillo de los rebotes obtenidos, simulando desde un recinto "muerto" (que es aquel repleto de materiales absorbentes a un recinto "vivo" (aquel que casi no contiene ningún elemento absorbente).

APLICACIONES DE LAS UNIDADES DE REVERBERACIÓN

Normalmente las unidades de reverberación se sitúan en la línea de envíos auxiliares o de envío de efectos de la mesa; la señal regresa a la mesa y allí es mezclada con la original. No obstante, en algunos casos, puede insertarse en la línea de *insert* del mismo canal, siempre que la unidad de reverberación tenga un control de mezcla (Direct/Reverb Mix) que nos permita efectuar el balance entre la señal limpia y la procesada.

La reverberación puede ser aplicada a cualquier sonido musical, aunque se utiliza con preferencia en las percusiones y en las voces. Lo más importante, en cualquier caso, es saber escoger correctamente los niveles de actuación del procesador en cada caso.

Es educativo prestar atención a la reverberación que se utiliza, en diversos instrumentos, para las producciones discográficas de música pop, y así constatar auditivamente los matices diversos que se pueden extraer de un instrumento con la sabia utilización de este efecto. Un ejemplo muy preciso sería la reverberación que aplica Phil Collins para su batería, complementada en este caso por una puerta de ruido colocada en serie.

Para realzar la profundidad de muchas grabaciones estereofónicas, se puede enviar una pequeña muestra del sonido que sale por el canal izquierdo hacia el derecho, y viceversa. Sobre estas muestras se aplica un cierto grado de reverberación que realza la imagen estéreo de la grabación. Esta práctica es bastante usual, y el secreto para lograr una mayor densidad acústica sin perjudicar la claridad musical es saber escoger el tiempo de reverberación (más bien corto), los instrumentos a los que se aplica (mejor que no sean muchos), y la intensidad de los envíos (que debe estar unos 20 decibelios por debajo de la señal principal).

Percusiones. No suele ser oportuno aplicar reverberación a todos los elementos que componen una batería, ya que se pierde parte del contraste que debe haber entre los elementos que la componen. Cuando se quiera aplicar este efecto de forma general sobre varios elementos de una batería, es conveniente que le preceda una puerta de ruido, y así preservar claramente el sonido propio de cada tambor.

Es bastante usual aplicar cierto grado de reverberación al bombo de pie, si se desea aumentar su presencia en la mezcla.

Los platillos no suelen necesitar de este efecto, no obstante puede ser que en algún caso convenga alargar su caída natural. En este caso se puede aplicar una reverberación sobre las altas frecuencias, donde predominen las primeras reflexiones (early reflections).

En los tambores el efecto que se vaya a usar depende del tipo de producción musical que se realice. Si se desea ensalzar el sonido de estos tambores puede aplicarse una reverberación entre 1'5 y 2 segundos; si tan sólo se pretende darles un poco más de cuerpo, es suficiente con un tiempo entre 0'5 y 1 segundo. Es positivo realzar la densidad de la reverberación y reducir la intensidad de las primeras reflexiones.

Guitarras. Aplicar la reverberación sobre las guitarras eléctricas no es un asunto sencillo, ya que puede enturbiar la audición cuando el guitarrista está realizando un fraseo rápido. En cualquier caso es preciso ensayar y probar, hasta encontrar el tiempo de caída más conveniente para cada caso. También puede ser interesante hacer pruebas hasta hallar un retardo entre el acorde y la reverberación que realce el sonido obtenido, sin ensuciarlo.

Para las guitarras acústicas está indicada una reverberación sobre las frecuencias medias y agudas, con un tiempo entre 0'6 y 1'5 segundos. En todos los casos hay que ser muy prudente, y procurar que el sonido original de la guitarra acústica esté varios dBs. por encima del sonido procesado por la unidad de reverberación.

En muchos directos se usa este efecto para aumentar el cuerpo de la guitarra, enviando la reverberación normal hacia un lado de las cajas, y reverberación inversa hacia el otro con similar intensidad en ambos envíos.

Voces. Para enriquecer la musicalidad de las partes vocales, se acostumbra a potenciar las primeras reflexiones, mientras que la densidades más bien reducida. Cuando lo más importante sea el entendimiento de las palabras, será preciso que el tiempo de reverberación sea corto. Mediante este procesador se han creado multitud de efectos especiales para las voces, con resultados desiguales: En algunos casos resultan fascinantes, mientras que en otros suenan pretenciosos. Siempre conviene tener una idea muy clara de lo que se quiere obtener, y no ir probando al azar hasta encontrar una reverberación "espectacular". Hay que tener cuidado con el nivel de énfasis que se aplique a las frecuencias altas, ya que un nivel excesivo provocará una silibáncia (refuerzo exagerado de las eses) siempre molesta.

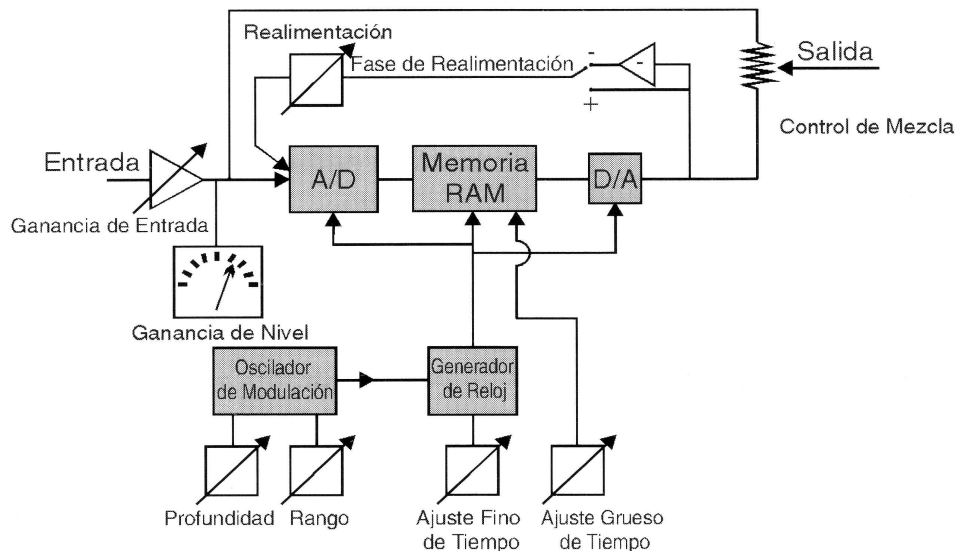
UNIDADES DE RETARDO.

Las unidades de retardo almacenan las señales audio en un sistema de memoria, que puede ser digital o analógico, y las transfieren a la salida cuando ha pasado el tiempo indicado.

Actualmente los retardos con tecnología digital han arrinconado, en la práctica, a los de tipo analógico; a pesar de que algunos músicos expresen su preferencia por estos últimos, ya que el sonido que entregan es más cálido y con más cuerpo. De hecho el inevitable ruido interno que generan las unidades analógicas, junto con el ventajoso precio que tienen las de tipo digital, han motivado esta preferencia general hacia estas últimas.

Otra ventaja añadida que ofrecen los aparatos de tecnología digital, es que en la misma unidad de retardo suelen integrarse otros efectos: vibrato, flanger, chorus, etc.

Figura 25



En la figura 25 se muestra el diagrama en bloques de un sistema de retardo (delay) digital. La señal de entrada pasa a través de un control de ganancia, para luego ser convertida en impulsos digitales; estos impulsos se almacenan en la unidad de memoria (RAM memory). Todas estas funciones están controladas por unos impulsos de frecuencia generados por un reloj/patrón (clock generator) que las sincroniza. Mediante los controles delanteros del aparato se puede acceder al material almacenado, para enviarlo hacia la salida del mismo después del retardo temporal que nos interese.

El circuito de realimentación (feedback) envía una parte de la señal de salida otra vez hacia la línea de entrada; de esta forma la unidad podrá generar efectos de eco perfectamente controlables.

Los retardos digitales son unas unidades muy flexibles, ya que permiten la creación de múltiples efectos añadiendo el sonido retardado al original, pero además pueden generar otros efectos -como el vibrato- que sólo precisa retardar parte de la señal audio. La gama de frecuencias de un retardo con cierta calidad debe llegar a los 16 kHz.; pero para poder generar diversos efectos, como ecos, coros, phasing, etc., es suficiente que la banda pasante llegue hasta los 12 kHz.

De igual forma interesa que la densidad de la señal sea elevada, para que contenga una elevada información de todo el espectro musical. Así las unidades con una capacidad de 16 o de 18 bit son preferibles a las que trabajan con 8, 12 o 14 bit.

Los generadores de retardo y ecos se utilizan tanto para procesar voces como para diversos instrumentos. Dependiendo del tiempo de retardo con que se trabaje, y de la intensidad de las repeticiones, se utiliza para remarcar ciertas frases del cantante, añadiendo un eco cuando éstas finalizan. Es muy usual emplear una, dos o tres repeticiones de eco cuando se desea enfatizar un ritmo en concreto; es estos casos conviene un control muy preciso del tiempo de retardo y del canal adonde se envía el efecto, para que el sonido obtenido tenga un tempo regular y suene natural. En todos los casos hay que vigilar para que el inicio y el final de la actuación del retardo coincidan con los pasajes musicales deseados; el botón de envío de un canal auxiliar puede servirnos de conmutador para ello.

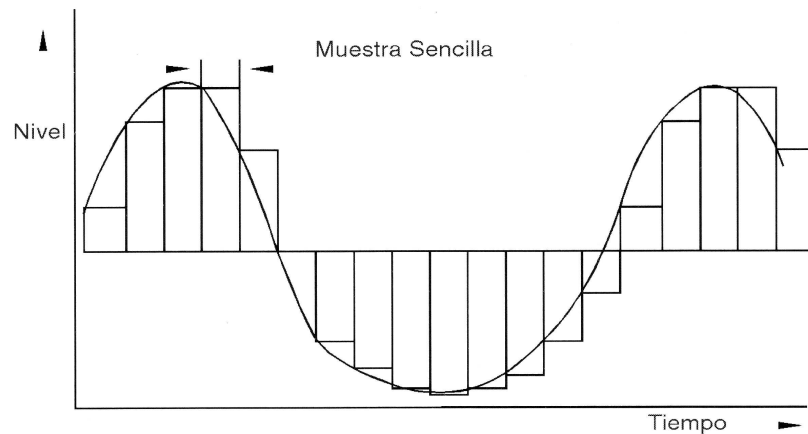
EFFECTOS DIGITALES

El poder convertir una señal de voltaje senoidal (señal de audio) en una suma de impulsos con sólo dos valores (señal digital) ha permitido desarrollar diversos tipos de efectos aplicables al programa musical; si bien la mayor parte de ellos no existen en la Naturaleza -son totalmente artificiales-. Por este motivo hay que ser prudente cuando se utilicen, ya que al no proceder de una experiencia musical normal, pueden sonar demasiado extraños a nuestros oídos, si exageramos en su aplicación práctica.

El proceso de medida y cuantificación de una porción de la señal analógica es conocido con el nombre de 'muestreo' o 'muestreo', que significa sacar muestras de algo. En la figura nº 26 se ve lo que ocurre con una

porción de señal de audio cuando ha sido *sampleada*: se ha recortado en porciones y cada porción ha sido medida. Cuanto mayor sea la capacidad de un conversor A/D en lo referente al número de porciones en que se "samplea" la señal de audio, mayor es la semejanza de la señal digitalizada con la original. Esta capacidad se mide por el número de bits con que trabaja el conversor A/D; cuanto mayor sea éste mejor resolución ofrecerá el sistema.

Figura 26



Otro dato que hay que tener en cuenta es la velocidad con que se cuantifica la señal de audio, ya que de ello depende el límite de frecuencias agudas que puede retener la memoria. Así, si se desea poder operar con armónicos que lleguen hasta los 11 kHz, será necesario que el procesador tenga una velocidad de muestreo dos veces y media superior a este valor (alrededor de 30 kHz.). En general, cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo mayor será el límite de las altas frecuencias con que opere un sistema; y cuanto mayor sea el número de bits de que dispongan los conversores A/D y D/A, mayor será la extensión dinámica del procesador.

Coros. Este efecto se aplica con cierta frecuencia a las guitarras, bajos eléctricos y teclados. Para obtenerlo se aplica un retardo de algunas décimas de milisegundo sobre el que se opera con una pequeña modulación alrededor de 3 kHz. Para obtener los mejores resultados, el sonido directo y el retardado deben estar mezclados en una proporción parecida. El nombre de este efecto proviene de la impresión que crea, y que consiste en dos o más instrumentos o voces sonando a la vez.

Funciona correctamente si se trabaja con una sola línea (mono), pero se obtiene un resultado mucho más espectacular cuando se envía el instrumento sin procesar (dry) por un canal, y el procesado por el otro.

ADT. Este efecto está basado en la creación artificial de un canal duplicado del original. Para ello se toma un retardo con un valor de unos 100 ms, y sobre éste se introduce una pequeña variación sobre su onda senoidal; cuando se añade el nuevo canal al original da la impresión de que se trata de dos instrumentos o voces parecidas sonando al mismo tiempo. Se trata de un efecto muy parecido, pues, al de coros; y como aquel es preciso controlar bien el balance entre el sonido procesado y el no procesado, si deseamos obtener un resultado natural.

Vibrato. Se trata del mismo efecto obtenido con los coros, pero sin añadir el canal del sonido sin procesar. Al no incluir la señal original el tiempo de retardo debe ser más corto, tiempos inferiores a los 10 milisegundos son apropiados. Este efecto debe ser utilizado con mucha discreción, si no se quiere producir un sonido muy artificial.

Flanging. Originalmente este efecto se conseguía mediante el uso de dos magnetofones que tenían grabado el mismo programa musical. Los dos aparatos eran puestos en marcha sincrónicamente, pero alternativamente se reducía la velocidad de arrastre en uno y otro aparato. Esto provocaba una interacción entre las dos señales de audio, que en algunos pasajes se reforzaba mientras en otros se cancelaba, dando lugar a un sonido muy peculiar.

Este efecto puede ser utilizado con la voz o con diversos instrumentos, pero por su especial naturaleza no es apropiado para ser usado en todos los estilos musicales. En ocasiones, utilizar la salida combinada del flanger y la señal original, y añadirle una pequeña reverberación, puede suponer una alternativa correcta.

Cuando se utiliza este efecto hay que tener presente que cuanto mayor es la realimentación (feedback) que se aplica, más notorio y agresivo resulta el efecto.

Phasing. Se trata, básicamente, de un circuito con dos entradas simultáneas de señal, una de las cuales permanece inalterada; mientras otra sufre una modificación en su fase. El efecto "phaser" resulta cuando, a la salida del circuito, las dos señales se unen, resultando una señal que contiene diversas cancelaciones de fase.

Variando el balance entre el sonido directo y el procesado se modifica el resultado del efecto. En algunos casos es posible invertir la polaridad de una o de las dos señales; produciendo un efecto más pronunciado. El phasing se utiliza con frecuencia para las tomas de guitarras, teclados y platos de la batería, utilizando desfases muy diversos, y que pueden ir desde valores casi imperceptibles hasta valores elevados, que provocan pulsaciones de la señal y cancelaciones notables.

Modificadores del tono. Muchos de los efectos citados imitan sonidos que pueden existir de forma natural, como por ejemplo el eco y los coros. Pero un modificador del tono (Pitch shifter) genera varios efectos que no existen en acústica real.

Figura 27

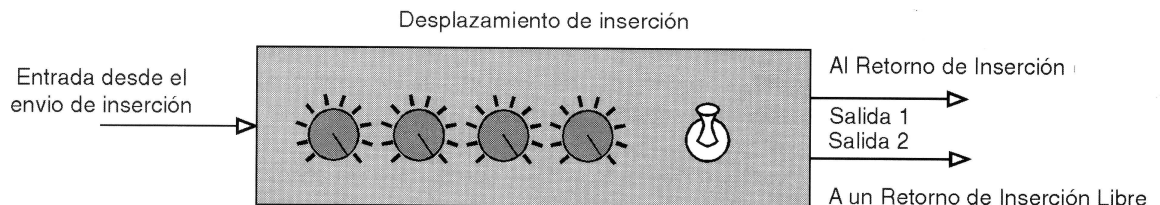


Los primeros modelos de modificadores tonales fueron producidos por la firma Eventide, bajo el nombre comercial de "Armonizadores" (Fig. 27), por este motivo estos procesadores son conocidos, también, con el nombre genérico de armonizadores.

Estos aparatos trabajan con la señal audio original, y modifican los armónicos de ésta aumentando o disminuyendo su valor. Esta variación puede oscilar entre 1/100 de octava hasta una octava entera o más. Con el manejo del modificador tonal se pueden conseguir unos armónicos consonantes con el armónico principal o totalmente disonantes, todo depende de la situación del control que modifica el valor de éstos.

El "armonizador" debe conectarse de la misma manera que un retardo, utilizando uno de los envíos auxiliares de la mesa y retornando la señal (o señales) por los retornos de auxiliar. También puede utilizarse un único canal, usando las conexiones "insert" del mismo y efectuando el balance entre el sonido original y el procesado desde el mismo armonizador. (Fig. 28).

Figura 28



Las aplicaciones prácticas de estos procesadores son múltiples, y sólo tras un tiempo de practicar con ellos es posible valorar sus posibilidades reales. Generan una cantidad de efectos impresionante, con una calidad muy elevada; pero la posibilidad de obtener armonías paralelas a la original es su cualidad más apreciada.

Si se añaden armónicos una o dos octavas por debajo del valor original, el sonido resultante toma mayor cuerpo y densidad. Si se utiliza con una guitarra eléctrica, la adición de octavas de frecuencias más bajas crea la ilusión de un bajo eléctrico que está tocando al tiempo con la guitarra. Si esta adición se efectúa con los armónicos de una octava más alta, el resultado suena como una guitarra eléctrica de 12 cuerdas.

Los modificadores tonales son cada día más utilizados en el procesado de los instrumentos de percusión. Debido al especial carácter del sonido percusivo, no hay un valor fijo indicado para el control de cambio tonal,

y el técnico debe confiar en su oído y en su habilidad para encontrar los valores adecuados en cada caso. En cualquier caso la adición de un pequeño retardo a la señal del armonizador produce un sonido grueso y contundente, que está indicado para realzar los tambores o el bombo de pie.

MONTAJE PRÁCTICO DE UN DIRECTO

Lo primero que debemos disponer al montar cualquier concierto, es con un lugar donde sea posible emplazar el escenario. Es muy frecuente escoger un recinto poco céntrico, adonde difícilmente se pueda llegar usando el transporte público, y que además presente dificultades a los que quieran aparcar la moto o el automóvil. Es esencial que el público, cuando quiera ir al bar, tenga que realizar un largo recorrido: el ejercicio siempre sienta bien. El servicio de bar debe ser caro, y el surtido de bebidas que se expende no tiene que ser muy amplio, con refrescos de cola y cervezas es más que suficiente. Ofrecer un surtido más variado o unos precios más ajustados sentaría un precedente nefasto para los conciertos venideros. También es conveniente que se organicen largas colas para ir a los lavabos (en especial el de señoras), ya que ésta es la costumbre. O sea que nada de disponer de varios servicios repartidos por todo el recinto, adonde la gente pueda llegar con facilidad: Esto no se lleva.

Si hubiera un servicio de guardarropía, tendría que ser bastante caro, ya que como se trata de un lujo deberá pagarse.

Las funciones de control de entradas y seguridad serán encargadas al personal más calificado: individuos de educación ruda y de modales duros, que sepan cachear y que con un grito pongan en su sitio al espectador rebelde que estornude sin permiso.

En cuanto a la visibilidad del evento, deberá ser estudiada a conciencia, para lograr que cuando el local esté bastante lleno parte de la audiencia tenga serias dificultades para ver lo que pasa en el escenario. Esto agudiza el ingenio del público, que se pasará gran parte del espectáculo intentando vislumbrar a los músicos, entre un mar de cabezas.

Todos estos son los detalles que indican al espectador que se encuentra en un auténtico concierto de rock, ya que en ningún otro tipo de espectáculo se recibe este trato tan moderno y peculiar.

- MONTAJE PRÁCTICO DE UN DIRECTO-

ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE POTENCIA.

Cuando se habla de sistemas de potencia nos referimos siempre a los equipos de amplificación sonora preparados para cubrir una amplia audiencia. Estos sistemas pueden estar diseñados para la amplificación de la palabra o para la amplificación musical.

La principal cualidad que debe tener un sistema de potencia destinado a transmitir la palabra es la inteligibilidad del mensaje, dicho de otra forma que se entienda claramente lo que dice el que habla. La claridad del sonido que entrega un sistema de este tipo debe ser suficiente para que, desde cualquier lugar de la audiencia, se entienda perfectamente lo que dice un orador.

Estos sistemas no requieren tanta potencia de amplificación como los destinados a la amplificación musical. Como referencia de potencia base necesaria, se puede fijar entre 30 y 40 watos para un local cerrado que mida 100 metros cuadrados; la absorción del recinto determinará la amplificación que haga falta para que toda la audiencia escuche claramente el mensaje oral.

Otra característica propia de los sistemas de potencia para la palabra es la distribución espacial de los altavoces. En lugar de contar con dos fuentes de sonido de alta potencia -las columnas de altavoces a ambos lados del escenario- estos sistemas funcionan mejor distribuyendo por todo el recinto varios altavoces de poca potencia. El sitio idóneo para colocar los altavoces es el techo, siempre que no tenga una altura excesiva, ya que en este caso los altavoces tendrán que situarse delante y alrededor del público.

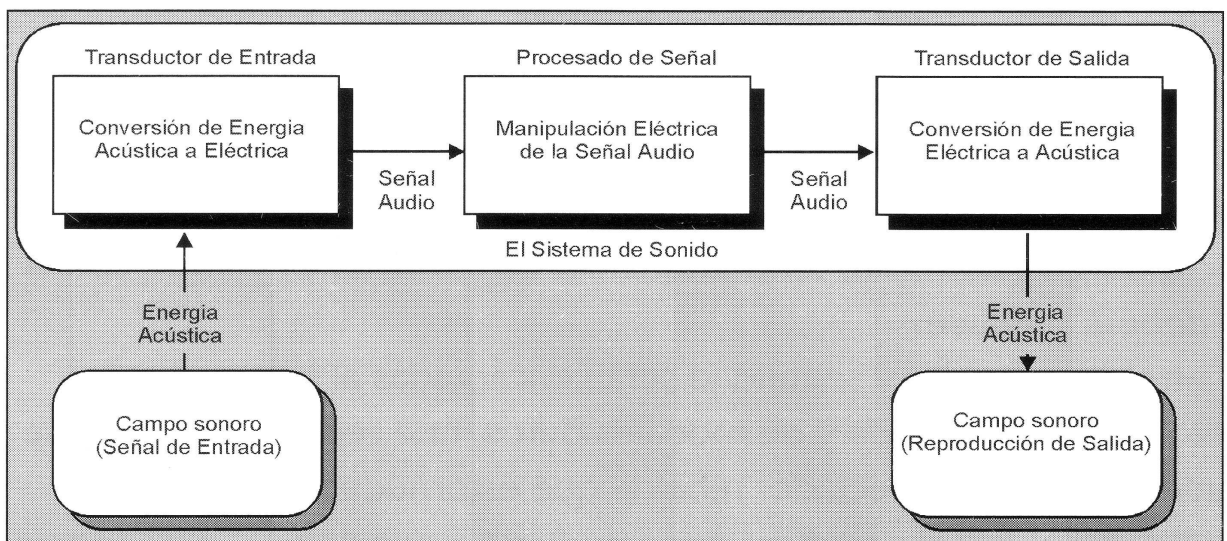
El montaje de estos sistemas no presenta complicaciones excesivas, y se componen de uno o varios micrófonos, un mezclador, la etapa de potencia y los altavoces. En algunos casos puede ser conveniente utilizar un compresor o una puerta de ruido, para mejorar la inteligibilidad de la palabra. Los micros utilizados son cardioides; la gama de frecuencias que el sistema debe reproducir está situada entre los 100 Hz. y los 10 kHz., ya que las frecuencias más allá de estos valores intervienen muy poco en la palabra hablada.

Los sistemas de potencia destinados a la amplificación musical tienen otro tratamiento distinto, y la tecnología del sonido en directo avanza continuamente para satisfacer los deseos de los artistas y del público, siendo su objetivo lograr una calidad en el sonido directo comparable a la que se obtiene en las grabaciones de estudio.

Un sistema de potencia musical contiene dos subsistemas separados. pero relacionados entre si: El sistema de amplificación principal, que envía el sonido hacia el público; y el sistema de monitores, destinado a cubrir las necesidades de los músicos sobre el escenario.

En los conciertos efectuados en recintos pequeños, estos dos sistemas suelen controlarse desde una sola mesa de mezclas, ya que las necesidades de monitorización son más reducidas. Pero cuando un concierto se efectúa en un recinto de grandes dimensiones o al aire libre, es conveniente contar con los dos sistemas por separado, y con dos operadores de mesa que controlen con precisión su parcela.

Figura 1



En la figura 1 se puede ver la concepción simplificada de cómo opera un sistema de amplificación sonora, sea cual sea su función específica. El grupo de entradas contiene todos aquellos elementos que convierten

la energía acústica en energía eléctrica; el grupo de procesado de la señal es el corazón de todo el sistema, en él se realizan las mezclas de las diversas entradas y se procesa la señal audio; y el grupo de salidas amplifica la señal eléctrica para convertirla en energía acústica, las etapas de potencia y los altavoces forman este último grupo.

NIVELES DE LOS CIRCUITOS

En cualquier sistema de sonido, nos hallamos con tres distintos niveles operacionales de la señal audio. Es indispensable no confundir unos con otros al efectuar el conexionado, por esto no será una mala idea colocar algún tipo de distinción que permita distinguir unos de otros; como por ejemplo diferentes colores en los cables o marcas en los conectores.

-Nivel de microfonía. En estos circuitos se incluyen las salidas de los micrófonos o de las pastillas de las guitarras eléctricas. Los valores en este nivel son muy bajos, y precisan ser amplificados en voltaje antes de efectuar cualquier otra operación. Los valores de un circuito en este nivel van de -80 dBm a -20 dBm.

-Nivel de línea. Este nivel incluye las salidas de los teclados electrónicos, las salidas de la mesa de mezclas, y también la mayoría de entradas y salidas de los procesadores de señal audio (compresores, multiefectos, etc). Es el nivel dentro del cual se efectúan la mayor parte de operaciones con la señal audio, y se extiende desde los -20 dBm a los +30 dBm.

-Nivel de carga. Se trata de circuitos en los que circula la señal ya amplificada en potencia por las etapas, y cuya única misión es llegar a los altavoces. Los valores a este nivel están siempre por encima de los +30 dBm.

En un circuito de microfonía circula una señal con un voltaje muy reducido, susceptible de sufrir interferencias de diversos orígenes. Por ello es preceptivo trabajar con cables balanceados que eviten estos problemas.

Es conveniente, también, que los cables que transportan distintos niveles no transcurran en paralelo, con el fin de evitar posibles interferencias entre unos y otros.

SISTEMAS DE POTENCIA PARA LA AMPLIFICACIÓN MUSICAL

Para clarificar como funcionan estos sistemas, y analizar la aplicación práctica de cada elemento, puede ser ilustrativo seguir la constitución típica de un sistema de potencia como el esquematizado en la figura 2.

El grupo de entradas está compuesto por los micrófonos de voces y de la batería, y por las señales directas prominentes de las guitarras, el bajo eléctrico y los teclados. El rack de efectos del guitarra solista también forma parte del grupo de entradas, ya que este rack conforma el sonido del instrumento antes de ser enviado hacia la mesa de mezclas. El mezclador que puede utilizar el teclista también está incluido en este grupo, aunque su función es complementaria con la mesa de mezclas central.

Todas las señales se dirigen hacia la mesa a través de cables independientes o, como es más frecuente, por una manguera multifilar. Las salidas auxiliares de la mesa se disponen para enviar las señales que deban ser procesadas hacia el rack dispuesto al efecto, que regresan a la mesa por los retornos de auxiliar. La señal que irá a monitores y la que se dirigirá hacia los dos grupos de altavoces principales es enviada desde una única mesa.

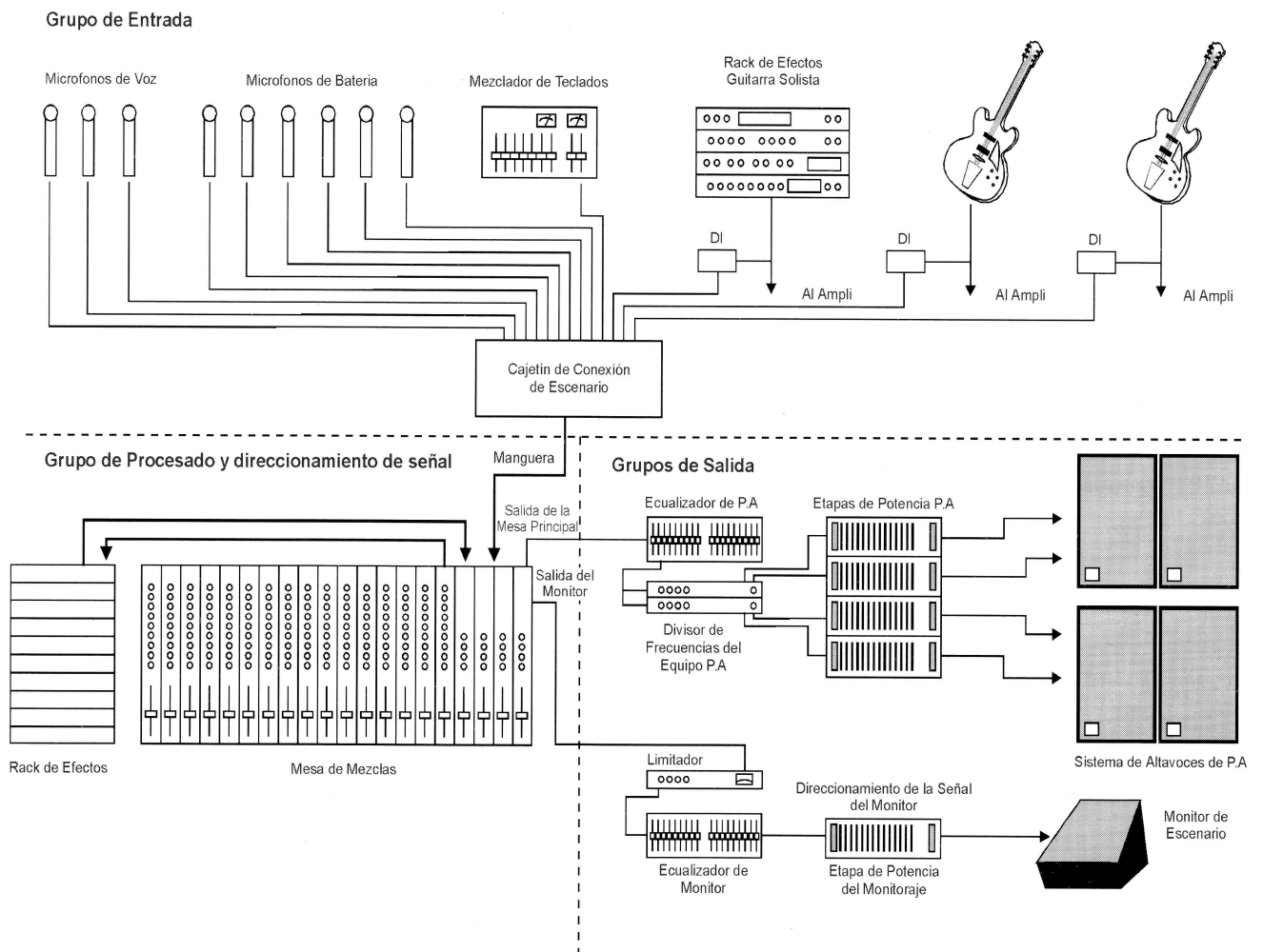
El grupo de salida principal contiene un ecualizador gráfico seguido de un sistema de divisores de frecuencias. Cada grupo de frecuencias se envía hacia una o más etapas que amplifican en potencia la señal, que finalmente es convertida en vibraciones sonoras por medio de los altavoces respectivos.

Las señales que se envían hacia los monitores de escenario se toman desde los envíos a monitor que pueda tener la mesa, o desde las salidas auxiliares pre-fader. Los envíos pre-fader son los más adecuados ya que permiten el control separado de la señal que se dirige hacia los monitores (Por medio del potenciómetro de envío hacia el grupo auxiliar), y hacia el sistema principal (Por medio del fader del canal). Cada señal de monitor es amplificada por una etapa distinta que alimenta uno o dos altavoces; previamente se puede insertar en la línea algún procesador (limitador, puerta de ruido o compresor) y un ecualizador.

En las figuras 3 y 4 se puede ver el esquema de un sistema de potencia para directos de grandes dimensiones. Todas las señales del grupo de entradas son dirigidas hacia la caja de conectores, donde se dividen en dos: Unas se envían hacia la mesa de monitores y otras hacia la mesa principal. El reproductor de discos compactos y el de cassettes también forman parte del grupo de entradas, aunque habitualmente se colocan al lado de la mesa principal, y se utilizan para los fondos musicales antes y después del concierto. Todas las señales llegan hasta la mesa principal (Fig. 3 B) donde pueden ser procesadas mediante los racks que se sitúan a su lado. La mezcla final se envía por la salida "master" hacia los ecualizadores gráficos, cada uno de los cuales sirve para modelar la señal que se dirige hacia cada grupo de salida.

En las figuras 3 y 4 se puede ver el esquema de un sistema de potencia para directos de grandes dimensiones. Todas las señales del grupo de entradas son dirigidas hacia la caja de conectores, donde se dividen en dos: Unas se envían hacia la mesa de monitores y otras hacia la mesa principal. El reproductor de

Figura 2



discos compactos y el de cassettes también forman parte del grupo de entradas, aunque habitualmente se colocan al lado de la mesa principal, y se utilizan para los fondos musicales antes y después del concierto. Todas las señales llegan hasta la mesa principal (Fig. 3 B) donde pueden ser procesadas mediante los racks que se sitúan a su lado. La mezcla final se envía por la salida "master" hacia los ecualizadores gráficos, cada uno de los cuales sirve para modelar la señal que se dirige hacia cada grupo de salida.

Figura 3a

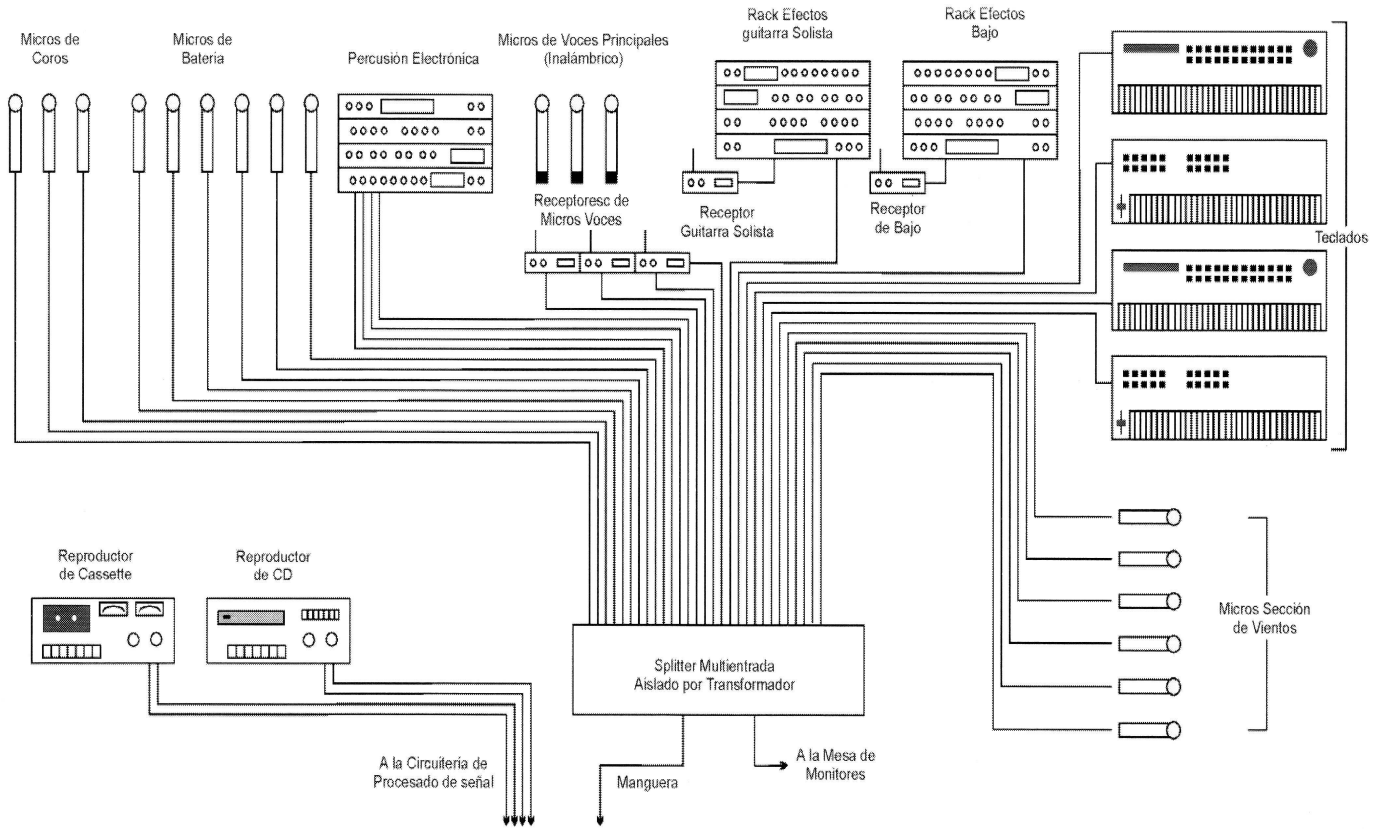
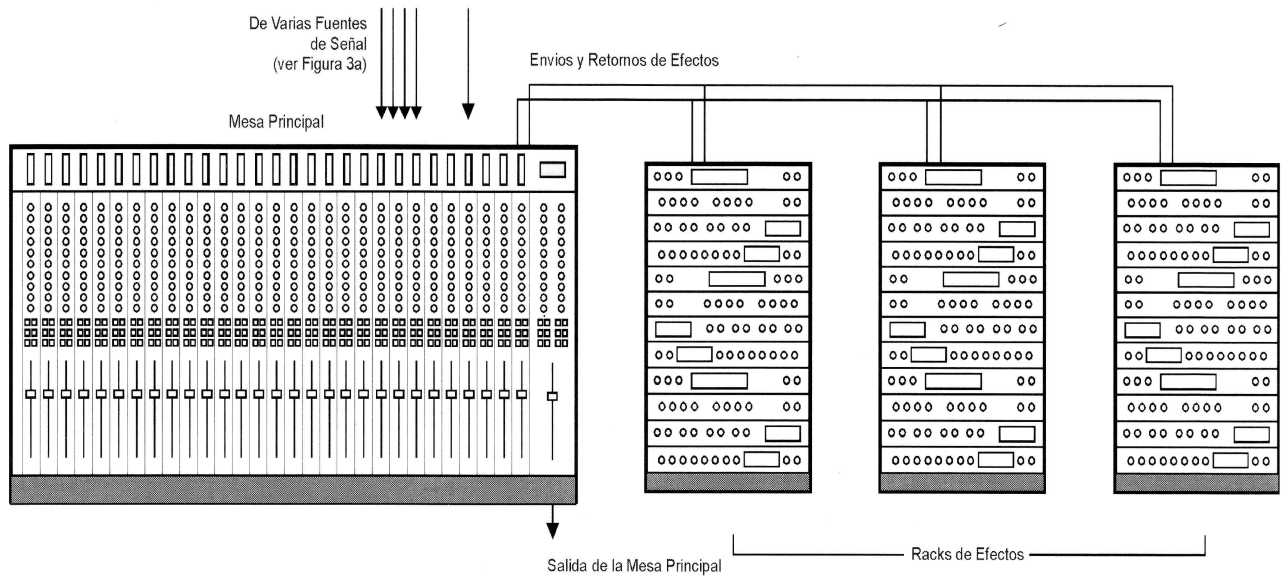


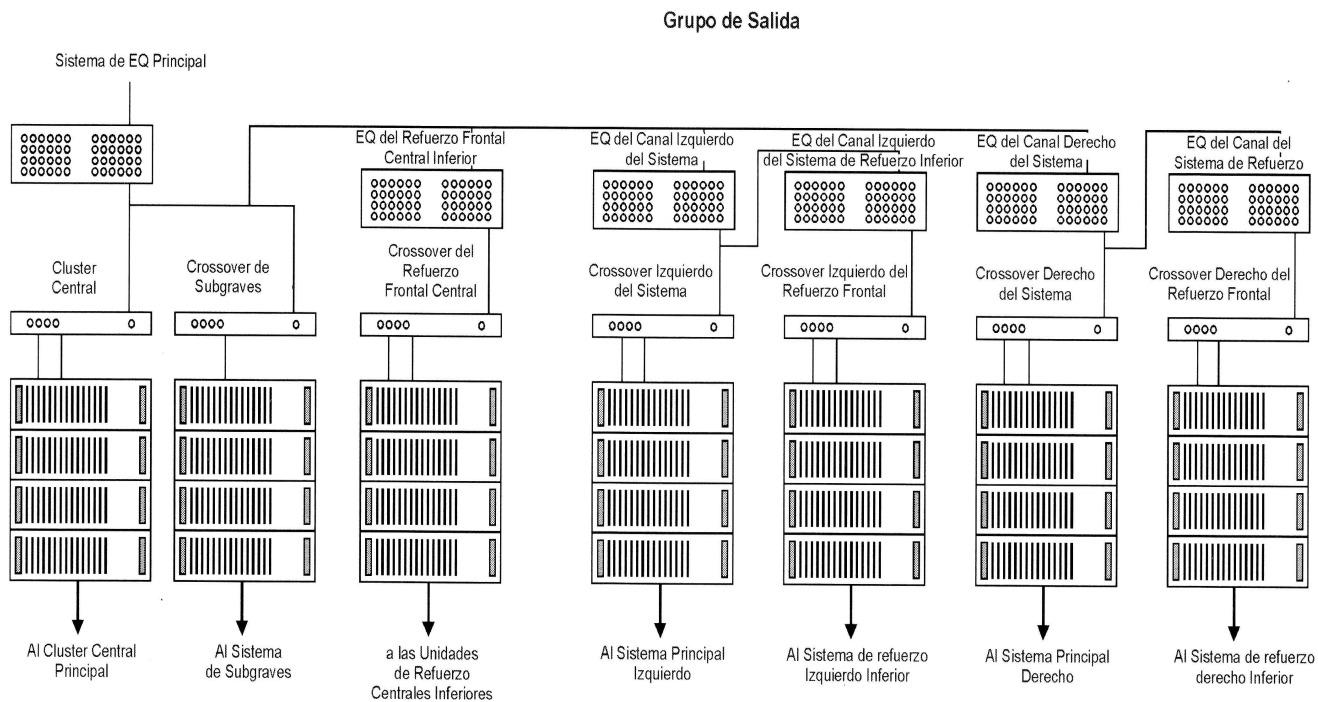
Figura 3b

Señal de Procesado y Direccionamiento de Señal



En la figura 4 A se ha supuesto que el sistema de salida debe alimentar siete grupos de altavoces, tres grupos principales (izquierda, derecha y centro), tres grupos complementarios que cubren las zonas de la audiencia donde el sonido de los grupos principales no llega con bastante fuerza, y el grupo de subgraves. Una señal monofónica es enviada desde la consola principal para su ecualización, que servirá de base para todas las salidas del sistema. La salida de este ecualizador (A la izquierda de la figura) se divide en tres envíos, uno de los cuales alimenta el crossover y las etapas del grupo principal de altavoces del centro, y otro se dirige hacia el grupo de subgraves. El tercer ramal se dirige hacia los otros grupos, cada uno de los cuales lleva su propio ecualizador. Como es evidente los grupos principal y complementario de la derecha serán alimentados con la salida master del lado derecho, y los grupos del lado izquierdo con su salida correspondiente.

Figura 4a



En la figura 4 B se puede observar la composición de un sistema de monitores independiente. Las señales a la mesa llegan desde la caja de conectores del escenario. Obsérvese las numerosas salidas que tiene una mesa de monitores, cada una de las cuales se dirige hacia un sólo altavoz en particular (En algunos casos es enviada hacia dos altavoces). Cada salida comprende un ecualizador gráfico, cuya misión es reducir en lo posible la realimentación acústica en el escenario, luego una etapa de potencia, y finalmente el altavoz de monitor.

CAJAS DE CONEXIONADO.

Todos los cables que transportan la señal audio en un escenario se conectan a unas cajas, dentro de estas cajas la señal se divide en dos ramales, uno de ellos se dirigirá hacia la mesa principal y el otro hacia la mesa de monitores. Se tratará de un transformador de señal o divisor con una relación 1:2.

Dividir la señal no representa ningún problema especial, y esto se realiza normalmente mediante el conexionado en paralelo de los cables que la transportan. Para evitar cualquier tipo de cortocircuito es conveniente, no obstante, utilizar transformadores-divisores que aislen la señal que se dirige hacia una mesa de la que se dirige hacia la otra (Figura 5). Utilizando este tipo de cajas para el conexionado se consigue una protección efectiva contra posibles ruidos parásitos, ocasionados por un deficiente aislamiento en los conductores de la señal. También se evita que, a causa de alguna conexión deficiente, cualquier músico sufra un shock eléctrico al tocar un micro, ya que la caja cuenta con una toma de tierra. Así mismo permite que la alimentación "phantom" pueda llegar, cuando haga falta, al micrófono preciso; ya que el circuito entre la salida microfónica y la entrada a la mesa (Por donde se envía esta corriente de alimentación) no sufre ninguna ruptura.

Figura 4b

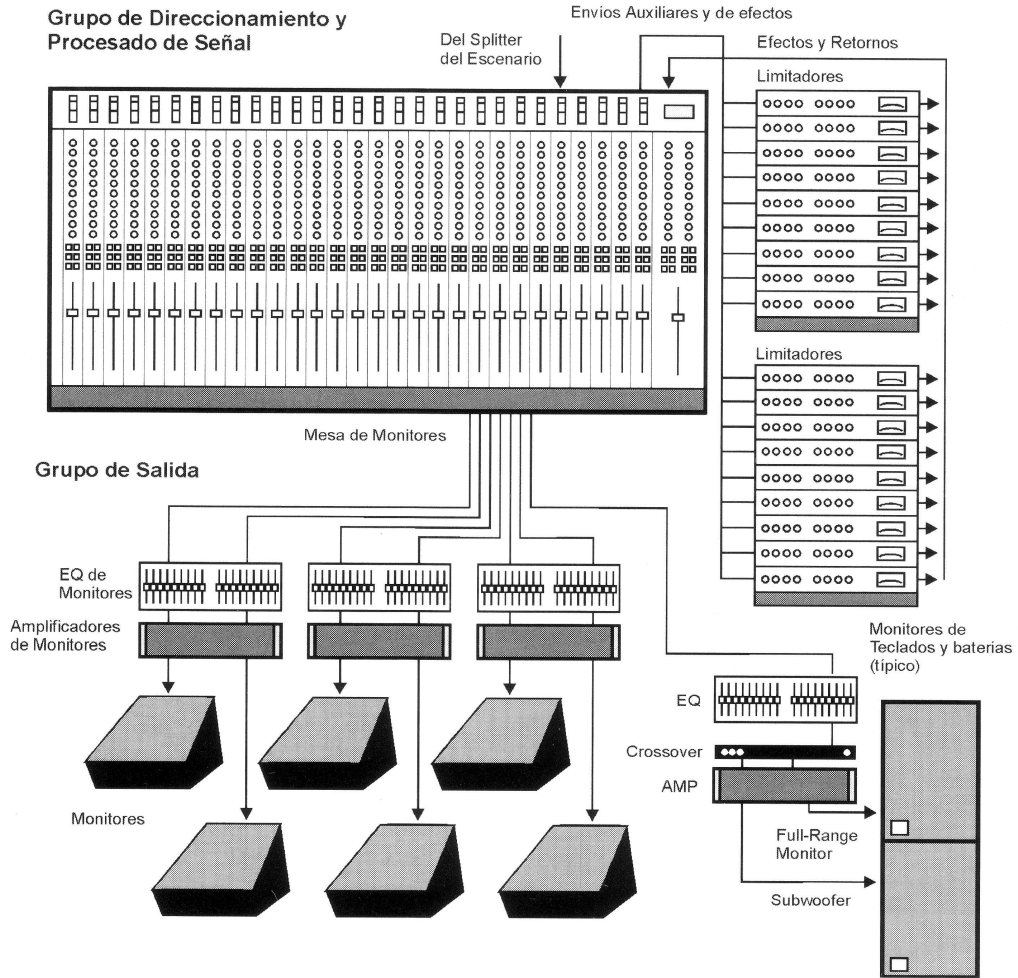
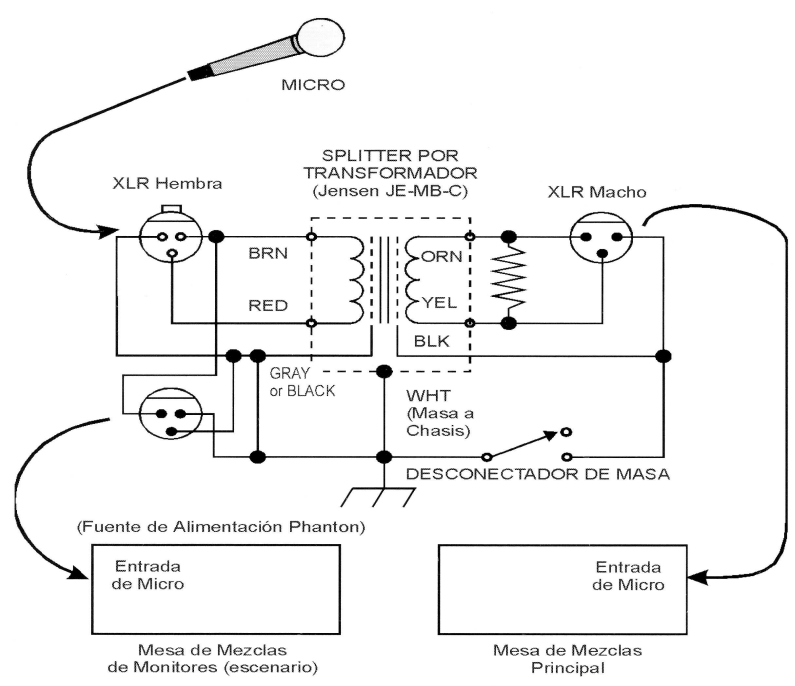
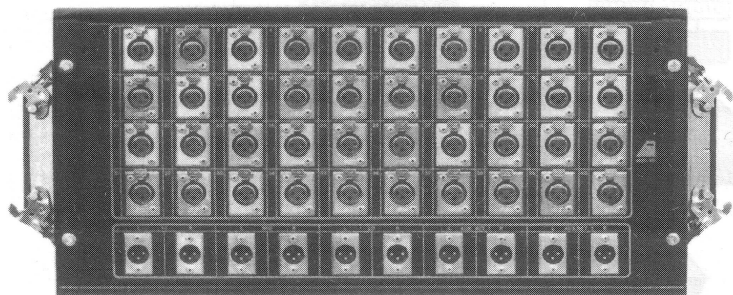


Figura 5



Las cajas para el conexionado de escenario poseen entre 8 y 24 transformadores, asociados a sus conectores respectivos; y su aspecto físico aparece en la figura 6.

Figura 6



Otro tipo de cajas para conexiones que se utiliza normalmente, son los cajetines "Direct Box", y que sirven para convertir una señal sin balancear en señal balanceada. Estos cajetines se colocan al lado del instrumentista que los va a necesitar, y conecta a ellos la salida de señal de su instrumento, que suele ser sin balancear, mediante un conector jack. El cajetín "Direct Box" transforma esta señal en una señal balanceada, y también permite escoger diversos niveles de atenuación para la señal, cuando haga

falta; y en algunos modelos permite además activar un filtro pasabajos.

En la figura 7 podemos ver un esquema de como funcionan los cajetines transformadores de línea, y en 7B su aspecto físico. Para poder operar, estos cajetines precisan de corriente continua, que les es suministrada por una pila colocada en el mismo cuerpo del cajetín.

Figura 7

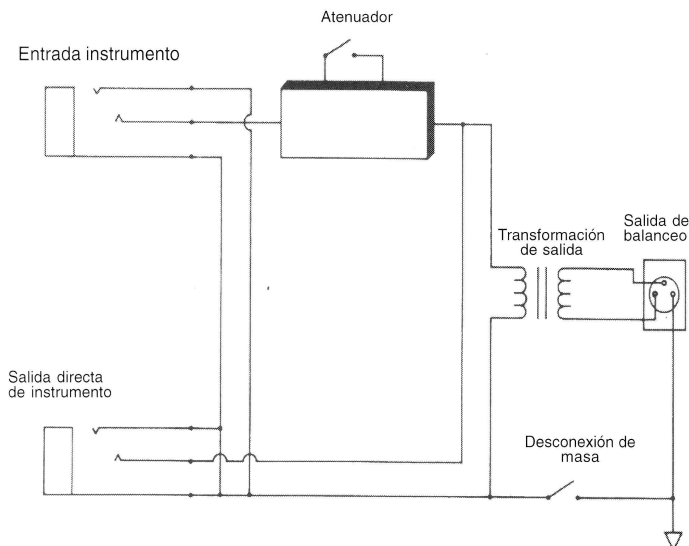
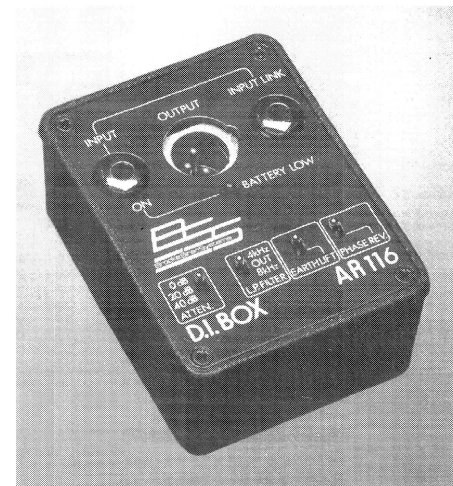


Figura 7b



EL CABLEADO.

De todos los componentes que forman parte de un sistema de potencia los cables conductores son, casi siempre, los que tienen un coste más bajo. No obstante el contar con un cableado adecuado y en buenas condiciones es imprescindible para que todo el sistema opere correctamente. La mayoría de ruidos parásitos, pérdidas de señal, y fallos en algún circuito, son debidos a un cableado deficiente o a unos conectores en mal estado.

Las cualidades físicas, tales como la flexibilidad, la resistencia a la fricción, la calidad de los filamentos usados, o el revestimiento del cable tienen una importancia notable. Pero las cualidades electrónicas del cable, como son su capacidad de carga, resistencia eléctrica, o capacitancia, también son igualmente importantes.

Es del todo imprescindible poder distinguir, a primera vista, el nivel de señal que puede circular por cada cable en concreto. Recordemos que en un sistema de potencia se pueden distinguir tres niveles de señal: señal de micro, señal de línea, y señal de carga; y que cada nivel debe trabajar con el cableado adecuado. Disponer que cada nivel de cableado tenga, por ejemplo, unos colores distintos que permitan distinguirlos, es una medida inteligente que ahorra tiempo y problemas en el montaje.

Los cables que deben transportar la señal del micro o de línea se componen de la malla y de uno o dos vivos, un vivo si es para una conexión sin balancear y dos vivos en las conexiones balanceadas. En el capítulo de micrófonos se especifica como operan las líneas balanceadas.

En alguna ocasión nos podemos encontrar con que debemos conexionar una fuente balanceada con otra sin balancear, o a la inversa; los cables que deben soldarse están especificados en la figura 8.

Los cables de carga son los que unen las etapas de potencia con los altavoces, y su constitución es parecida a los cables que transportan la corriente alterna. Cuando un cable de carga transporta la señal amplificada genera un campo magnético proporcional a la intensidad de esta señal. Si la longitud del cable es considerable, hay una pérdida en el transporte de las bajas frecuencias; para evitarlo se recurre a la utilización de cables cortos, y se intenta colocar las etapas de potencia a la menor distancia posible de los altavoces a los que alimentan.

Una distancia de unos 30 metros es la mayor que existe, habitualmente, entre amplificadores y altavoces, ya que con esta distancia las pérdidas casi nunca superan 1 dB.

Cuando se desee comprobar el buen estado de unos cables de conexión, el modo más rápido de hacerlo es mediante un tester, un comprobador múltiple para voltajes, intensidad y resistencias. Se sitúa el tester en la función de comprobar la resistencia (Ohmios), y se unen los terminales del tester a los del conector que se quiera comprobar (Figura 9). El paso de corriente indicará el buen estado del conector; si no registra nada tendremos que comprobar las otras terminales, ya que es posible que se haya efectuado una soldadura cruzada.

Todo operador, técnico o ingeniero de sonido debiera tener siempre a mano un tester cuando vaya a realizar una instalación; ya que además será útil para comprobar voltajes que no se conocen, tanto de corriente alterna como de corriente continua.

Figura 9

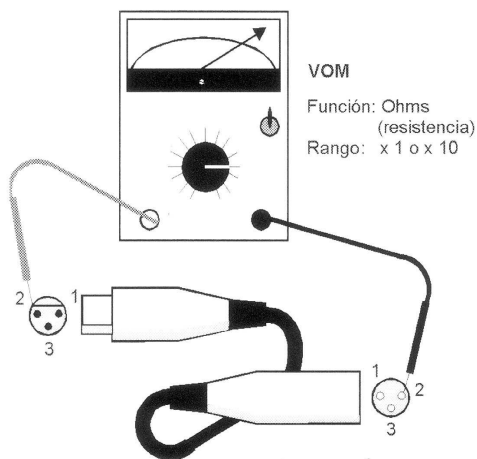


Figura 10

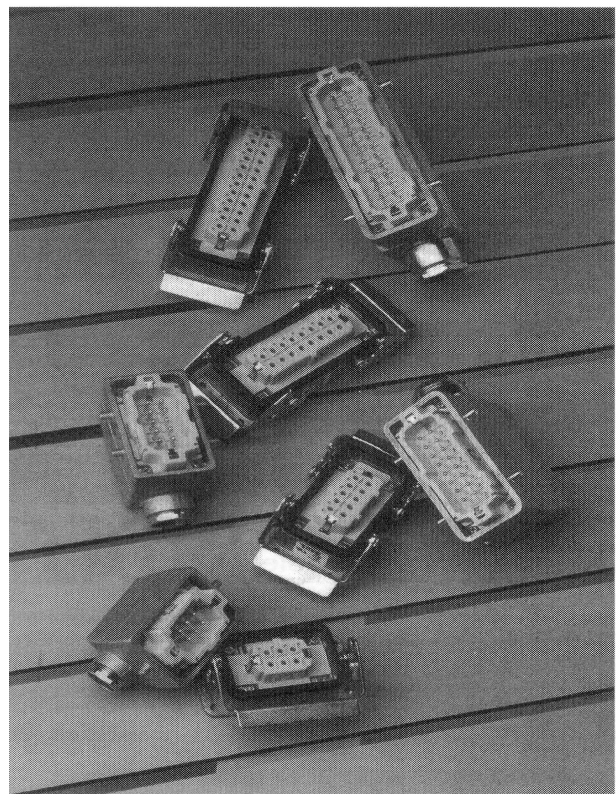
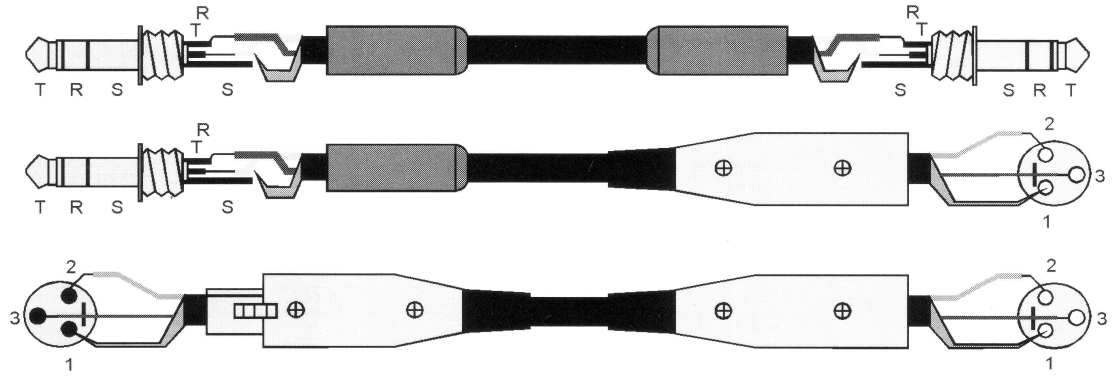


Figura 8

DE SALIDA BALANCEADA
A DIFERENCIAL

CABLES DE CONDUCTOR DOBLE

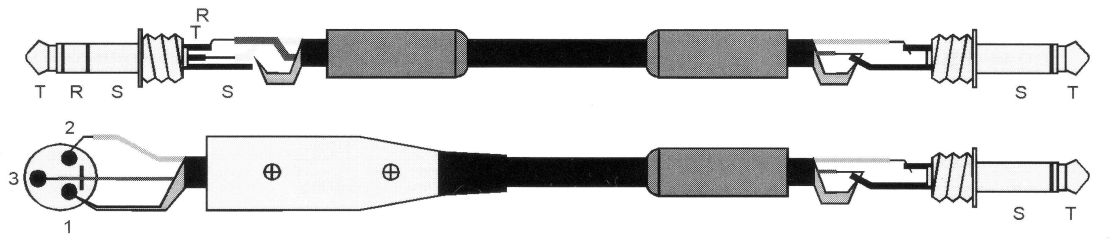
A ENTRADA BALANCEADA
DIFERENCIAL



DE SALIDA BALANCEADA
A DIFERENCIAL

CABLES DE CONDUCTOR DOBLE

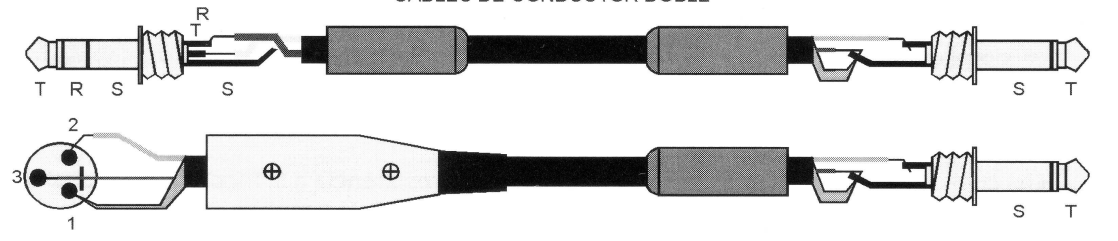
A ENTRADA NO BALANCEADA
DIFERENCIAL



DE SALIDA BALANCEADA
FLOTANTE

CABLES DE CONDUCTOR DOBLE

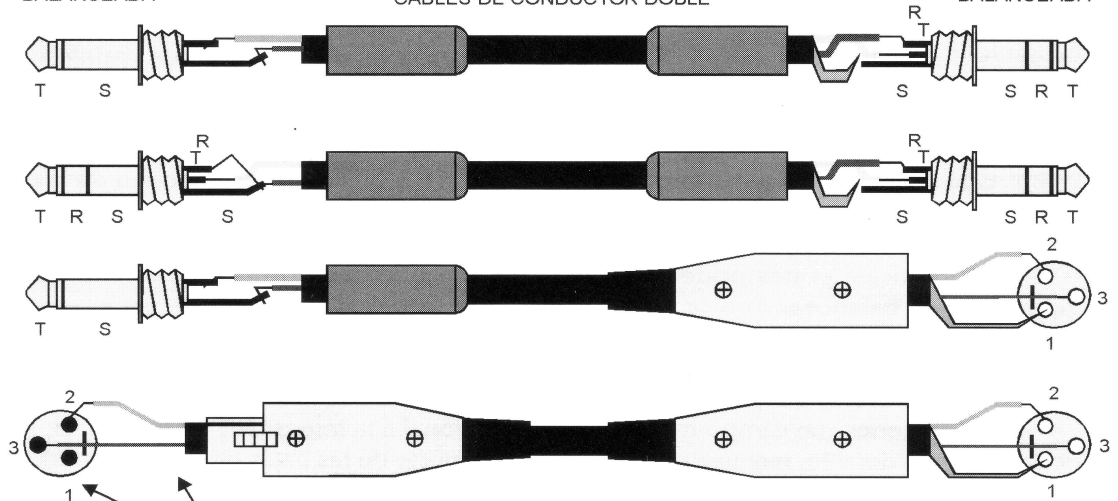
A ENTRADA NO BALANCEADA
DIFERENCIAL



DE SALIDA NO
BALANCEADA

CABLES DE CONDUCTOR DOBLE

A ENTRADA
BALANCEADA



Para cables de micro, conectar la malla al Pin 1 en ambos extremos del cable.
Para señales de línea, cortar la malla como se muestra aquí.

CABLES MULTIFILARES (MANGUERAS).

Cuando se tengan que llevar desde el escenario hasta las mesas 12, 16, 20 o más líneas de señal; resulta poco práctico utilizar cables individuales para cada una. Por otra parte la señal master de la mesa se envía hacia el escenario, donde suelen colocarse las etapas de potencia; esto requiere dos cables más que cruzan buena parte del recinto, y de los que depende la señal del sistema principal.

Para simplificar el sistema de conexionado se utilizan comúnmente los cables multifilares, denominados mangueras por su semejanza externa con estos utensilios de riego. Los extremos de las mangueras consisten en unos conectores multipuntas, que se enroscan a la mesa por un lado y a la caja de conexiones del escenario por el otro (Figura 10).

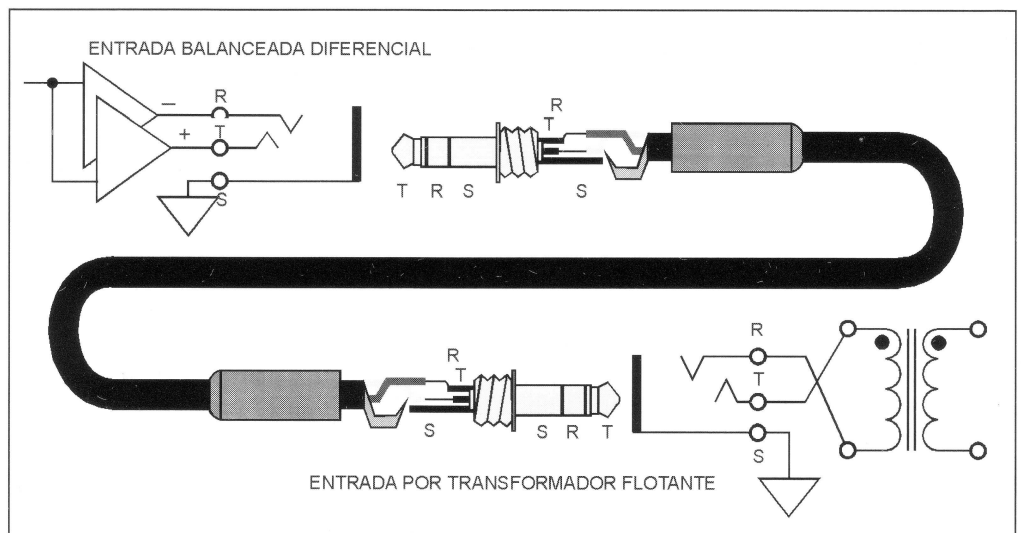
Las mangueras se suelen construir a la medida de un sistema, con un número determinado de envíos hacia la mesa y con unos canales de retorno hacia el escenario. Las numerosas señales que cruzan una manguera en un sentido y en otro pueden provocar interferencias entre ellas, que redundan negativamente en la calidad del sistema. Por esto conviene confiar en empresas especializadas y de reconocida solvencia, ya que una manguera mal construida será nefasta para el sistema. Así por ejemplo, si se produce una realimentación en una línea sobre las altas frecuencias, éstas pueden ser inaudibles; pero al llegar a los altavoces de agudos las oscilaciones que provoca esta realimentación pueden provocar su destrucción física.

Cuando se encarga la construcción de una manguera, conviene prevenir una posible ampliación del sistema. Así si tenemos 16 líneas desde el escenario hacia la mesa y dos retornos de mesa, puede ser conveniente encargar una manguera con 20 líneas y con cuatro retornos, para que en un futuro próximo no se nos quede corta. Lo mismo conviene hacer con la longitud de una manguera; si se prevé que la distancia normal entre la caja de conexiones y la mesa está en, por ejemplo 25 metros; no estará mal encargar una manguera de 30 metros, para que en un posible futuro no se nos quede corta para nuestras necesidades. El precio del metro de manguera es bastante elevado, por ello es mejor prevenir las posibles ampliaciones antes de encargarla, y no quedarnos cortos.

CONECTORES.

El conector ideal es aquel sencillo de utilizar, que no puede ser desenchufado por accidente, y que no introduce ninguna resistencia ni interferencia en la señal que transmite. En realidad, y según la utilidad que se les de, existen unos conectores más apropiados que otros. Los conectores que ahora se especifican, y la forma de conexionado utilizada, es aplicable a los niveles de microfónica y de línea; en el capítulo próximo se trata de los conectores utilizados en los niveles de carga.

Figura 11



-Conector Jack de 1/4". También llamados enchufes de fono, fueron utilizados originalmente en las centralitas telefónicas, y luego su uso se extendió para múltiples aplicaciones. En la figura 11 se puede ver el conexionado de este conector, cuando se destina al transporte de una señal balanceada; T y R (Tip y Ring) son los conductores de la señal, mientras S (Sleeve) es el conductor a masa. Este mismo tipo de conector se utiliza en los envíos estereofónicos, en cuyo caso T transporta la señal de un canal y R la del otro.

En la figura 12 hay un conector jack para una señal sin balancear, que es normalmente utilizado en los niveles de línea, en múltiples interconexiones entre los elementos de un sistema. Los conectores jack son económicos y fáciles de soldar al cableado, pero un estirón involuntario del cable al que están unidos los puede desenchufar, ya que no tienen ningún tipo de anclaje que asegure la conexión.

Figura 12

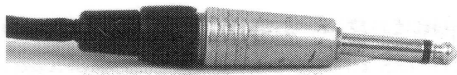
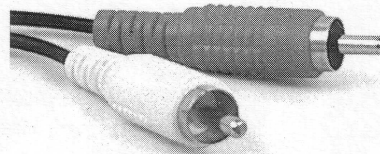


Figura 13

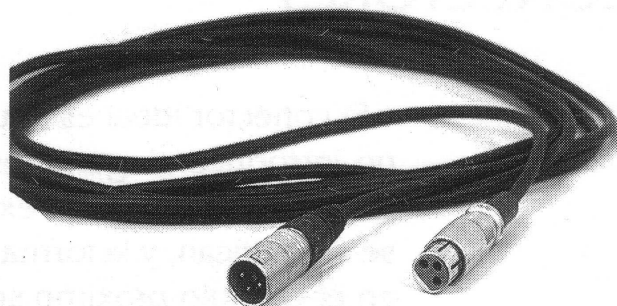
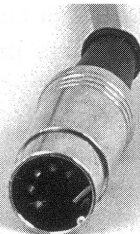


-Conector RCA. Estos enchufes son utilizados mayoritariamente en los equipos de alta fidelidad y en algunos sistemas de video. El conductor central transporta la señal de audio mientras que el exterior va a masa. Es un conector sencillo y sin problemas, pero con el tiempo puede presentar una cierta resistencia debido a la corrosión de su superficie de contacto, por esto es aconsejable escoger modelos que tengan un baño de oro, y así evitar la posible corrosión del conector. (Fig.13).

-Conector DIN. Existen múltiples variantes de este conector, que durante varios años fue muy utilizado en alta fidelidad. En la actualidad su uso se ha recuperado, ya que se ha convertido en el conector estándar para las entradas y salidas de señales via MIDI (Figura 14).

Figura 15

Figura 14



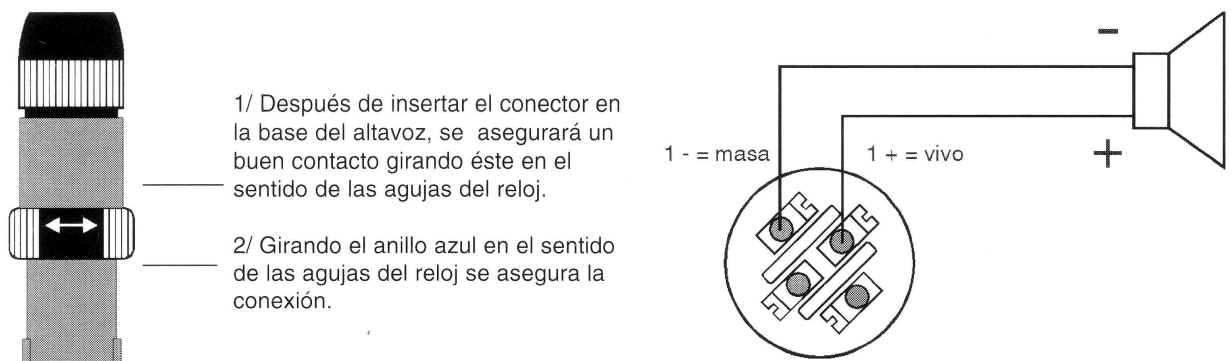
-Conector XLR. Este conector es también conocido con el nombre de Canon ya que fue esta compañía la que introdujo su uso. Existen varios tipos de conectores XLR, pero el más utilizado en todos los sistemas profesionales es el XLR-3, que cuenta con tres puntas: Dos para las señales balanceadas y una para la malla. Hoy es el conector estándar para los micrófonos y para todas las líneas de transmisión balanceadas. Una de sus mayores cualidades es el sistema de anclaje con que está equipado, ya que una vez el conector está enchufado resiste tirones y sacudidas en el cable, sin que llegue a desconectarse. La figura 15 muestra un conector XLR con sus respectivas puntas; la número 1 se conecta siempre a malla, mientras que las 2 y 3 conducen la señal balanceada de audio.

-Conector Speakon. La mayoría de etapas de potencia y cajas acústicas de diseño reciente, están preparadas para permitir el conexionado con los terminales tipo Speakon. Estos conectores están pensados para transmitir los elevados voltajes que circulan entre la salida de las etapas y las entradas de las cajas; y están diseñados de forma que no puedan confundirse con ningún otro conector.

Los terminales Speakon permiten el conexionado sin que, en ningún momento, el operador pueda tocar los contactos eléctricos, ya sea por descuido o por accidente. Un sistema doble de sujeción asegura la solidez de la unión entre el cable conductor y la etapa o la caja acústica.

En la figura siguiente se puede ver cuales son los terminales que deben enlazar la salida de la etapa con la entrada del altavoz. Moviendo el aro negro hacia la misma dirección de las agujas horarias el conector

quedará fijado; y para una mayor seguridad hay que girar (también en el sentido que siguen las agujas del reloj) el anillo de color azul; operando a la inversa el conector quedará libre.



UTILIDAD PRACTICA DEL CROSSOVER.

Tanto los altavoces como los amplificadores dan un rendimiento mayor cuando trabajan con una gama de frecuencias poco amplia. La utilización de filtros pasivos en las cajas acústicas para separar frecuencias, hace que se pierda una buena parte de la energía que entrega el amplificador que se disipa en las bobinas y resistencias contenidas en los filtros.

Se precisa, pues, separar el espectro de frecuencias en grupos más reducidos, que una vez amplificados se dirijan directamente a los altavoces. De ésta manera se consigue un rendimiento mayor y un control más exacto del programa musical.

El principal inconveniente de este método es un aumento en el coste del sistema, debido a la necesidad de insertar divisores de frecuencias entre las salidas de la mesa de mezclas y los altavoces. Pero las ventajas prácticas son numerosas, y por ello hoy casi todos los sistemas de potencia utilizan los divisores de frecuencias.

Las ventajas principales que se obtienen son:

- Permite elegir las bandas de actuación más adecuadas para cada tipo de altavoz, y también las pendientes de cruce entre las bandas que se escojan.
- Se consigue el máximo rendimiento del altavoz, reduciendo al mismo tiempo el peligro de sobremodulaciones por frecuencias que el altavoz no esté preparado para reproducir.
- Da al sistema una gran flexibilidad, ya que nos permite efectuar diversas combinaciones entre etapas y altavoces, pudiendo escoger entre múltiples configuraciones que se adapten a nuestras necesidades.
- Es relativamente sencillo ajustar el sistema para introducir las correcciones necesarias en la ecualización, de forma que se adapte a las necesidades acústicas de cada local.
- Se anula prácticamente la distorsión por intermodulación, y se reduce la distorsión por transitorios que pueda generar la etapa.

Muchos fabricantes de altavoces detallan en sus productos la potencia máxima que pueden recibir y la gama de frecuencias que mejor pueden reproducir. La elección de la banda de actuación del crossover se basa en estas informaciones.

PUNTOS DE CORTE Y RELACIONES ENTRE GRUPOS DE FRECUENCIAS

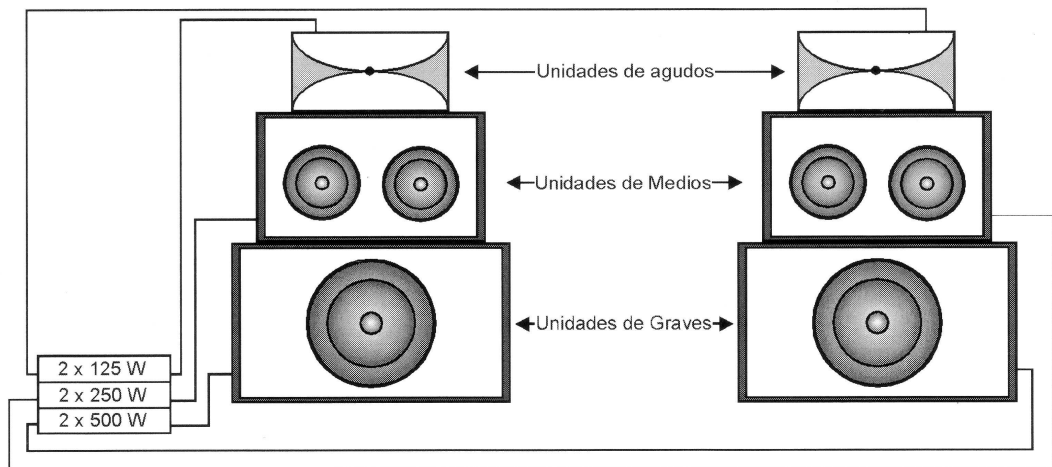
En un programa musical ordinario en el que se utilice la multi-amplificación, es decir la división de frecuencias antes de la amplificación, es preciso equilibrar la potencia que se aplique a cada grupo de frecuencias. Las frecuencias graves precisan una mayor potencia de amplificación que las medias, y las frecuencias medias necesitan mayor potencia que las agudas. Esto es debido a que cuanto más baja es una frecuencia sonora, precisa un mayor desplazamiento de aire para causar en el oído un nivel equivalente de presión sonora.

En la figura 16 hay un esquema donde se contempla un sistema tri-amplificado, con una relación de 2:1 entre cada grupo de frecuencias. Esta relación es una de las que se pueden usar, pero no es evidentemente la única, ya que también son comunes relaciones de 1'5:1 y de 1'3:1. Las potencias que se aplican a cada grupo dependen básicamente de dos factores: Los puntos de corte del crossover y la acústica propia del recinto que se sonorice.

¿Cómo escoger los puntos de corte más oportunos? En un sistema bi-amplificado una frecuencia de 2 kHz. es bastante correcta, las frecuencias por debajo de este valor se envían hacia un grupo, y las superiores hacia el otro. En un sistema tri-amplificado los puntos de corte se sitúan entre los 400 y los 800 Hz. (para separar el grupo de graves y el de medios), y entre los 2 y los 4 kHz. (que separa el grupo de medios del de

agudos). Como ya se ha mencionado, para escoger los valores más adecuados es preciso combinar la actuación del crossover con las cualidades de cada altavoz.

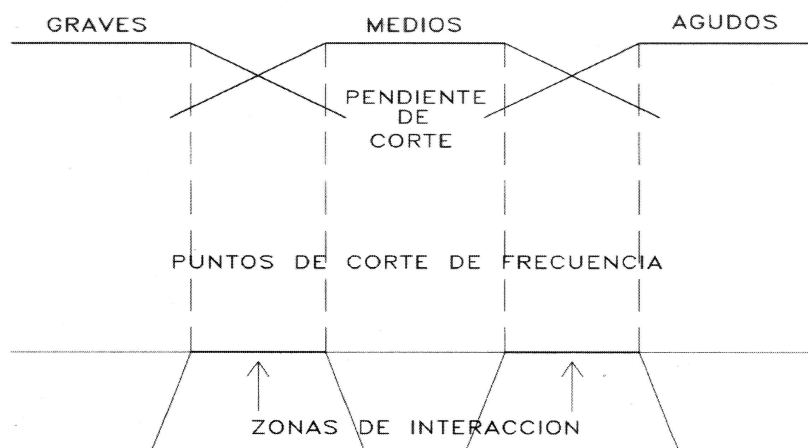
Figura 16



Otro factor a tener en cuenta es la propia acústica del recinto donde se actúa, ya que hay locales que realzan un grupo determinado de frecuencias, mientras pueden absorber otras. Por esto la relación entre cada grupo de frecuencias de un sistema no siempre es fijo; aunque se suele partir de unos valores adecuados a la composición del sistema, y sobre la marcha se puede modificar para adaptarlo al local donde se trabaje.

En un sistema triamplificado el espectro de frecuencias se divide en tres posiciones (Figura 17). Entre los graves y los medios nos encontramos con frecuencias que pueden perderse, al igual que sucede con la zona situada entre los medios y los agudos. Por esto hay que elegir unos puntos de corte que impidan la formación de zonas de frecuencias que no vayan a ser amplificadas.

Figura 17



Otro factor que debe tenerse en cuenta es la pendiente del corte, la rapidez de la caída con que se eliminan las frecuencias no deseadas. En muchos filtros activos estas pendientes pueden escogerse, con valores que van de los 6 dB hasta los 24 dB. Este ajuste está en función de los puntos de corte, cuánto más cerca se encuentran entre si mayor es la pendiente que se requiere, y más agresivo el sonido obtenido; cuando los puntos de corte están distanciados bastante (Por ejemplo una octava) se precisa trabajar con una pendiente muy baja, de 6 dB/octava, que da al sonido un carácter más suave que el del caso

anterior.

Veamos un ejemplo práctico de cómo buscar los puntos de corte y las pendientes más adecuadas de un sistema de potencia. Para ello nos remitimos a la figura 16. El material con que se cuenta para cada canal es:

- Dos altavoces de 15" que admiten una potencia de 300 W. cada uno a 8 ohmios, su respuesta en frecuencias es 30 Hz.2000 Hz.
- Dos altavoces de 10" que admiten una potencia de 160 W. cada uno a 8 ohmios, su respuesta en frecuencias va de 60 Hz. a 10 kHz.
- Cuatro tweeters de 1" que admiten 40 W. cada uno a 8 ohmios, cuya respuesta en frecuencias va de 1 kHz. a 18 kHz.

Las etapas de potencia necesarias para cada grupo, si se desea contar con un sistema triamplificado serán:
En bajas frecuencias 600 + 600 W.
En frecuencias medias 300 + 300 W.
En altas frecuencias 150 + 150 W.

Parece más lógico que se escogieran etapas de 320 + 320 W. para las frecuencias medias, y de 160 + 160 W. para las altas, y así es; pero normalmente las potencias nominales de las etapas tienen los valores en vatios que se indican en el ejemplo.

Vistas las características del equipo se escogen los puntos de corte de los filtros activos, que muy bien pueden ser:

Entre bajos y medios: 800 Hz.

Entre medios y altos: 4 kHz.

Con estos valores se conseguirá que los altavoces y etapas trabajen con unos límites correctos y un rendimiento satisfactorio.

Una pendiente de 12 dB/octava (como valor promedio) puede probarse al principio, y luego es interesante ensayar con otros valores, hasta encontrar el sonido que más nos plazca.

CONTROL DIRECCIONAL DE LOS ALTAVOCES.

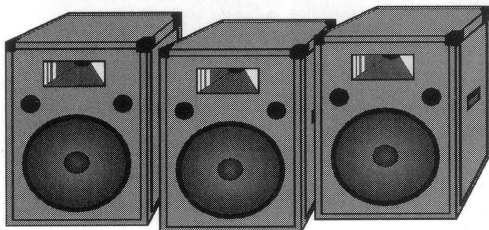
Cuando se procede al montaje de un sistema de potencia, hay dos cuestiones básicas que debemos hacernos, ambas referentes a las cualidades que debe tener el sistema: ¿Cuál es el nivel de presión sonora que se espera obtener, y cuál es la gama de frecuencias que habrá que reproducir?.

Si se trata de amplificar un grupo de instrumentos acústicos, la respuesta en frecuencias deberá abarcar desde los 30 Hz. hasta los 15 o 16 kHz.; mientras que el nivel de presión sonora requerido estará en torno a los 90 dB.

Cuando se amplifique una banda de rock, la respuesta del sistema deberá estar entre los 50 Hz. y los 12 kHz., si bien una mayor extensión por las altas frecuencias siempre va bien. La presión sonora que el sistema debe entregar se sitúa alrededor de los 100 dB.

Tener bajo control la dispersión sonora de un sistema es del todo necesario para obtener un alto nivel de calidad en el equipo de amplificación. En primer lugar para que toda la audiencia reciba el sonido con una intensidad y una calidad equivalente, sin que haya lugares donde se escuche demasiado fuerte o demasiado flojo. Y en segundo lugar, porque sólo concentrando toda la potencia del sistema sobre el área donde se encuentra el público aprovecharemos plenamente sus cualidades.

figura 18a



un sistema con esta disposición es la misma que posee individualmente cada caja.

En el dibujo 18b se muestra la forma de aumentar la cobertura vertical de un sistema de potencia, donde cada caja apunta hacia un punto situado a una altura distinta. En la figura 19 se muestra la disposición práctica de unas cajas suspendidas, preparadas para abarcar un amplio auditorio, ya que su cobertura horizontal y vertical es muy amplia.

Es muy importante tener muy presente las cualidades básicas de los recintos acústicos que se utilizan, ya que presentan claras diferencias en lo referente a su comportamiento direccional.

Los recintos compactos (Fig. 20) llevan todos sus altavoces en un mismo plano, y muchos utilizan una salida bass-reflex para mejorar su respuesta en la zona de las bajas frecuencias. Suelen ser fáciles de transportar y apilar, por ello son las cajas más utilizadas para múltiples aplicaciones en directo.

Figura 18b

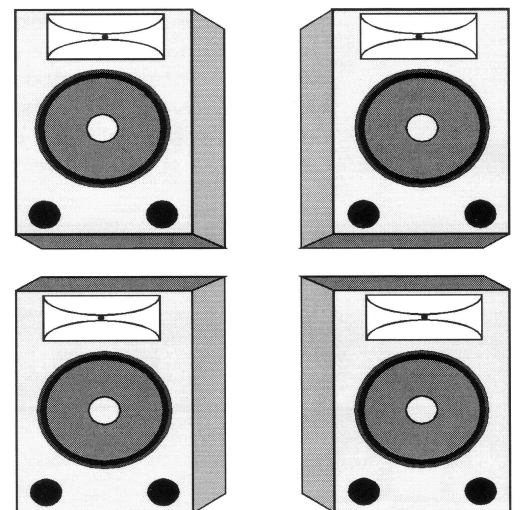
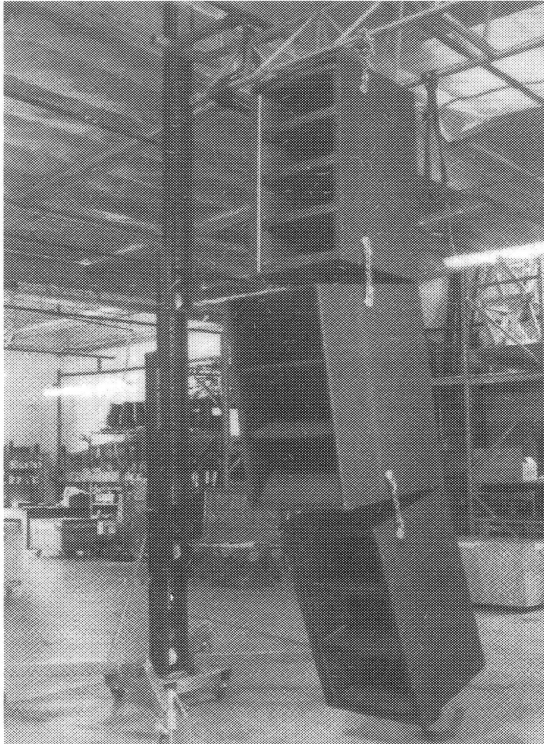
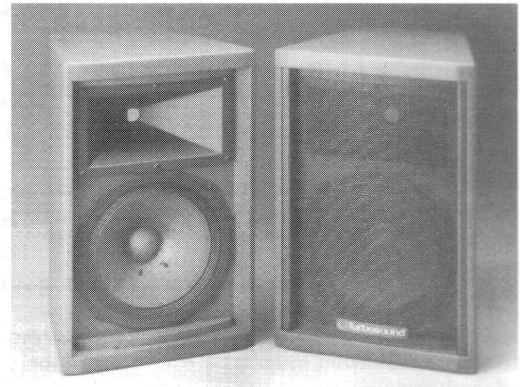


Figura 19



Los recintos exponenciales (Fig. 21) suelen presentarse en conjuntos modulares, es decir compuestos de 3 ó 4 unidades, cada una de las cuales trabaja para unas frecuencias distintas. Las unidades de medios y de graves llevan altavoces de bocina, que proporcionan una gran presión acústica y un ángulo de dispersión bastante amplio. Por contra tenemos a su peso y tamaño, que las hace difíciles para el transporte y el montaje.

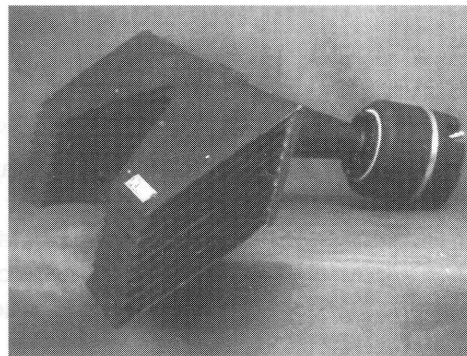
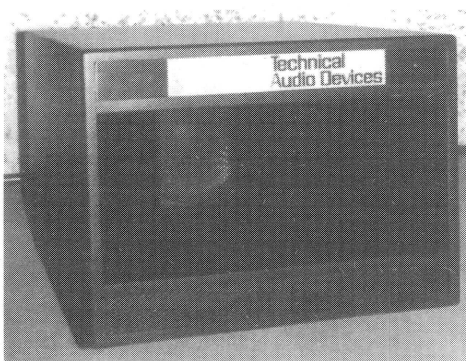
Figura 20



Los recintos con sistema de proyección "turbo" se diferencian de los otros recintos por su ángulo de proyección en las frecuencias medias. Un difusor colocado delante de la membrana del altavoz provoca un estrechamiento de la vibración sonora, cuando ésta ya ha sido producida por la membrana. Esto permite

enviar el sonido a mayor distancia que un altavoz convencional, pero reduciendo notablemente su ángulo de dispersión que pasa de unos 80 ó 90 grados a 30 ó 35 grados. Estos recintos dan un sonido muy particular, apropiado para el rock "hard" pero poco convincente para la música acústica o

Figura 21



para un rock más estilizado.

Otro factor que también conviene tener presente, es la combinación que se puede emplear en los grupos de recintos acústicos, referente a las frecuencias que envían. No existen unas normas precisas para ello, si bien el buen criterio nos lleva a intercalarlas entre si, para que todos los grupos de frecuencias estén presentes en cualquier punto de la zona de audiencia. En la figura 23a se muestra la combinación de recintos utilizada en un sistema suspendido del techo, complementado con las cajas acústicas situadas al lado del escenario (23b).

Figura 22

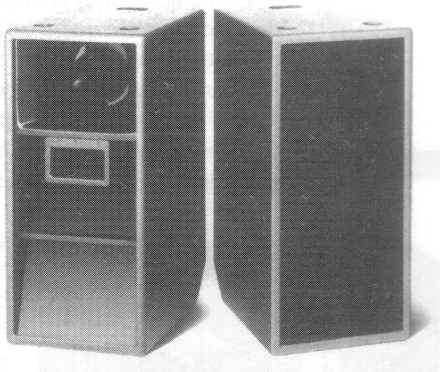


Figura 23a

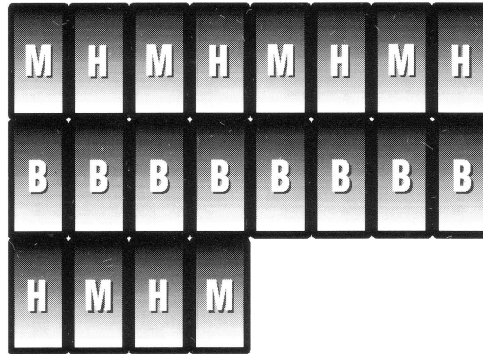
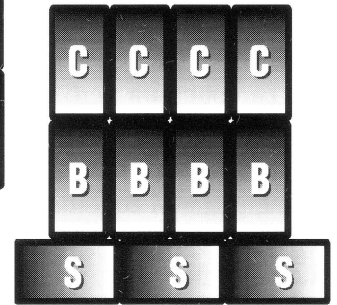


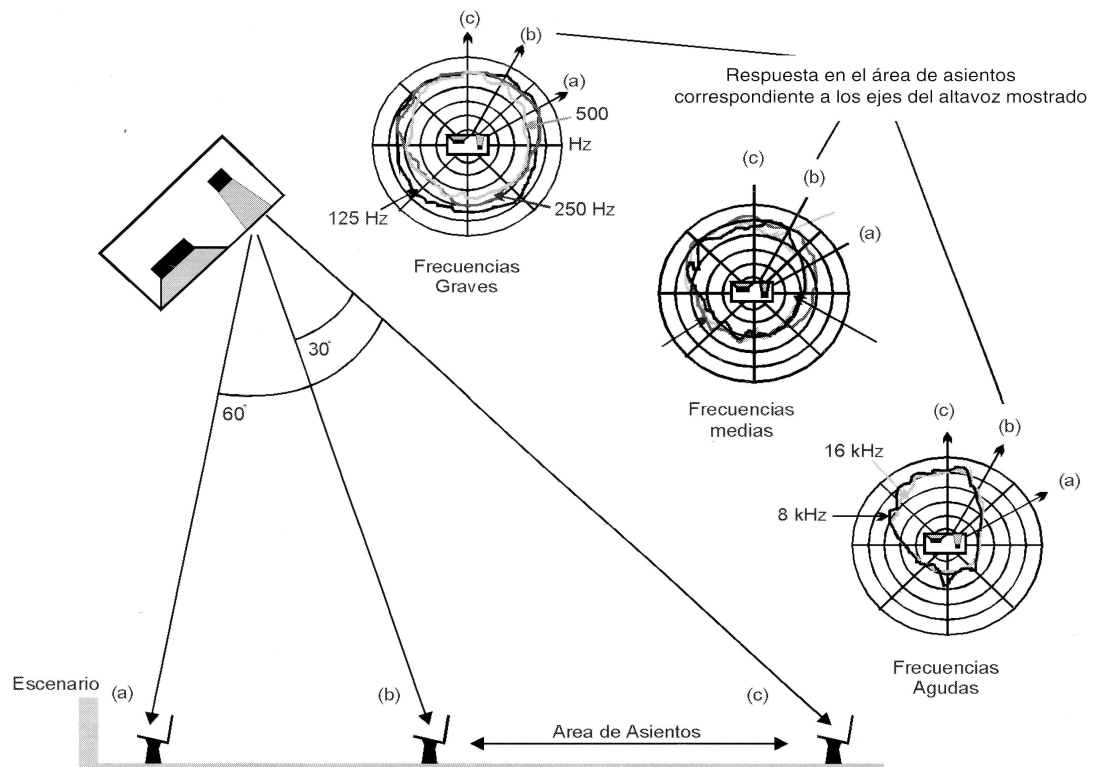
Figura 23b



ALTAVOCES DE REFUERZO

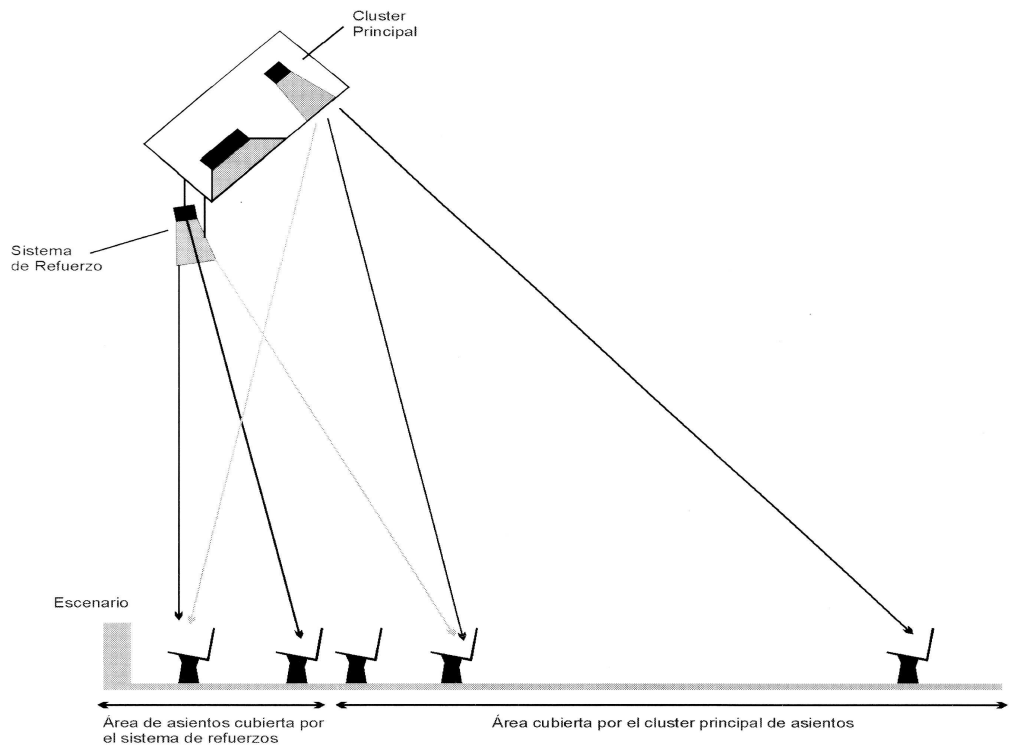
En algunos locales donde se realizan conciertos, y debido a su propia estructura, un porcentaje del público no recibe el sonido con la claridad e intensidad que debiera. La distancia excesiva entre las columnas de altavoces y la audiencia, o bien la existencia de obstáculos físicos pueden ser los motivos de esta degradación sonora. Para solventar estos problemas se utilizan los altavoces de refuerzo acústico.

Figura 24a



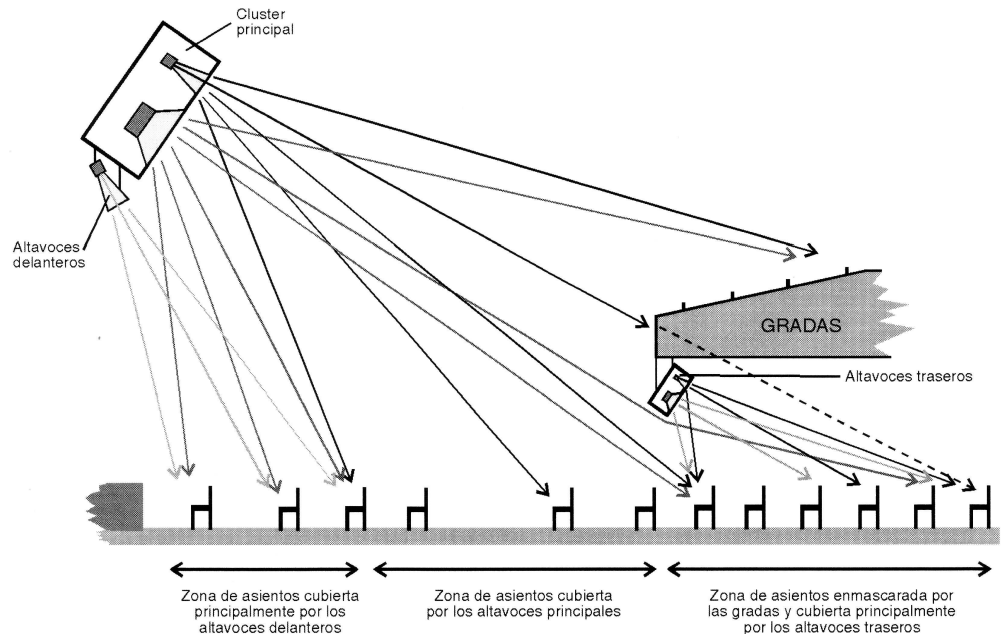
Veamos el diagrama de la figura 24a, los asientos de la primera fila se encuentran a 60 del eje de las cajas acústicas, que incide directamente sobre los asientos de la última fila. La respuesta a las bajas frecuencias cuando se está situado a 60 del eje del altavoz suele ser bastante correcta; pero en las altas frecuencias siempre se registra una pérdida considerable, que oscila entre 9 y 15 dB por debajo de la respuesta que se recibe en el eje. Se trata pues de una pérdida muy considerable, e inadmisibles desde el punto de vista musical.

Figura 24b



La solución puede verse en la figura 24b, y consiste en la colocación de un altavoz de refuerzo, enfocado hacia la zona que el sistema principal de altavoces no cubre suficientemente. Este altavoz auxiliar se destina a cubrir las frecuencias altas y medio-altas, ya que son éstas las frecuencias que registran una mayor pérdida cuando la audiencia está lejos del eje de proyección sonora.

Figura 25



Otra circunstancia que puede darse es la que refleja la figura 25, donde el sonido que emana de las cajas principales es interceptado por una estructura sólida. Para solventarlo se coloca el altavoz de refuerzo en un lugar que le permita cubrir toda la zona afectada. En este caso, no obstante, será necesario que el sonido que emane del altavoz auxiliar tenga un retardo respecto a las cajas principales. Es preciso calcular la distancia que hay entre los altavoces principales y los auxiliares, y usar esta fórmula para conocer el tiempo de retardo que se aplicará a los altavoces auxiliares:

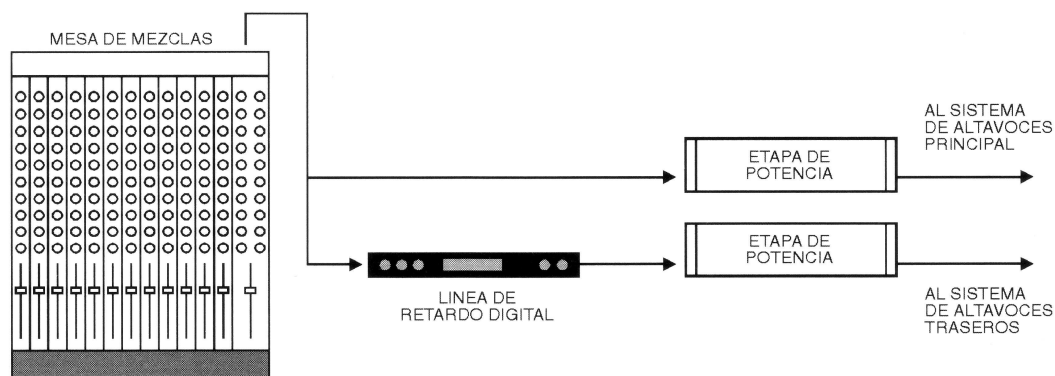
$$\text{Retardo (en milisegundos)} = \frac{\text{Distancia (en metros)} \cdot 1000}{340 \text{ m/s}}$$

Si la distancia entre las cajas principales y las de refuerzo es, por ejemplo, de 68 metros; el retardo que habrá que aplicar será de:

$$\frac{68 \text{ m.}}{340 \text{ m/s}} \cdot 1000 = 200 \text{ milisegundos}$$

Si no se utilizara este retardo en los altavoces de refuerzo, el sonido que procede de estos altavoces llegaría 200 milisegundos antes que el sonido procedente de los altavoces principales, ocasionando un barullo acústico considerable. En la figura 26 está esquematizado un circuito de retardo aplicado a un sistema de altavoces de refuerzo.

Figura 26



TOMAS DE TIERRA

En cualquier operación en la que existe transmisión de una señal de audio, existe la posibilidad de que esta señal se vea afectada por diversos tipos de corrientes inducidas: emisiones de radiofrecuencias, conmutadores electrónicos, líneas de corriente alterna, etc.

Por este motivo los cables del circuito de microfonía, así como los de línea, llevan una malla cuya misión principal es la de recoger estas interferencias de origen electromagnético, para luego apartarlas de la señal de audio transportándolas hacia masa.

Las diferencias de potencial que hay entre los distintos niveles de voltaje, que componen cualquier sistema de amplificación profesional, pueden causar una descarga eléctrica si por descuido o accidente aparece un contacto falso.

Cada circuito debe tener sus propias conexiones a masa, siendo factible unir en una sola toma varios elementos del sistema, pero sin mezclar distintos niveles de circuitos. Si se unen a masa en un mismo punto circuitos con distinto nivel, es muy posible que aparezcan zumbidos; separando las conexiones a masa por niveles podemos hacer que este ruido desaparezca. Recordemos que existen en cualquier sistema de amplificación los siguientes niveles de voltaje: microfonía, línea, y carga.

En cualquier caso es de suma importancia, para la seguridad física de músicos y técnicos, aislar mediante una toma de tierra la corriente alterna que proviene de la red eléctrica.

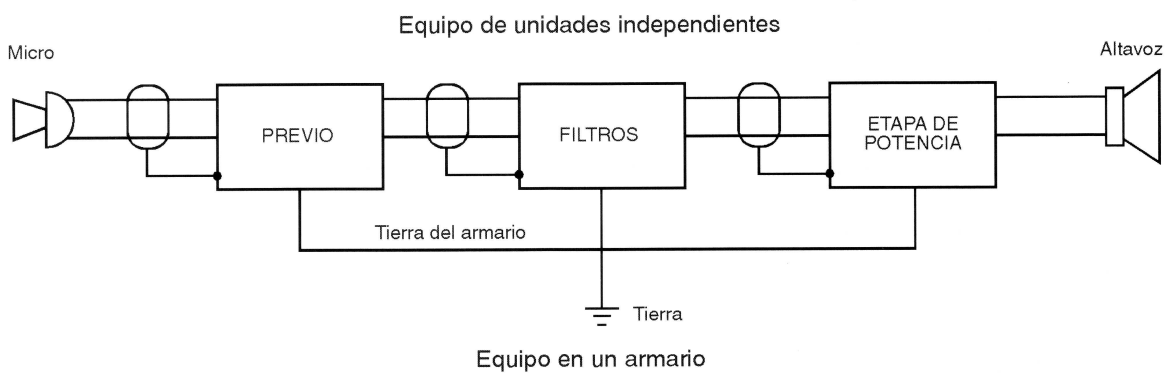
Cualquier equipo eléctrico precisa de dos cables para trabajar con corriente alterna, uno el "vivo" y otro el "neutro". En el caso de que haya algún fallo en el circuito de un sistema de amplificación, la corriente eléctrica tiende a buscar la forma más rápida de llegar a tierra; y a menudo el camino más corto puede ser el cuerpo del propio operador. Usando un tercer cable que esté conectado a los chasis de los equipos, en caso de fallo eléctrico la corriente deriva hacia tierra a través del cable, y no a través de nuestro propio cuerpo.

El cable que debe ser conectado a la toma de tierra suele ser bicolor, y el técnico prudente debe exigir, para cualquier recinto donde el sistema de potencia vaya a operar, que disponga del preceptivo sistema para efectuar la toma de tierra. Para ello se cuenta con una barra de metal que tiene que estar hundida en el suelo, a la que se une el cable correspondiente que queda libre al efectuar la conexión a la red.

Los cables que unen el circuito eléctrico con la toma de tierra deben ser de cobre macizo, bien protegidos por una cubierta aislante. Cuando varios conductores efectúan la función de toma de tierra, siempre que provengan de un mismo nivel del circuito, pueden unirse en una única línea de tierra (Figura 27). La conexión de los conductores secundarios con la línea de tierra principal debe efectuarse enrollando los cables secundarios con la línea principal, soldando con solidez esta unión.

Las líneas de conexión con tierra deben estar ininterrumpidas hasta el punto de la unión con la barra metálica, empleando un filamento sin cortes. En caso de ruptura será preciso cambiar todo el cable o bien proceder a una sólida soldadura de los dos extremos.

Figura 27

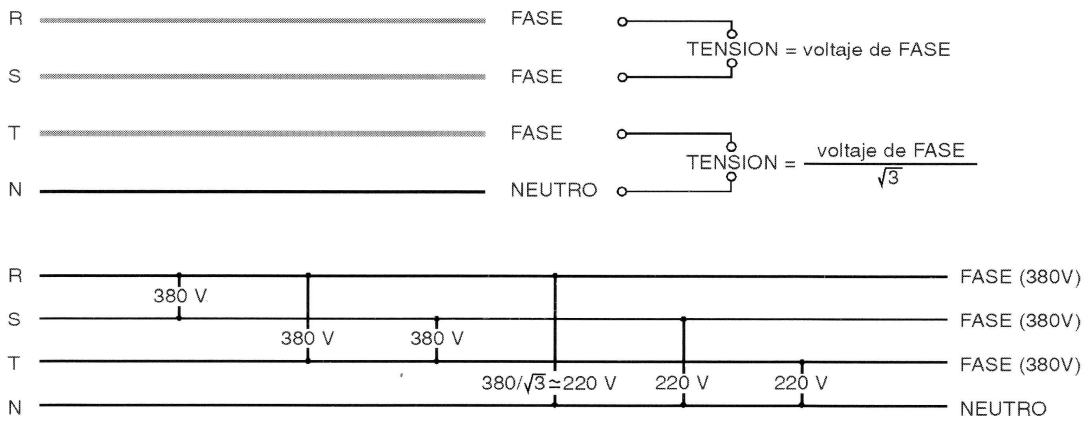


CONEXIÓN A RED

Cuando se va a conectar el sistema de amplificación a la red eléctrica es posible encontrarnos con una acometida que transporta un voltaje superior al que se requiere. En efecto, muchos puntos preparados para la toma de energía eléctrica disponen de cuatro cables conductores, que transportan corriente trifásica de 380 V.; mientras que para el sistema de sonido es muy habitual utilizar una corriente de 220 V. con una fase. Primero es preciso distinguir cuál de los cables conductores es el neutro. La diferencia de tensión entre los cables que transportan las distintas fases de corriente alterna siempre es la nominal (380 V. en este caso); pero la diferencia de tensión entre cualquiera de estos conductores y el neutro es igual al cociente entre el voltaje nominal y la raíz cuadrada de 3. Si el voltaje entre fases es de 380 V., la tensión que habrá entre cualquier conductor de corriente de fase y el neutro será de 220 V. (Figura 28).

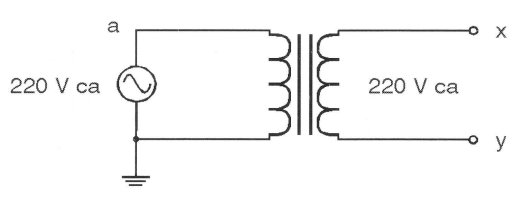
Los cables del neutro son ordinariamente de color azul o negro. Así que para conectar un sistema de sonido que opere a 220 V. con una línea de 380 V. (ya sea bifásica o trifásica) bastará unir uno de los cables al neutro y el otro a cualquier conductor de fase.

Figura 28



En cualquier caso, es muy útil para nuestra seguridad y para la integridad del sistema contar con un conmutador diferencial, unido a los cables que toman la corriente de la red. Un conmutador nos permitirá conectar o desconectar la alimentación eléctrica del sistema cuando sea preciso; y también conocer en cualquier momento el valor real de la tensión que se recibe. Por otro lado, el transformador de aislamiento que llevan incorporado estos conmutadores (Fig. 29) separa el circuito eléctrico del equipo de amplificación del resto de la red eléctrica. Esto es muy útil en caso de que se produzca algún cortocircuito: Sin este transformador la corriente eléctrica podría pasar por el cuerpo de alguna persona que estuviera en contacto físico con alguna parte del sistema de amplificación, con resultados letales.

Figura 29



TÉCNICAS DE CAPTACIÓN MICROFONICA

Cuando se sitúa la microfona para un sistema de potencia en directo, deben de tenerse en cuenta dos factores básicos:

El modelo del micrófono tiene que ser el más adecuado para captar el sonido particular de cada instrumento.

La distancia y el ángulo entre el micro y la fuente sonora tendrán una influencia decisiva en el sonido obtenido.

En principio, la distancia entre el micrófono y el instrumento que deba captar será muy reducida. Esta es una práctica común en los sistemas de amplificación en directo, con el fin de reducir las posibilidades de que se produzca realimentación acústica en el escenario. Con el mismo fin se procura que el micro enfoque directamente hacia la fuente sonora, aprovechando al máximo la energía sonora que desprende.

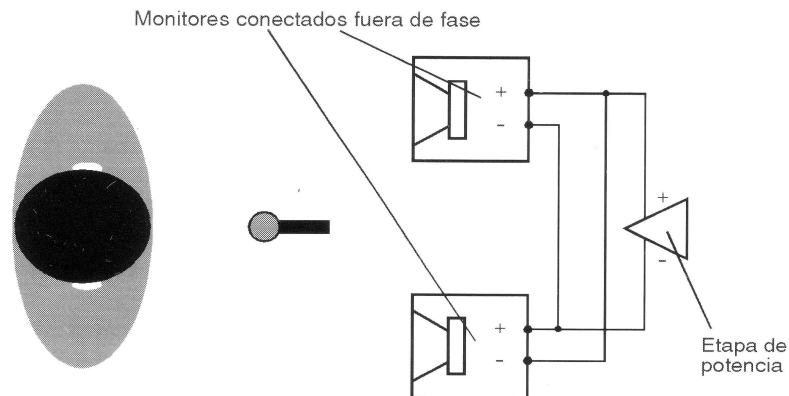
La poca distancia que suele haber entre el instrumento y el micro debe ser tenida en cuenta, ya que los micrófonos con características direccionales presentan el efecto de proximidad, que enfatiza las bajas frecuencias. El músico y el operador de la mesa tendrán en cuenta este efecto, corrigiendo mediante los controles de tono o algún sistema de filtros este desequilibrio tonal.

Puede haber algunos casos, no obstante, en que sea conveniente situar el micro a cierta distancia de la fuente sonora. También puede presentarse el caso en que haya que modificar el ángulo de captación, para obtener una tonalidad concreta de algún instrumento. En ambos casos será preciso extremar el control del sistema de monitores de escenario, reduciendo su potencia de salida en los altavoces cercanos al micrófono en cuestión, y trabajando con transductores muy direccionales.

Veamos ahora algunas fórmulas de trabajo que pueden ser de ayuda, para mejorar la colocación y el rendimiento de la microfona en un sistema de amplificación en vivo:

Voces. Es muy común que los cantantes se quejen cuando escuchan su propia voz a un volumen demasiado bajo por los altavoces de monitor. Cuando se intenta incrementar este volumen es posible que aparezca la temida realimentación acústica, que impide cualquier ajuste en este sentido. Situar un ecualizador gráfico, para corregir la señal de la voz, antes de la etapa y el altavoz de monitor, puede ser útil. Será preciso reducir la ganancia de las frecuencias que originen la aparición de la realimentación -probando los cursores del ecualizador uno a uno, hasta que la realimentación desaparezca- y luego se podrá incrementar el volumen que se aplica al altavoz del monitor.

Figura 30



Un sistema de probada eficacia, que permite al cantante escucharse por los monitores a un buen volumen, es utilizando dos altavoces de monitor que reciben la misma señal, pero con la polaridad opuesta. Para ello se invierten los cables que llevan la señal desde la etapa a uno de los altavoces (terminales roja y negra), y se sitúa el micrófono en un lugar equidistante de los dos altavoces (Fig. 30). Las ondas sonoras que surgen de los dos altavoces se anulan entre si cuando llegan al micrófono, ya que se encuentran en fase opuesta, y así nunca pueden causar realimentación. Por lo menos ésta es la teoría, ya que en la práctica esta anulación por contrafase no es tan perfecta; pero si es suficiente para evitar el acople acústico, siempre y cuando el micrófono no se mueva de su emplazamiento.

Guitarras acústicas. Si bien varios músicos prefieren utilizar micros de contacto con sus guitarras, el rendimiento dinámico de éstos no suele hacer justicia a la riqueza de armónicos que genera este instrumento. Los micrófonos de electret y de condensador son los más indicados para recoger el sonido de las guitarras acústicas, con todos sus matices.

El sonido que recoge el micro de una guitarra varía notablemente según el lugar donde se coloca el micrófono, y es conveniente probar el sonido que se capta desde diversos ángulos, escogiendo el que mejor resulte. En cualquier caso debe haber una distancia mínima entre el micro y la guitarra de 30 cms., siendo preferible colocarlo un poco más lejos.

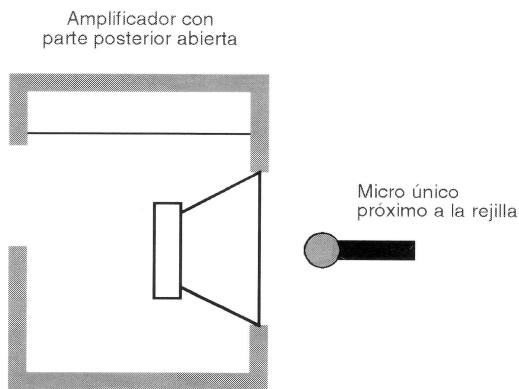
Todo esto puede causar problemas de realimentación acústica si el músico utiliza un monitor convencional; por este motivo muchos instrumentistas utilizan auriculares para monitorizar su música. El uso de auriculares tiene otra ventaja, y es que el guitarrista puede alejarse del micro si oye demasiado fuerte su instrumento respecto a los otros; o acercarse a él si suena demasiado débil respecto al conjunto.

Guitarras eléctricas. Los micrófonos dinámicos, con características cardioides, son los más adecuados para captar el sonido del combo que amplifica a la guitarra eléctrica.

El sistema más habitual es colocando el micro a un palmo delante del altavoz (Figura 31). De ésta forma se resalta el brillo y la definición del sonido emitido por la guitarra.

En algunos casos el sonido puede quedar poco consistente, con poco cuerpo; cuando sucede ésto algunos técnicos optan por colocar el micro en la parte trasera del combo, cuando éste tiene la abertura trasera. Así se logra un sonido más redondo, con mejor volumen; aunque puede quedar falto de definición, menos brillante.

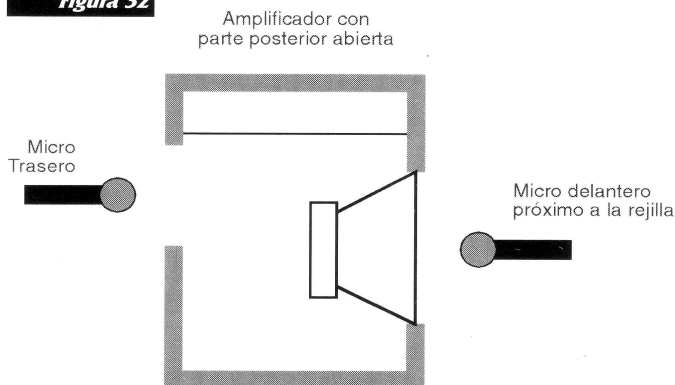
Figura 31



Una solución interesante es la que se muestra en la ilustración 32, en la que se utilizan dos micros para captar el sonido de la guitarra con toda su plenitud. Si se opta por esta disposición, hay que tener la precaución de invertir la fase de la señal que provenga del micro situado en la parte posterior, ya que la señal que capta está en fase opuesta con la señal captada por el micro situado delante del combo.

Las mismas indicaciones dadas para la guitarra eléctrica son válidas cuando se trata de un bajo eléctrico.

Figura 32



Instrumentos de viento. Un profano puede suponer que todo el sonido que emite un instrumento de viento procede de la abertura, o boca del instrumento en cuestión; pero la realidad no es tan sencilla. El sonido de varios instrumentos de viento se escapa, también, por los agujeros que contiene, cuando las claves son levantadas. Y en muchos tipos de flautas el sonido que procede de la boquilla tiene tanta importancia como el que sale por la boca del instrumento.

Por todo esto, el emplazamiento y el ángulo que tenga el micrófono al captar el sonido de un instrumento de viento será determinante, ya que tendrá una influencia decisiva en la tonalidad y el timbre del sonido obtenido.

Así, para captar las flautas, el eje del micro está dirigido a la parte central del cuerpo del instrumento, para que el sonido de la boquilla y de la abertura de salida estén presentes por igual. Si se desea obtener un sonido más agresivo, el eje del micrófono se apunta hacia el agujero de la boquilla.

Para el saxofón hay dos posiciones de captación básicas: si se busca un sonido duro y agresivo el micro debe apuntar en línea recta hacia la boca del instrumento (Figura 33); pero si se desea obtener una sonoridad más dulce el micrófono deberá situarse fuera del eje, de la boca del saxo, tal como aparece en la figura 34.

Para los instrumentos de metal también es válido lo apuntado para los saxos; pero algunos técnicos prefieren que el eje del micro apunte hacia el mismo cuerpo del instrumento, ya que así también recoge las propias vibraciones del metal y enriquece el sonido obtenido. En cualquier caso la distancia entre el instrumento y el micrófono no debe ser inferior a unos 35 cm. si se quiere captar todos los matices que dan estos instrumentos, y a pesar de los problemas prácticos que pueda generar al trabajar en un directo.

Figura 33

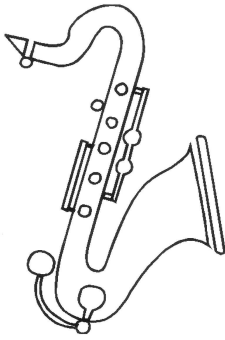
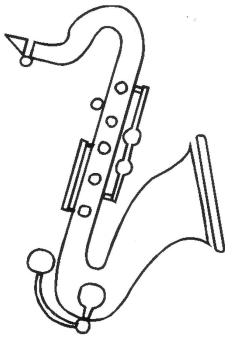


Figura 34



Percusiones. Debido al particular sonido que generan los instrumentos de percusión, los micrófonos que deban captarlo en directo pueden situarse a corta distancia de la membrana. Una norma que siguen muchos ingenieros de sonido directo es la de colocar el micrófono lo más cerca posible del instrumento, pero sin perjudicar la accesibilidad al mismo por parte del músico (dejar todo el espacio libre para que el instrumento pueda ser golpeado); y también sin entorpecer la movilidad de la membrana o placa golpeada.

El sonido que genera un instrumento de percusión puede ser tomado desde arriba o desde abajo del mismo, esto depende de si se prefiere potenciar el golpe o los armónicos que genera. No obstante es preferible, en general, efectuar la toma desde la parte superior, ya que perfila mejor el ataque del instrumento.

El micrófono para el bombo de pie acostumbra a situarse dentro de la misma caja, encarado hacia el punto donde es golpeado para así enfatizar el golpe. Para esta función son muy indicados los micrófonos dinámicos de membrana ancha, que captan correctamente las bajas frecuencias generadas por esta membrana.

Para los platos existen unos modelos de micrófonos especiales de condensador, fáciles de reconocer debido a su pequeño tamaño y a su forma, parecida a un lápiz. El reducido diafragma que llevan estos micros les permite captar con precisión todos los armónicos que generan los metales.

AMPLIFICACIÓN SONORA EN EXTERIORES

¿De dónde procede este encanto tan especial que tienen los conciertos celebrados al aire libre?. ¿Será por la similitud que guardan con las celebraciones paganas de nuestros ancestros cuando, al son de ritmos olvidados danzaban y cantaban, teniendo las estrellas y la Luna como único techo?.

La imagen como de Fiesta Mayor o de acontecimiento especial es propia de los eventos al aire libre; artistas y técnicos deben comprender el espíritu festivo del público e impregnarse en él, si desean conectar.

Al cabo del año son muy pocos los meses en que las condiciones climáticas son favorables para montar este tipo de conciertos. La lluvia, el viento y el frío dificultan la celebración de cualquier espectáculo al aire libre; y aunque se distribuyan bufandas y paraguas entre la concurrencia, los factores meteorológicos pueden hacer fracasar cualquier montaje.

El lugar físico donde se celebra el concierto interviene de una forma decisiva en el resultado del mismo. No es lo mismo actuar en un descampado industrial próximo a un vertedero, que hacerlo en el paseo marítimo de un idílico pueblo mediterráneo. Este hecho lo conocían bien la gente de Pink Floyd, cuando utilizaron como marco de una actuación las pirámides de Egipto durante una noche de luna llena.

En cualquier caso es primordial tener a mano, en los conciertos celebrados al aire libre, unos rollos de plástico impermeable para cubrir el delicado material cuando llueva (ya que tarde o temprano lloverá). Mesas, racks, micrófonos y altavoces deben ser protegidos del líquido elemento, ya que bajo una cortina de agua su utilidad es muy dudosa, y nuestra integridad física puede peligrar (por aquello de las descargas eléctricas).

Del resto de este tema se habla en las páginas que siguen.

-AMPLIFICACIÓN SONORA EN EXTERIORES-

DISMINUCIÓN DE LA INTENSIDAD SONORA CON LA DISTANCIA

Cuando se está situado en un campo abierto, sabemos por experiencia que a medida que nos alejamos de una fuente sonora la sonoridad percibida va disminuyendo. Si se supone una fuente de sonido puntual, y no se tienen en cuenta los factores atmosféricos (viento, humedad, etc.), se puede comprobar que cada vez que se dobla la distancia desde una fuente sonora se observa una disminución de 6 dB SPL. Así si se miden 85 dB SPL a un metro de la fuente de sonido, los valores SPL para otras distancias serán:

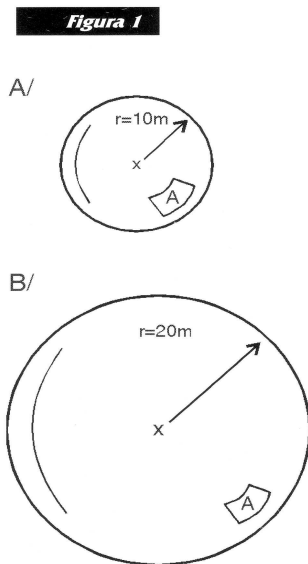
a 2 metros: 79 dB SPL (85 dB - 6 dB = 79 dB)

a 4 metros: 73 dB SPL (85 dB - 12 dB = 73 dB)

a 8 metros: 67 dB SPL (85 dB - 18 dB = 67 dB)

Estos valores son válidos cuando se trata de audiciones al aire libre, en las que el sonido se desplaza en forma de ondas esféricas. En una onda esférica cada vez que se dobla la distancia al centro, la superficie interceptada por la onda se cuadruplica; es decir que la superficie interceptada aumenta con el cuadrado de la distancia (figura 1).

Si por ejemplo, unos altavoces entregan 100 dB SPL a 10 metros, será probable que a 20 metros la presión sonora que generen sea de 94 dB SPL, ya que $100 - 6 = 94$.



En la figura 1 la fuente de sonido está situada en el punto X, y vamos a suponer que irradia el sonido hacia todas las direcciones por igual, comportándose como una fuente sonora esférica. En la figura la esfera tiene un radio de 10 m., todos los puntos situados a esta distancia poseen la misma energía acústica. En la figura 1B el radio de la esfera es de 20 mts., pero el área de la misma será cuatro veces mayor que en 1A, ya que la fórmula para hallar la superficie de una esfera es $4 \cdot \pi \cdot r^2$.

Supongamos que pudiéramos hacer una ventana con el mismo tamaño en cada una de las esferas. La energía acústica que se registraría en la esfera A sería cuatro veces superior a la registrada en la esfera B. Por este motivo podemos afirmar que una relación de potencia acústica 4:1 corresponde a una diferencia en decibelios de 6 dB.

Los cálculos basados en estos valores son muy comunes para cualquier operador de sonido, veamos un par de ejemplos:

Un altavoz tiene una sensibilidad de 105 dB SPL (1 watio, 1 metro), y queremos saber qué nivel sonoro producirá a una distancia de 10 metros si genera una señal con una potencia de 1 watio.

Primero se calcula cuál será la disminución en dB SPL para una distancia de 10 metros, utilizando la fórmula específica comentada en el primer capítulo para los decibelios SPL:

$$20 \cdot \log(10) = 20 \cdot 1 = 20 \text{ dB.}$$

Luego se resta el valor obtenido al nivel que el altavoz genera a 1 metro:

$$105 - 20 = 85 \text{ dB SPL}$$

El nivel sonoro que se recibirá a 10 metros, cuando el altavoz genere un watio de potencia será de 85 dB. Sin efectuar estos cálculos podemos aproximarnos al mismo resultado mediante la sustracción de 6 dB cada vez que se dobla la distancia; aunque sin tanta precisión:

a 1 metro: 105 dB; a 2 mts.: $105 - 6 = 99 \text{ dB}$; a 4 mts.: $99 - 6 = 93 \text{ dB}$; a 8 metros: $93 - 6 = 87 \text{ dB}$; a 16 metros: $87 - 6 = 81 \text{ dB}$.

Veamos otro ejemplo:

La distancia entre las cajas acústicas y el fondo del área ocupada por el público es de 30 metros. La sensibilidad de las cajas es de 98 dB SPL (1 m/1 w) y su potencia admisible es de 100 watios. ¿Cuál será la potencia que entregará, trabajando a su nivel máximo, sobre las últimas filas de la audiencia?

Primero calculamos la relación en decibelios entre 1 watio y 100 watos:

$$10 \log (100/1) = 10 \times \log (100) = 10 \times 2 = 20 \text{ dB.}$$

Luego añadimos la sensibilidad propia del altavoz a 1 watio, con lo que se obtendrá la potencia SPL a 100 watos a un metro de distancia:

$$98 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 118 \text{ dB SPL}$$

Ahora se calcula la pérdida debida a la distancia, suponiendo siempre que se trabaje al aire libre, sin paredes reflectoras ni obstáculos:

$$20 \times \log(30 \text{ mts.}) = 20 \times 1'477 = 29'54 \text{ dB (Por aproximación 30 dB)}$$

Se resta la pérdida debida a la distancia de la potencia que generan las cajas a un metro trabajando sobre 100 watos:

$$118 - 30 = 88 \text{ dB SPL}$$

Esta será la potencia máxima que los altavoces podrán entregar sobre la zona más alejada de la audiencia.

EFECTO DEL RUIDO AMBIENTE

Una de las dificultades con que nos encontramos cuando se intenta la escucha de un sonido determinado al aire libre, es la dificultad que existe en oír únicamente este sonido. El rumor del viento, automóviles por una carretera, un trueno lejano, el paso de un avión, y un largo etcétera son los ruidos que normalmente pueden enturbiar cualquier audición musical en el exterior. A esto se debe añadir el propio ruido que genera el público, que en el caso de los conciertos rock suele ser considerable.

Esto implica que, a cierta distancia de los altavoces, el mensaje musical se mezcle con los ruidos ambientales; este hecho debe ser evitado o reducido a toda costa.

En todas las sonorizaciones en exteriores el factor ruido de tipo ambiental es determinante, y debe ser medurado con la mayor exactitud que nos sea posible. Para ello es interesante contar con la ayuda de un sonómetro, con el cual podemos medir el nivel medio del ruido durante un lapso de tiempo (Por ejemplo 10 minutos), y al mismo tiempo obtener el nivel de ruido máximo (Nivel de pico) registrado durante la medición.

Para conseguir que un sistema de potencia sonorice adecuadamente un espacio abierto, éste debe ser capaz de entregar una potencia de, por lo menos, 25 dB SPL por encima del ruido medio; y de 6 dB por encima del nivel de pico. Estas medidas deben ser tomadas desde las zonas de la audiencia más alejadas de las cajas acústicas, para asegurar la cobertura sonora.

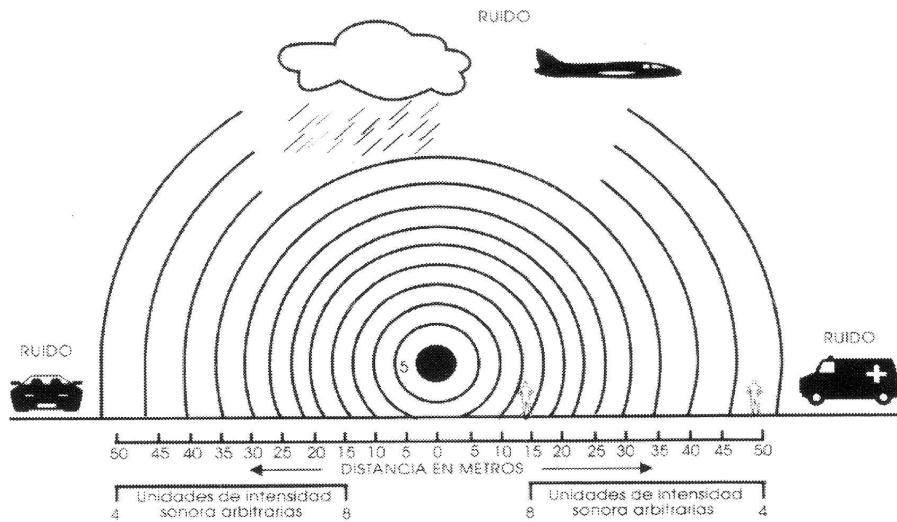
De todas formas, lo ideal sería disponer de un recinto cuya configuración impidiera, en lo posible, la llegada de los ruidos exteriores al público; y potenciara el rendimiento del sistema de potencia mediante la propia estructura del recinto. A menudo esto no es posible, ya que los lugares donde se efectúan los conciertos tienen una estructura fija; pero en ocasiones si es posible escoger el lugar donde se alce el entarimado, y también el espacio que va a ocupar la audiencia. En ambos supuestos una situación correcta favorecerá la calidad de la audición.

COBERTURA SONORA Y CONTROL ACÚSTICO

Si se observa la figura n. 2, en la que está representado el desplazamiento del sonido en campo abierto, se puede observar como la intensidad sonora a unos 50 mts. es la mitad aproximada de la que existe a 15 mts.; de la misma forma la intensidad sonora que se registre a 15 mts. de la fuente del sonido será la mitad de la que se observe a 5 mts.

Con esta regla podemos calcular, de forma aproximada, la pérdida de intensidad conforme aumenta la distancia en un campo sonoro hemisférico; que es el que se forma cuando la fuente de sonido se sitúa a la altura del suelo.

Figura 2



Veamos ahora que sucede cuando la fuente de sonido se coloca cerca de una estructura reflectora, de forma que el sonido sea irradiado con preferencia hacia la zona donde esté situado el público. Tal y como se puede observar en la figura 3 la intensidad sonora a 50 mts. de la fuente sigue siendo la mitad de la que existe a 15 mts.; pero en este caso la intensidad es el doble que antes de colocar la estructura reflectora, utilizando la misma potencia sonora en la fuente (Comparar las figuras 2 y 3).

Figura 3

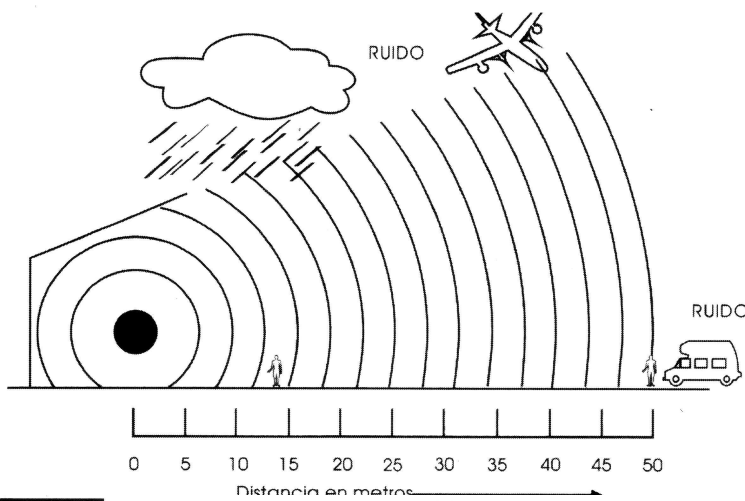
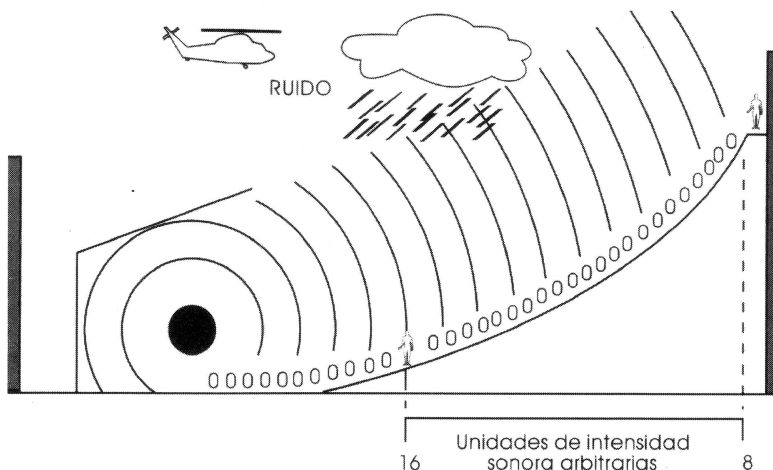


Figura 4



En el segundo caso, además, los ruidos que provengan de detrás de la estructura serán amortiguados por la misma. Este comportamiento acústico es conocido desde tiempos antiguos, los oradores en la Grecia clásica efectuaban sus parlamentos teniendo a sus espaldas una pared, esto les permitía dirigirse a una audiencia muy numerosa sin forzar la voz en exceso. Para obtener aún un mejor aprovechamiento de esta estructura, que actúa como pantalla acústica, es conveniente disponer de una cierta pendiente en la zona donde se ubica el público, de forma que las primeras filas estén en el nivel más bajo mientras que las últimas filas se sitúen más alzadas. Esto permite, por un lado, que la absorción acústica del propio cuerpo humano no perjudique la audición de los que están más alejados de la fuente sonora; y por otro lado, facilita una mejor visión del escenario (Figura 4)

Esta disposición de un recinto es muy difícil de conseguir en los conciertos de rock, pero es útil tenerla en cuenta e intentar, en lo posible, acercarse a esta estructura acústica ideal.

Es absolutamente recomendable, cuando existan paredes reflectoras y se sonorice en exteriores, situar todo el entarimado -escenario y cajas acústicas- a poca distancia de la pared trasera, ya que si esta distancia es excesiva (por ejemplo superior a 15 mts.) el sonido

reflejado en la pared llegará al público con una diferencia de tiempo superior a 1/10 de segundo respecto al sonido directo, enturbiando la audición. Si la diferencia temporal entre el sonido directo y el reflejado es muy pequeña, ambos se integran en nuestro oído y aumentan la sensación de potencia acústica. Estos recintos proporcionan además la posibilidad para los músicos de trabajar con sistemas de monitoraje más sencillos. Debido a la poca distancia que existe entre músicos y pared reflectora, podrán escucharse entre ellos con mayor facilidad, ya que el sonido rebotará en las paredes y se dirigirá hacia sus oídos.

EXTENSIÓN DINÁMICA DE UN SISTEMA DE POTENCIA

Hay dos formas de incrementar la extensión dinámica de un sistema de amplificación sonora, una es incrementar la potencia sonora del sistema (más etapas y más altavoces) y otra es disponer de un recinto con menos ruidos de cualquier índole.

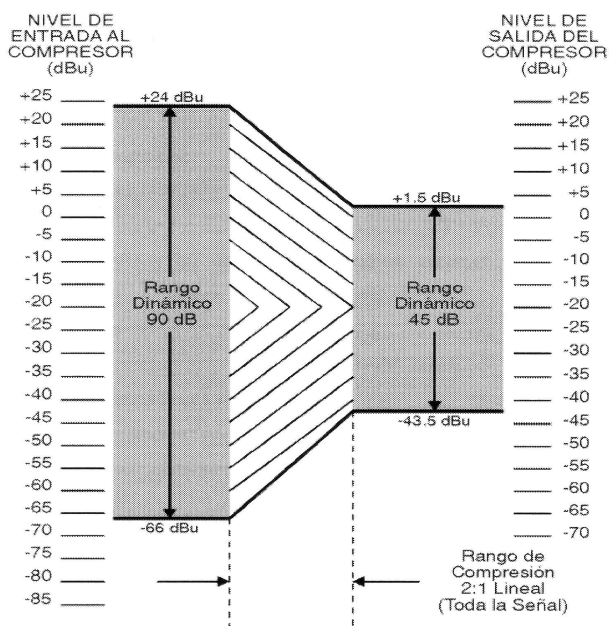
Incrementar el nivel máximo de potencia de un sistema supone hacer frente a unos gastos considerables, ya que cada 3 dB de aumento en el nivel sonoro requiere doblar la capacidad de amplificadores y cajas acústicas. Una posible opción es utilizar las mismas etapas y cambiar los altavoces por otros que tengan una mayor sensibilidad; lo que sucede es que habitualmente estos altavoces que ofrecen un mayor rendimiento son más caros que los otros, y también en ocasiones más voluminosos.

Cuando la extensión dinámica de un programa musical excede la capacidad real de un sistema de amplificación sonora pueden suceder estos dos hechos:

-Los pasajes más fuertes del programa causan la distorsión de etapas y altavoces, pudiendo causar la destrucción de algún componente.

-Los pasajes más suaves del programa musical pueden quedar ocultos por los ruidos externos o los generados por el mismo sistema de amplificación.

Figura 5



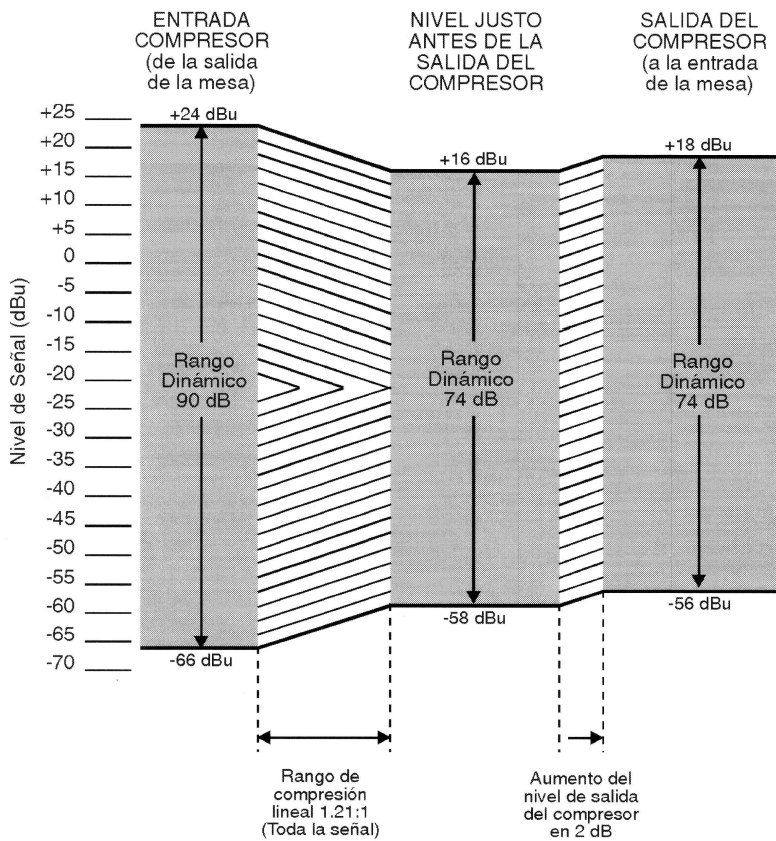
Pongamos por caso que los niveles acústicos a nivel de la microfónica de un sistema van de 40 dB SPL (sonido más débil) a 130 dB SPL (sonido más intenso); esto corresponde a una extensión dinámica de 90 dB. En la mesa de mezclas estos niveles corresponden a unos voltajes que van de -66 dBu hasta +24 dBu. El equipo que se utiliza ha sido comprobado, y resulta que el ruido debido a los propios componentes del sistema está presente a -56 dBu, mientras que el límite donde comienza a saturar está en +18 dBu; esto supone una extensión dinámica de 74 dB. En éste caso será necesario ajustar la extensión dinámica de la señal audio a la que el sistema puede entregar, y reducir los 90 dB del programa original a los 74 dB que el sistema es capaz de entregar sin problemas.

Supongamos que por cada 2 dB de incremento en la señal de entrada se varía 1 dB en la señal de salida; esto es posible colocando un compresor en línea con la señal de salida de la mesa, que opere con una relación de 2:1. El resultado aparece en la figura 5, y se puede comprobar como los niveles de voltaje se encuentran alejados de los límites operativos del sistema, por lo cual no tendremos problemas debidos a la saturación de la señal ni al ruido de fondo. De todas formas la extensión dinámica que en este caso se obtiene es de 45 dB, y está muy lejos de la propia capacidad dinámica del sistema. Sería mejor utilizar un radio de compresión más bajo para ajustar el rango dinámico de la señal al que posee el sistema de amplificación.

encuentran alejados de los límites operativos del sistema, por lo cual no tendremos problemas debidos a la saturación de la señal ni al ruido de fondo. De todas formas la extensión dinámica que en este caso se obtiene es de 45 dB, y está muy lejos de la propia capacidad dinámica del sistema. Sería mejor utilizar un radio de compresión más bajo para ajustar el rango dinámico de la señal al que posee el sistema de amplificación.

En la figura 6 la señal original ha sido comprimida utilizando una relación de 1'22:1, con lo que la dinámica del programa musical ha pasado de 90 dB a 74 dB. Como el nivel mínimo de la señal se encuentra por debajo del nivel de ruido del sistema (-56 dBu), se ha aumentado el nivel de salida del compresor en 2 dB, con lo que se consigue un ajuste perfecto entre la dinámica del programa musical y la capacidad dinámica del sistema.

Figura 6



En ambos casos (Figuras 5 y 6) se ha logrado evitar que la dinámica de la señal audio exceda a la dinámica del sistema de potencia, pero es mucho más recomendable actuar como en el segundo caso, ya que se asemeja mucho más a la extensión dinámica original, obteniendo un sonido mucho más natural que el que se obtendría utilizando una compresión mayor.

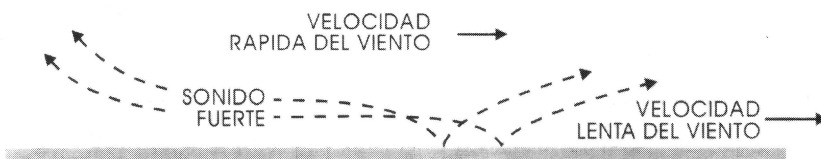
LOS FACTORES ATMOSFÉRICOS

Cuando el sonido se propaga en un campo abierto está sujeto a la influencia de varios factores ambientales que pueden hacer variar los cálculos más precisos. Estos factores son el viento, la temperatura y la humedad.

El efecto que produce el viento sobre las ondas sonoras está ilustrado en la figura nº 7, y éste es más notable cuando dos corrientes de aire se mueven a distinta velocidad y a distintas alturas. De todas formas siempre que el viento sopla en la misma dirección en que se propaga este sonido tiende a refractarse hacia abajo; mientras que cuando van en direcciones opuestas las ondas sonoras se desvían hacia arriba.

Cuando el viento sopla de forma lateral respecto a la dirección de propagación sonora puede desviar ligeramente las ondas sonoras, si bien en éstos casos el ángulo de desviación suele ser muy reducido. Téngase en cuenta que un viento muy fuerte puede ir, por ejemplo, a unos 80 ó 90 kilómetros por hora; mientras que la velocidad del sonido es de 340 mts./segundo, lo que pasado a Km/hora resulta de 1.224 Km/hora. Por fuerte que sople el viento su velocidad será siempre muy inferior a la del sonido, y su influencia en la dirección que tomen las ondas sonoras será bastante relativa, aunque debe ser considerada.

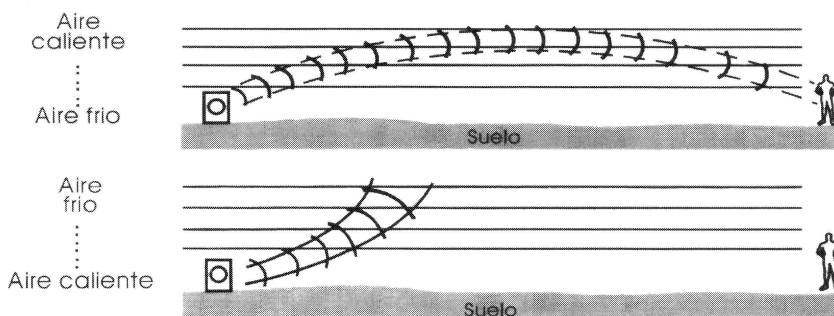
Figura 7



Mayor importancia tiene el gradiente de temperatura en todas las sonorizaciones en exteriores. En la ilustración nº 8 se puede observar el comportamiento de las ondas sonoras según las condiciones de temperatura ambiental. En condiciones normales, la temperatura de las capas más altas del aire es inferior que la que existe en las capas más bajas; en estas condiciones el sonido tiende a refractarse hacia arriba.

Cuando el concierto se realiza por la tarde o por la noche éstos son los gradientes de temperatura más habituales, ya que la irradiación solar ha calentado el suelo, y el aire más cálido se encuentra cerca de la superficie.

Figura 8



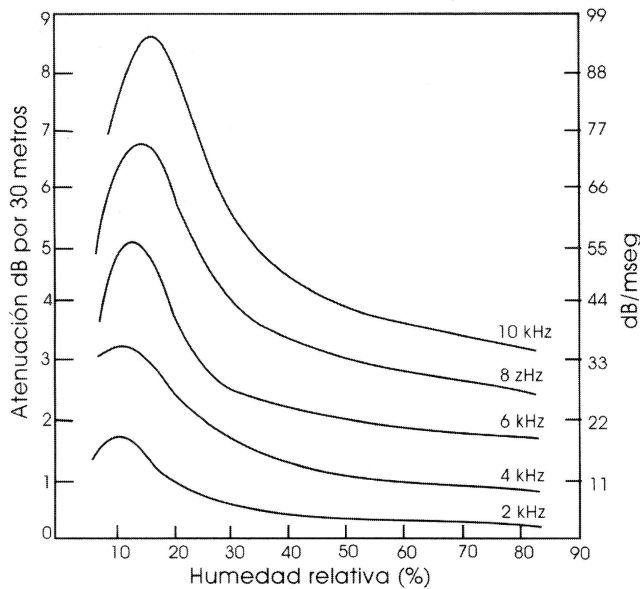
En otras ocasiones sucede que el aire de las capas inferiores se encuentra a menor temperatura que el de las capas superiores; a esto se le denomina inversión térmica. Con éstas condiciones las ondas sonoras se refractan hacia el suelo, y tienden luego a desplazarse por las capas de aire

situadas a gran altura, pudiendo llegar a cubrir grandes distancias.

La distinta direccionalidad que adquiere el sonido, según sea la temperatura de las capas de aire, motivan estos fenómenos; y el técnico debe reconocerlos y actuar en consecuencia, especialmente cuando se trate de lugares de gran dimensión, variando el ángulo de los altavoces ante el auditorio.

La humedad del aire es otro de los factores atmosféricos que intervienen en la propagación sonora, ya que puede atenuar todas las frecuencias que se encuentren por encima de 2 kHz., cambiando así el equilibrio tonal del programa musical. Es por este motivo que cuando percibimos el sonido de un trueno, originado a

Figura 9



mucha distancia, sólo oímos un rumor muy grave: las altas frecuencias del relámpago han sido totalmente absorbidas por la humedad atmosférica, que acompaña a toda tormenta.

A pesar de todo, el aire seco absorbe mayor cantidad de energía sonora que el aire húmedo, esto es debido a que el aire húmedo tiene una densidad menor que el aire más seco (ya que el vapor de agua es menos denso que el aire). En la figura nº 9 se puede comprobar este hecho, y también que la absorción es mayor a medida que aumenta la frecuencia del sonido. El buen técnico tendrá este factor en cuenta, muy especialmente en conciertos al aire libre, y potenciará la respuesta del sistema a las frecuencias que resulten afectadas, mediante el uso del ecualizador gráfico.

SITUACIÓN DE LAS CAJAS ACÚSTICAS

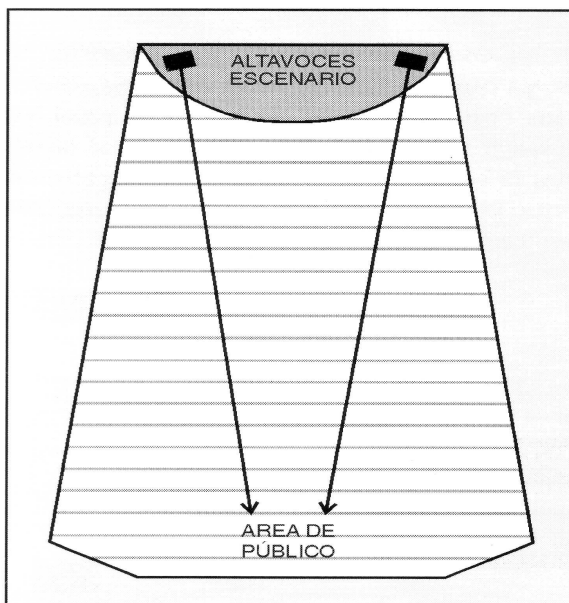
Cuando se trabaja en exteriores, y no hay superficies que puedan reflejar el sonido del sistema, el emplazamiento de las cajas acústicas se convierte en una práctica relativamente sencilla.

Primero hay que determinar los requerimientos del espacio en cuestión, superficie a cubrir, potencia

necesaria, nivel medio del ruido exterior, etc., observando y analizando el lugar. Conocidos estos factores se busca el mejor emplazamiento para las cajas acústicas, cuidando de que mantengan una cobertura completa para toda la audiencia.

El nivel del sonido debe tener un valor razonable para cualquier punto situado dentro del área de audiencia. Los altavoces deben estar situados por encima de donde está el público, con la inclinación y el ángulo que se precise en cada caso. No se debe olvidar que el ángulo de cobertura horizontal de un altavoz es siempre mucho mayor que el de cobertura vertical, por ello a veces una ligera inclinación de las cajas puede mejorar notablemente la cobertura de las frecuencias medias y altas.

Figura 10



Es muy frecuente, por razones prácticas, emplazar las cajas acústicas a ambos lados del escenario. En estos casos se obtienen los mejores resultados dirigiendo el eje de los altavoces hacia el punto central de las filas más alejadas del escenario (Fig. 10). De esta forma, la combinación de los dos grupos de cajas proporciona un nivel sonoro bastante equilibrado para toda la audiencia, de manera que no existan "baches acústicos", lugares donde la percepción sonora es muy inferior al promedio del recinto.

Es preciso evitar una excesiva proximidad del público a las cajas acústicas, por razones de protección auditiva. Muchos altavoces que actualmente operan en sistemas de potencia son capaces de entregar presiones cercanas o superiores a los 130 dB SPL, que como se sabe coincide con el umbral del dolor en el oído humano. Si cualquier persona se sitúa demasiado cerca de uno de estos altavoces durante más de dos minutos, tiene asegurada la consecución de una sordera parcial que puede ser permanente.

CONEXIONADO ENTRE ETAPAS Y CAJAS

Cuando se efectúan las conexiones entre las etapas de potencia y las cajas acústicas, se busca reducir al mínimo las pérdidas ocasionadas por la propia resistencia del cable conductor. Cuanto más largo es el cableado mayor es la resistencia que presenta; cuanto más grueso es el diámetro del cable más baja es la resistencia del mismo.

La capacitancia y la inductancia que pueda existir entre los dos cables conductores pueden ocasionar un efecto indeseado en el sonido que se obtenga, ya que los mismos cables pueden constituir una especie de filtro pasa altos o pasa bajos, y esto afecte la respuesta en frecuencias de la señal que llega a los altavoces, cambiando el espectro tonal.

Utilizar un cableado lo más corto posible, colocando las etapas a la menor distancia de los altavoces es el primer requisito para reducir cualquier pérdida en la señal. También es importante utilizar un cable en el que los filamentos conductores estén bien aislados entre sí y con el exterior, que tengan un grosor más que suficiente para la carga que deban soportar.

Los conectores más utilizados en las cajas acústicas son los que se pueden ver en la figura 11, en ellos puede conectarse el cable conductor pelado (11 B), o bien un enchufe tipo banana (11 A).

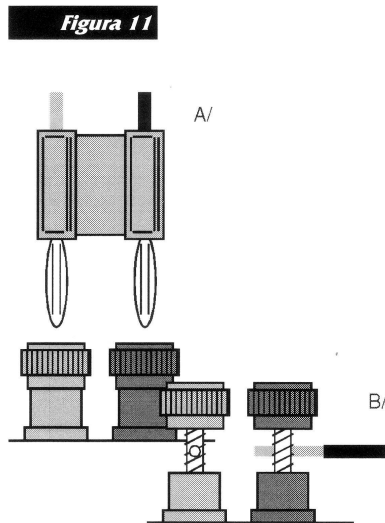


Figura 11

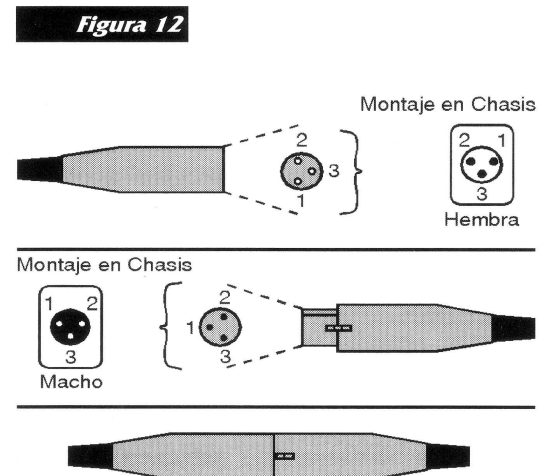


Figura 12

Otro sistema de conexión es el que se sirve del enchufe tipo jack de 1/4", el mismo utilizado para los niveles de línea y que también puede utilizarse para los niveles de carga. No obstante no son los conectores más adecuados para esta última función; por un lado es posible confundir los cables para línea con los de carga, por otro lado un conector tipo jack puede ser desconectado accidentalmente si se produce un estirón en el cable, ya que no dispone de ningún anclaje.

El conector XLR es uno de los más utilizados en los sistemas de potencia en directos, para la interconexión entre etapas y cajas acústicas. Existe una tendencia, cuando se trata de conectores XLR, de utilizar con preferencia terminales "macho" para la conexión en los altavoces, esto se debe a dos motivos:

-Los conectores XLR con terminales "hembra" son los habitualmente usados para las conexiones microfónicas, utilizando el otro tipo de terminal se evitan posibles confusiones al realizar el conexionado.

-Las líneas de carga contienen unos voltajes relativamente elevados, al usar terminales "hembra" en los conectores que van a los altavoces se reduce la posibilidad de un shock eléctrico, ya que estos terminales no presentan ninguna superficie que el operador pueda tocar por descuido (Figura 12).

Los conectores XLR con cuatro terminales también se utilizan comúnmente para la unión entre etapas y altavoces, ya que ofrecen algunas ventajas adicionales. La imposibilidad de confundirlos con conectores de micro es total, ya que contienen 4 puntas en lugar de las 3 habituales. Por otra parte al llevar cuatro conductores pueden transportar la señal de dos altavoces distintos, así pueden usarse para conectar la señal que provenga de dos etapas con una caja biamplificada. En la figura 13 se muestra en esquema como se realiza, en la práctica, este tipo de conexionado.

En la actualidad se ha ido implantando progresivamente la utilización de unos nuevos conectores, denominados "speakon", que han sido diseñados para su uso exclusivo en cajas acústicas. Estos

conectores ofrecen una elevada seguridad en el conexionado, gracias a su sistema de anclaje; al dar un cuarto de vuelta hacia la derecha el conector speakon queda firmemente agarrado a la caja, evitando ser desconectado por cualquier estiramiento que pueda sufrir el cable de carga.

Observar la polaridad correcta en las conexiones entre etapas y altavoces es muy importante. Si uno de los altavoces de un sistema funciona con la polaridad invertida, el sonido que genera cancela una gran parte del sonido generado por otro altavoz idéntico, ya que se encuentran en fases opuestas.

Por otro lado, cuando se trata de altavoces para bajas frecuencias, la polaridad inversa de uno de ellos puede causar la propia destrucción física del altavoz cuando se opera con potencias elevadas. Esto sucede porque mientras el cono de los otros altavoces se mueven hacia fuera, el que lleva la polaridad invertida se mueve hacia dentro, y viceversa; la presión acústica de los otros altavoces puede hacer que el altavoz con la conexión invertida tenga un comportamiento desigual, y su cono efectúe unas excursiones exageradas que acaben por destruirlo.

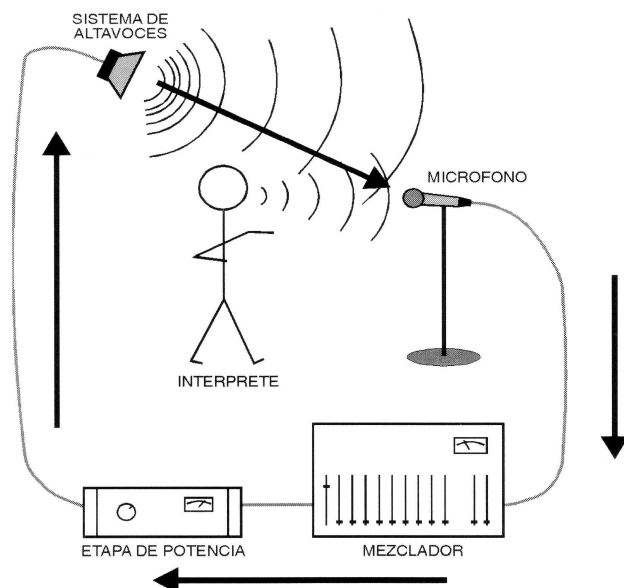
Por todo ello hay unos colores normalizados que nos sirven para conocer donde debe conectarse cada terminal. Antes de trabajar con cualquier sistema, no es mala idea comprobar la correcta polaridad del conexionado de los altavoces; en el capítulo dedicado a los altavoces se explica una forma muy sencilla de llevar a cabo esta comprobación.

CONTROL DE LA REALIMENTACIÓN EXTERIOR

Imaginemos un sistema de sonido básico, compuesto de un micrófono, un mezclador, un amplificador y un altavoz (Figura 14). Cuando el sistema esté operativo se va aumentando la ganancia del amplificador y del mezclador, hasta que llega a un punto en que el sonido se acopla, es decir, las ondas sonoras procedentes del altavoz se unen con las del intérprete ante el micrófono, originando un molesto silbido.

Este fenómeno es conocido con el nombre de realimentación acústica (en inglés feedback), y se forma cuando se produce una especie de bucle acústico que une la señal de origen con la misma señal reproducida por el altavoz.

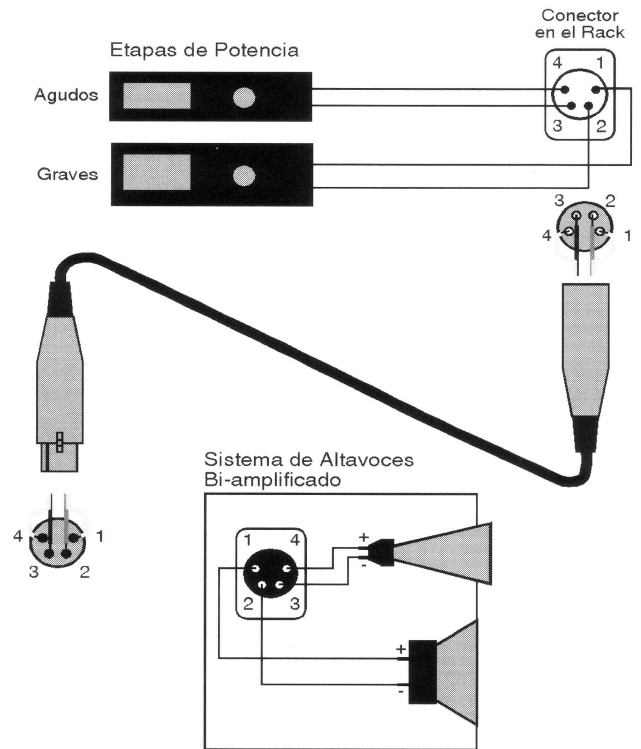
Figura 14



La realimentación acontece cuando la ganancia acústica de este bucle llega a la unidad, es decir que el sonido procedente del altavoz que llega ante el micrófono tiene la misma intensidad que el que procede del intérprete, y además se encuentra en fase.

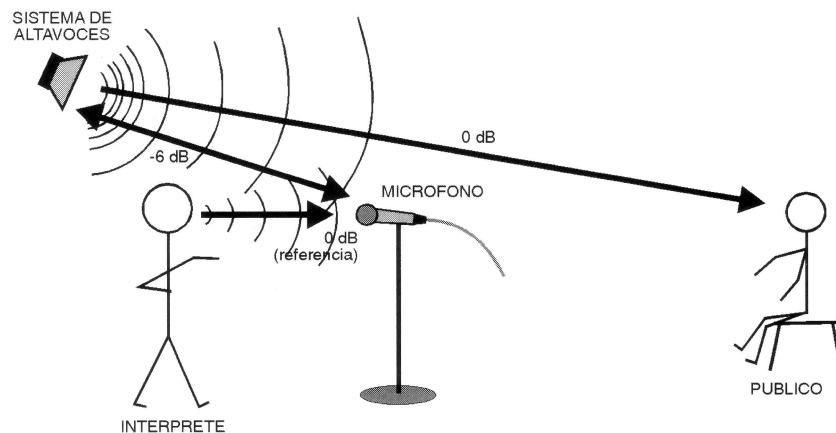
Cuando por acción de las cajas acústicas del sistema principal (*Public Address*) aparece la realimentación acústica, el operador debe reducir el nivel de ganancia del sistema entre 3 y 6 dB, ello le proporcionará un margen razonable de seguridad durante el concierto. Una buena

Figura 13



colocación de las cajas acústicas tiene un especial importancia para prevenir la aparición de la realimentación; un buen control de la direccionalidad en los altavoces es uno de los mejores antídotos para este problema.

Figura 15



Veamos ahora la figura nº 15, los elementos que se utilizan en este sistema son altamente direccionales -altavoz y micrófono- debido a la orientación de ambos componentes la presión acústica que llega al micro procedente del altavoz está 6 dB por debajo de la que recibe el público. Con estas condiciones la aparición de la realimentación acústica es, en la práctica, muy difícil. No obstante hay que tener presente el comportamiento de las bajas frecuencias, ya que la mayoría de altavoces especializados emiten estas frecuencias con un ángulo muy amplio, siendo en la práctica muy difícil de controlar su direccionalidad. En resumen, para evitar en lo posible la aparición de la temida realimentación acústica entre los altavoces principales y la microfonaía, hay que tener en cuenta estos tres factores:

-Vigilar las características direccionales de micrófonos y altavoces, intentando que en ningún caso coincidan sus ángulos operativos.

-Intentar que las cajas acústicas estén situadas lo más lejos posible de los micrófonos.

-Procurar que los micros estén lo más cerca posible de las fuentes de sonido.

CALIBRACIÓN Y EQUILIBRADO DE UN SISTEMA

Una vez se ha montado un sistema de potencia, y se han efectuado las oportunas comprobaciones sobre el buen funcionamiento de los elementos que lo integran, llega el momento de calibrar el equilibrio entre frecuencias del sistema, es decir igualar la ganancia para todo el espectro tonal en el programa musical.

El lugar ideal para encontrar la ecualización de referencia en un sistema sería en campo abierto, donde no existiera ningún rebote que perjudicara la comprobación. Por desgracia demasiado a menudo estos lugares reciben distintos ruidos -tránsito de vehículos, ruidos de industrias, etc.- que impiden realizar un buen calibrado.

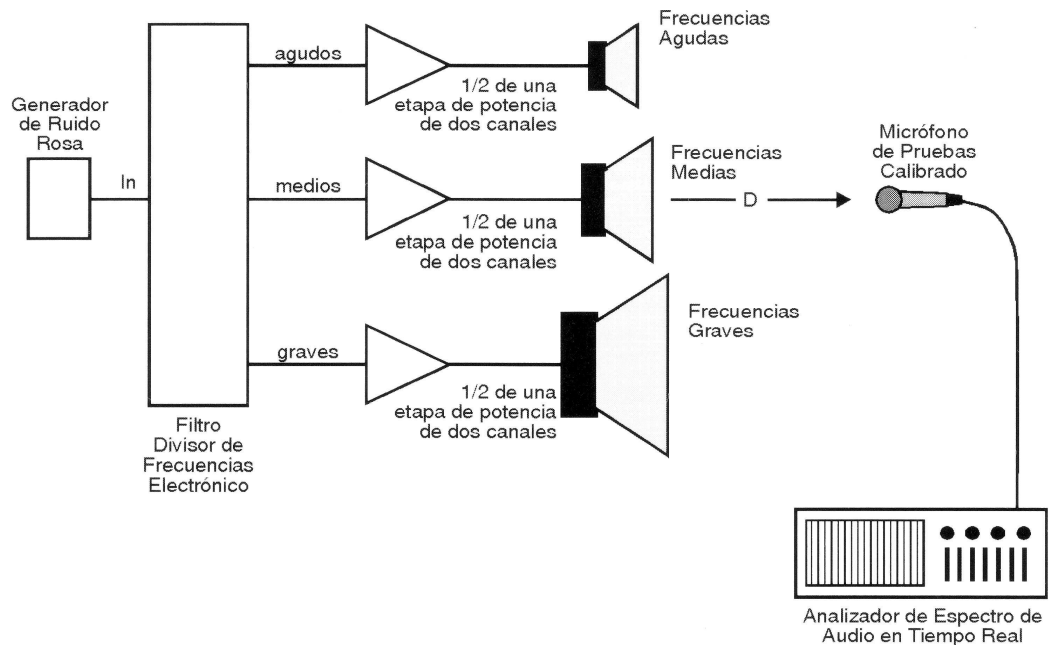
Si no es posible, por estos motivos apuntados, efectuar estas pruebas en exteriores, sería oportuno realizarlas en un recinto cerrado, pero con unas características que lo asemejarán a un recinto al aire libre. Para ello sería interesante que tuviera un coeficiente de absorción cercano a la unidad por todas sus paredes y techo, y así se evitarán todos los ecos y rebotes que inevitablemente se originan en los lugares cerrados.

El objeto de esta calibración es múltiple, se trata de comprobar si el reparto de los grupos de frecuencias es el adecuado, de constatar que la dispersión efectuada por los sistemas de altavoces no perjudica zonas de la audiencia; en resumen se trata de ecualizar la respuesta global de todo el sistema de potencia.

La forma idónea de efectuar esta comprobación se esquematiza en la figura 16, para ello se precisa contar con un analizador del espectro en tiempo real, un micrófono perfectamente calibrado, y un generador de ruido rosa -los analizadores de espectro y muchas mesas de mezclas contienen generadores de ruido rosa.

Se introduce el ruido rosa en el sistema y se envía hacia las etapas y los altavoces. El micrófono se conecta al analizador de espectro y se observa cuál es la respuesta del sistema a todos los grupos de frecuencias; mediante el ecualizador general del sistema se reduce la ganancia de las frecuencias que estén sobreamplificadas, y se aumentan las frecuencias que presenten una respuesta más baja.

Figura 16



Cuando se ha logrado un cierto equilibrio entre todos los grupos de frecuencias, es el momento de cambiar la situación del micrófono y repetir la comprobación; esto debe repetirse entre tres y cuatro veces situando el micro a diversas distancias de los altavoces y con distintos ángulos respecto a éstos. El sistema estará bien calibrado cuando la respuesta entre las frecuencias situadas entre 150 Hz. y 10 kHz. sea razonablemente plana, y cuando la diferencia que pueda originarse al cambiar el micrófono de situación no supere los 6 dB en cada banda de frecuencias.

Cuando se efectúa esta comprobación no hay que tomar demasiado en cuenta la banda de frecuencias comprendida entre 50 Hz. y 60 Hz., ya que estas frecuencias corresponden con las de transporte de la corriente alterna, y suelen tener una presencia notable en la composición del ruido rosa.

Si existen diferencias muy notables en lo referente a las bandas de frecuencias cuando cambiamos el micrófono de posición, será preciso invertir la polaridad de las señales que envía el filtro activo hacia los amplificadores de agudos -en un sistema biamplificado- o bien invertir la polaridad de las señales que alimentan el grupo de frecuencias medias -si el sistema es triamplificado-. También puede intentarse variar levemente los puntos de corte entre grupos de frecuencias, ya que en ocasiones pueden originarse cancelaciones de fase debido a la incorrecta situación de éstos.

Si estas actuaciones no mejoran el equilibrio tonal entre distintos puntos de la zona de audiencia, es muy probable que el problema se origine debido a una incorrecta distribución de los altavoces, y habrá que reestructurar la posición y dirección de los altavoces de agudos o de medios, según la banda de frecuencias que presente mayores diferencias.

Cuando no se cuente con la ayuda del analizador de espectro, el operador del sonido tendrá que efectuar las pruebas valiéndose de su voz y de sus oídos. Con un micrófono (que disponga de un cable bastante largo) comprobará el equilibrio tonal en un punto de la zona de audición, aquí se puede llevar a cabo una ecualización general de referencia hasta que el operador escuche su voz correctamente por el sistema. Luego deberá efectuar la misma prueba en distintos puntos del recinto, para comprobar si "suena" igual; ya que en caso contrario habrá que hacer los ajustes antes indicados, pero con el único auxilio de sus oídos.

En ambos casos, después de calibrar un sistema de potencia, será conveniente introducir un programa musical y efectuar su escucha; ya que a veces un sistema con una respuesta plana puede no satisfacer los oídos de los aficionados a algún género musical. No obstante disponer de un sistema bien equilibrado garantiza, en cualquier caso, un rendimiento muy alto del conjunto; sin que ello impida efectuar posteriormente las correcciones oportunas, según el tipo de música que se vaya a amplificar.

AMPLIFICACIÓN SONORA EN INTERIORES

Existe una curiosa coincidencia física entre el mundo del deporte y el de la música en vivo, ya que muchos recintos construidos para la práctica de diversos deportes, se utilizan con mucha frecuencia para albergar conciertos musicales.

En estos templos de la competición deportiva se aplaude por igual una canasta triple que un solo de guitarra; el deporte y la música tienden así a acercarse.

Por esta curiosa simbiosis, cada vez hay más artistas entrenados para sudar la camiseta sobre el escenario, ya que hoy disponer de una buena forma física es casi obligado para actuar.

¿Siempre ha sido así?, la respuesta, evidente, es que no.

Los integrantes de las bandas en los años 60 y 70 tenían en común un aspecto descuidado, un semblante poco saludable, como afectados por alguna sustancia psicotrópica. Esto era bien visto por el público de aquella época, ya que lo consideraba normal -y hasta deseable- dentro del proceloso mundo del rock.

A mediados de los 80, tras innumerables actuaciones en Palacios de Deportes, comenzó el cambio que ha llegado hasta nuestros días. En la actualidad, hasta los integrantes de los grupos más duros gozan de una forma física perfecta, y dejan entrever unos colores que indican una salud de hierro, producto de la vida hiper-sana que llevan.

Ciertamente, hoy la mayor parte de artistas son personas de aspecto pulcro, amantes del deporte y la ecología, que se apuntan al primer festival anti-drogas que se les ofrezca: auténticos ejemplos para la inquieta juventud.

Algunas bandas aún conservan una imagen rebelde e inconformista (lo romántico vuelve a estar de moda); pero desengañémonos, todos ellos practican gimnasia diaria, no fuman y comen sano, y cuando beben lo hacen a escondidas y con moderación.

¿Tiene esto algo que ver con los numerosos conciertos celebrados en pabellones deportivos?, ¿Acaso la atmósfera atlética de estos locales ha afectado finalmente el psique de los artistas?

No estoy seguro de la respuesta, pero me temo lo peor.

-AMPLIFICACIÓN SONORA EN INTERIORES-

REFLEXIÓN Y REVERBERACIÓN SONORA EN RECINTOS

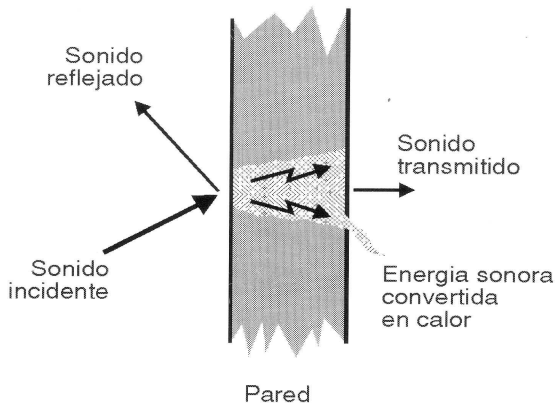
Los muros, techos y suelos de un espacio cerrado tienen una importancia determinante en lo que se refiere al sonido que se obtiene dentro de este recinto. En la figura 1 se representa lo que ocurre cuando una onda sonora incide en una pared; una gran parte de la energía acústica es reflejada, pero un porcentaje de esta energía es absorbida por la pared. Una parte de esta energía se convierte en calor, pero otra parte es transmitida a través de la pared hacia la cara opuesta del tabique.

El tipo de material con que esté construida la pared determinará los distintos porcentajes de reflexión, absorción y transmisión sonora; y en consecuencia la acústica que presente el recinto. Cualquier variación en los materiales que cubran las paredes, techos y suelos de un local tendrá un efecto en la acústica que presente el mismo.

En el capítulo de Acústica Musical se han presentado los conceptos de reflexión y reverberación sonora; ambos fenómenos cobran su mayor importancia cuando se trata de sonorizar recintos cerrados.

Un primer parámetro que nos permite ponderar la calidad acústica de un recinto es el intervalo de tiempo que hay entre la llegada del sonido directo y las primeras reflexiones del mismo. Este intervalo puede variar en función del tipo de sonorización que se efectúe. Así, por ejemplo, cuando sea importante conseguir un entendimiento perfecto del mensaje hablado, este intervalo debe tener un valor muy corto: inferior a 1/10 de segundo. Si se trata de una audición musical este tiempo

Figura 1



puede ser más elevado; pero para favorecer una escucha correcta no es recomendable que sobrepase nunca 1/6 de segundo: Este es el tiempo que puede transcurrir entre la llegada del sonido directo y el que procede de las primeras reflexiones del mismo.

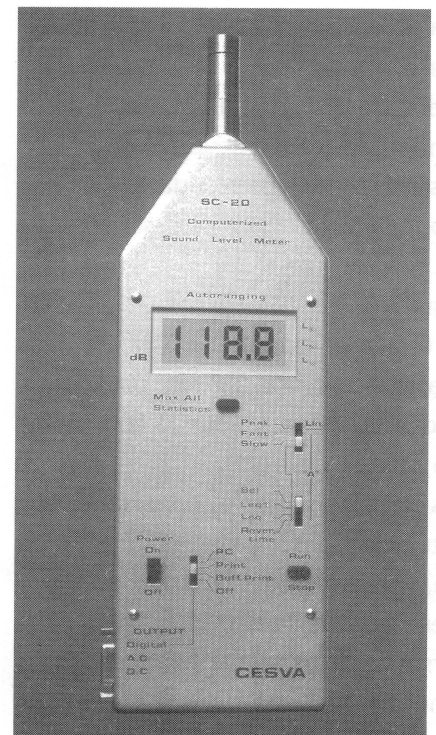
Cuando se trate de acondicionar pequeños locales, el tiempo de reverberación es el parámetro más importante que podremos controlar; ya que el intervalo entre el sonido directo y las primeras reflexiones está condicionado por las propias dimensiones del recinto. En efecto, el sonido reflejado que llega a nuestro oído en menos de 1/10 de segundo tras haberse originado, se confunde con el sonido original directo.

De esto podemos deducir que el eco, o las reflexiones distinguibles del sonido original sólo pueden darse en recintos suficientemente amplios. En locales pequeños las primeras reflexiones sonoras llegan a nuestros oídos en fracciones de segundo, confundándose con el sonido directo. Las reflexiones secundarias que se originan son también muy rápidas, en los recintos pequeños, como para crear una discontinuidad sonora; pero son suficientes para provocar un aumento de la sonoridad, a este efecto se le conoce con el nombre de resonancia del local.

Un tiempo de reverberación relativamente corto, con un contenido espectral equilibrado, se percibe con agrado; y es considerado musicalmente adecuado. Un tiempo de reverberación demasiado largo dificulta el entendimiento de la palabra, y confunde la escucha musical. Cuando asistimos a un concierto en locales tipo Palacio de los Deportes, o grandes naves industriales, la acústica suele ser nefasta; no porque el sonido esté a un nivel muy alto, sino porque el tiempo de reverberación que tienen estos recintos es demasiado largo.

La ayuda de un sonómetro (Figura 2) será imprescindible para el técnico que desee controlar el tiempo de reverberación de cualquier recinto; así como también para medir el nivel de presión sonora en dB.

Figura 2



CONTROL DE LA REVERBERACIÓN

De todo lo expresado se deduce que tener un cierto control sobre el tiempo de reverberación de un local es muy importante si se desea ofrecer un sonido nítido y claro durante la audición, sacando el máximo partido del sistema de potencia.

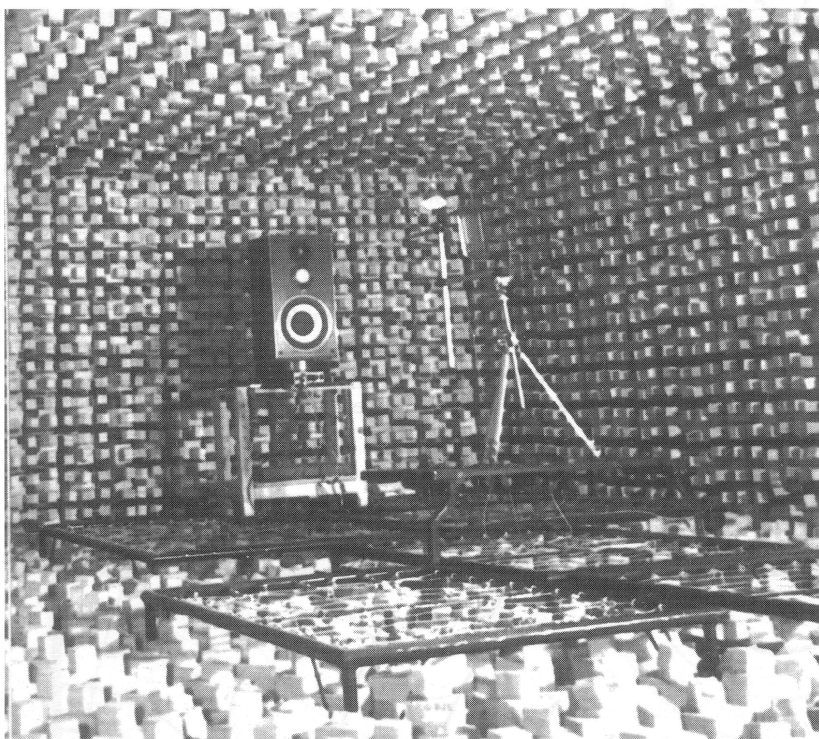
Los problemas de sonorización se complican en el caso de trabajar en recintos con paredes paralelas y altamente reflectantes, sin cortinajes ni materiales absorbentes. Basta con efectuar unas palmadas en estos recintos para percibir el efecto de una permanente disminución cíclica en las ondas sonoras. Esto da lugar a que estos recintos puedan ser clasificados como acústicamente "vivos", y entran en esta definición todos aquellos locales que no contienen prácticamente elementos absorbentes.

En otro extremo cabe situar a los recintos acústicamente "muertos", que son aquellos que contienen un mobiliario pesado y numeroso, repletos de cortinajes; o bien que estén recubiertos con materiales altamente absorbentes. En estos recintos el valor del sonido reflejado y reverberado es mínimo, y el resultado de la audición se nos presenta demasiado seco, sin perspectiva de espacio.

Los recintos "vivos" favorecen en especial a la música de tipo coral ya que el sonido que percibe la audiencia se compone del directo más el reflejado y el reverberante. Como ejemplo de recintos de este tipo, tenemos las grandes basílicas y las catedrales, con unos tiempos de reverberación muy altos, ya que suelen estar por encima de los cuatro segundos. La antigua música sacra se componía de forma que pudiera aprovecharse el efecto de reflexión sonora que proporcionan estos espacios. No obstante, como se puede comprobar, la escucha de otros estilos musicales (y especialmente de la palabra hablada) es muy confusa en todos los recintos que posean estas cualidades acústicas.

Por otro lado, los locales que contengan un exceso de elementos absorbentes suelen provocar una audición demasiado seca, ya que la práctica desaparición de las reflexiones sonoras implica la obtención de un sonido sin relieve; nítido en grado sumo pero exento de la sensación de volumen panorámico. Un ejemplo extremo de un recinto acústicamente "muerto" sería una sala anecoica, donde la absorción interna es superior al 99%, de forma que en la práctica sólo es posible percibir, en su interior, las ondas sonoras directas. Estas salas son útiles cuando se trata de comprobar o calibrar micrófonos o altavoces; pero son absolutamente inadecuadas para la audición o la ejecución musical. (Figura 3)

Figura 3



Nos encontramos pues, con que para conseguir un tiempo de reverberación adecuado a las dimensiones del local, y también al tipo de música que se va a ofrecer, es preciso conocer las propiedades de absorción acústica que poseen los materiales empleados en la construcción y decoración del local. También tiene su importancia estudiar el lugar preciso donde se colocan los materiales -absorbentes o reflectantes- ya que pueden modificar el intervalo de tiempo que transcurre entre el sonido directo y el reflejado.

El emplazamiento y la orientación de los altavoces tiene, en los recintos cerrados, una importancia capital para obtener un tiempo de reverberación correcto.

Para los conciertos de música rock, el tiempo de reverberación más indicado oscila entre 1'7 segundos y 3 segundos, estando la sala vacía de público. El valor más adecuado para cada caso vendrá en función de la capacidad del local; cuanto mayor es ésta, más largo puede ser el tiempo de reverberación que se obtenga.

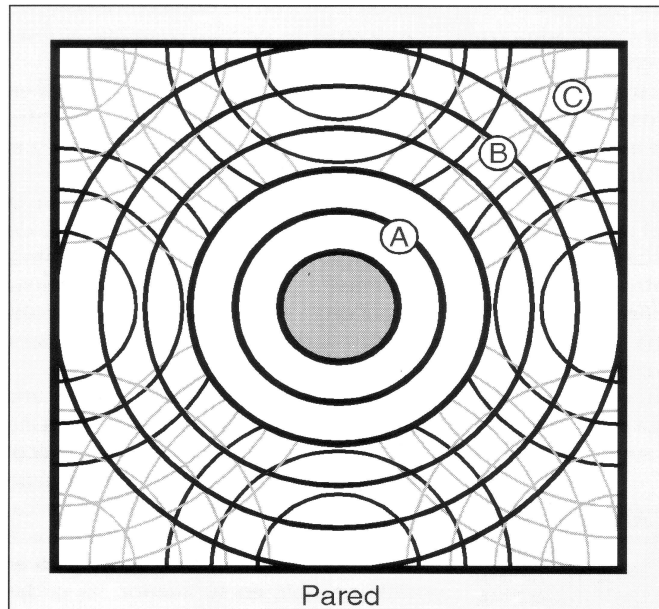
DISTANCIA CRÍTICA

Cada vez que se dobla la distancia entre un sujeto y una fuente sonora, la intensidad percibida disminuye en 6 dB. Este hecho, que se trata en el capítulo de Amplificación en Exteriores, también es válido en

amplificaciones en recintos cerrados; pero sólo hasta que se llega a la distancia crítica de las fuentes sonoras.

En el diagrama 4, se muestra una fuente de sonido omnidireccional, que envía ondas sonoras en todas direcciones dentro de un local cerrado. El sonido directo proveniente de la fuente que va perdiendo intensidad a medida que se va alejando de la misma. Si alguien se sitúa en el punto A, a poca distancia de la

Figura 4



- ===== Sonido directo más fuerte
- ===== Sonido directo más flojo
- ===== Sonido reflejado más fuerte
- ===== Sonido reflejado más flojo

fuente sonora, la intensidad del sonido directo estaría muy por encima de la del sonido reflejado. No obstante, a una cierta distancia (en B), resultaría que la intensidad del sonido directo sería igual a la del sonido reflejado. Si se siguiera alejando de la fuente sonora, llegaría un punto (en C) en que la intensidad provocada por el sonido reflejado sería mayor que la originada por el sonido que proviene directamente de la fuente.

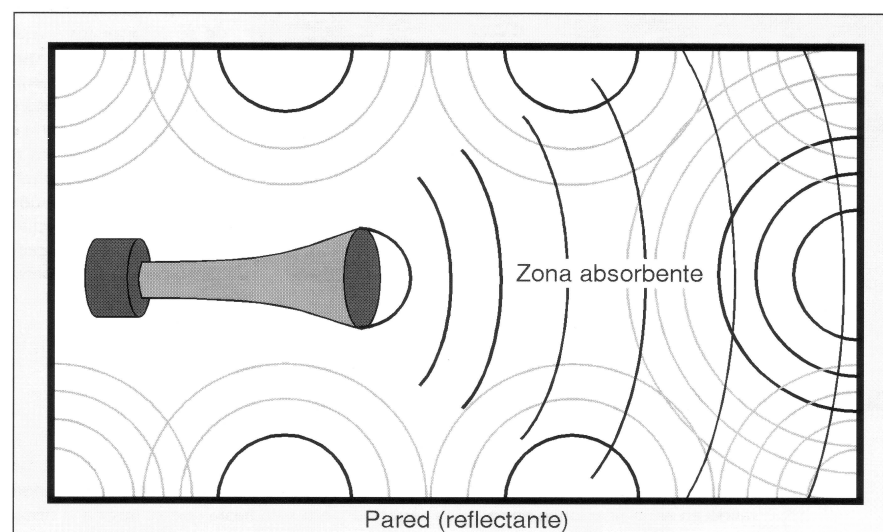
La distancia que hay entre una fuente sonora y el punto donde la intensidad del sonido directo es la misma que la del sonido reflejado (o campo reverberante), y recibe el nombre de distancia crítica.

Más allá de la distancia crítica, no se da la disminución de 6 dB cada vez que se dobla la distancia, ya que entra en juego un segundo componente de presión sonora -el campo reverberante- que en las sonorizaciones al aire libre no está presente.

Al superar la distancia crítica la calidad sonora de una audición es muy deficiente, por este motivo el técnico siempre debe intentar incrementar esta distancia. Una de las formas de conseguirlo, es mediante la utilización de altavoces muy direccionales; si se concentra la potencia del sistema en una zona con gran capacidad de absorción -como lo es la ocupada por el público-

el sonido directo es predominante a mayor distancia. Esto sucede por dos razones básicas: La mayor parte de energía está concentrada en una zona determinada, y en consecuencia, es muy poca la energía acústica que es reflejada por las paredes y el techo del local; originándose un campo reverberante con una baja intensidad. En la ilustración nº 5 se esquematiza este hecho.

Figura 5



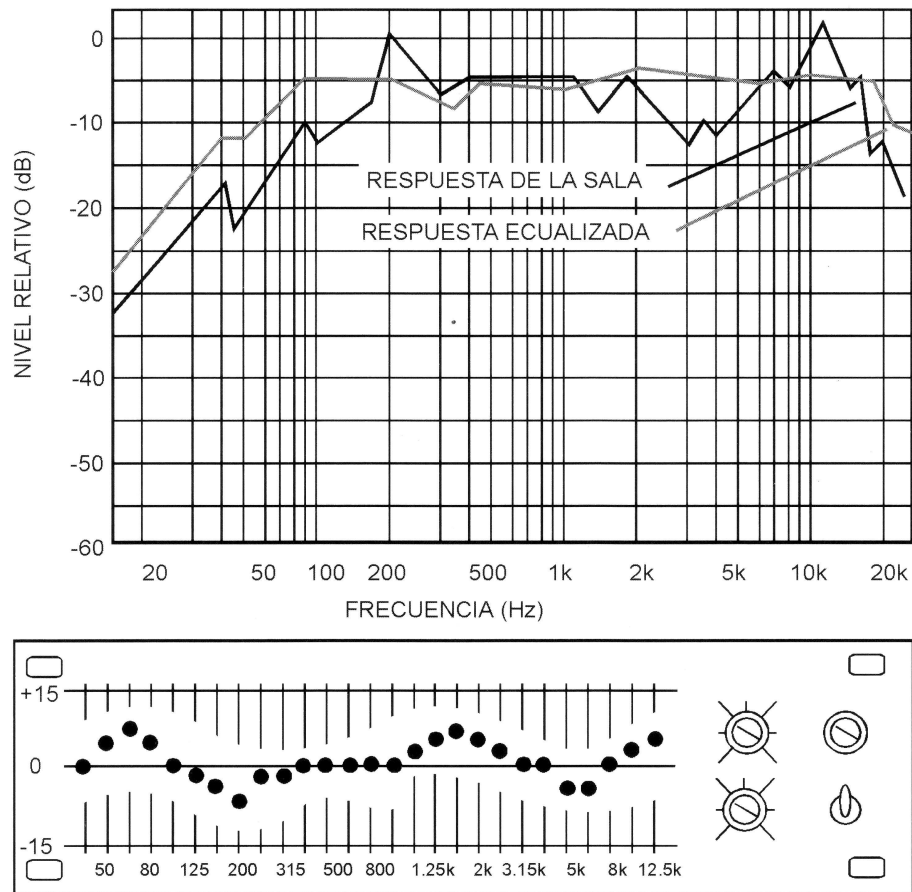
EL CONTROL DE LA RESPUESTA TONAL

En el capítulo anterior se menciona como calibrar un sistema de amplificación, con el auxilio del ruido rosa y -especialmente- con un analizador de espectro en tiempo real.

Para equilibrar el espectro tonal en un sistema de amplificación que trabaja en un recinto cerrado, se sigue prácticamente el mismo sistema. Un ecualizador gráfico, con una separación de 1/3 octava entre sus cursores, se sitúa justo antes de que la señal vaya hacia los filtros activos y las etapas. Se genera el ruido rosa y se hace pasar a través del sistema, observando a través del analizador de espectro cuáles son las bandas de frecuencias que están por encima y por debajo del nivel de referencia. Con el ecualizador se corrigen estas diferencias, hasta que se observa una respuesta tonal del sistema de amplificación suficientemente plana.

Hay que tener presente que las frecuencias por encima de 10 KHz. es normal que experimenten una caída sucesiva, y que así sea registrado en el espectro gráfico del analizador. Ello es debido a la absorción preferente que realizan las partículas del aire con las frecuencias más altas; y no es preciso realzarlas en el ecualizador más de lo necesario. (Figura 6)

Figura 6



EQ. GRÁFICO DE 1/3 DE OCTAVA

Calibrar un sistema de esta forma, en un local cerrado, permite controlar -y luego corregir- los picos de respuesta sonora; que se originan debido a las reflexiones que se producen en la estructura del propio local. Cuando sea posible, y en especial cuando se vayan a efectuar varios conciertos en un mismo recinto, se debe intentar corregir cualquier desequilibrio acústico que presente el local. Así por ejemplo, si un recinto presenta una respuesta exagerada a las frecuencias comprendidas entre 400 y 1600 Hz, y no es posible ajustarlas convenientemente con el ecualizador gráfico, será preciso colocar materiales absorbentes en el interior del local. Estos materiales deben absorber, con preferencia, las frecuencias medias/bajas, para que así sean útiles en la resolución de la aberración acústica que presenta el recinto mencionado.

La disposición de todos los materiales que tengan una especial incidencia en la absorción sonora debe ser previamente calculada. Concentrar estos materiales en una única pared de un recinto no favorecerá, en lo más mínimo, al equilibrio acústico del mismo. En una sala donde la mayor parte de absorbentes estén situados en una única superficie, nos encontraremos con que al desplazarnos de un lugar a otro cambiarán notablemente las condiciones de la audición, dando una sonoridad muy irregular.

Una norma práctica a seguir es la de trocear, en lo posible, los materiales o paneles absorbentes que se dispongan, ya que así efectuarán mejor su función. Es preferible colocar ocho paneles acústicos de 2 metros cuadrados distribuidos por toda la sala, que un sólo panel de 16 m² en una única superficie.

También es positivo evitar el paralelismo entre los ejes de proyección sonora de los altavoces y las paredes, ya que si estas paredes son reflectantes darán lugar a rebotes cruzados de sonido, y aparecerán las temidas ondas estacionarias.

LAS ONDAS ESTACIONARIAS

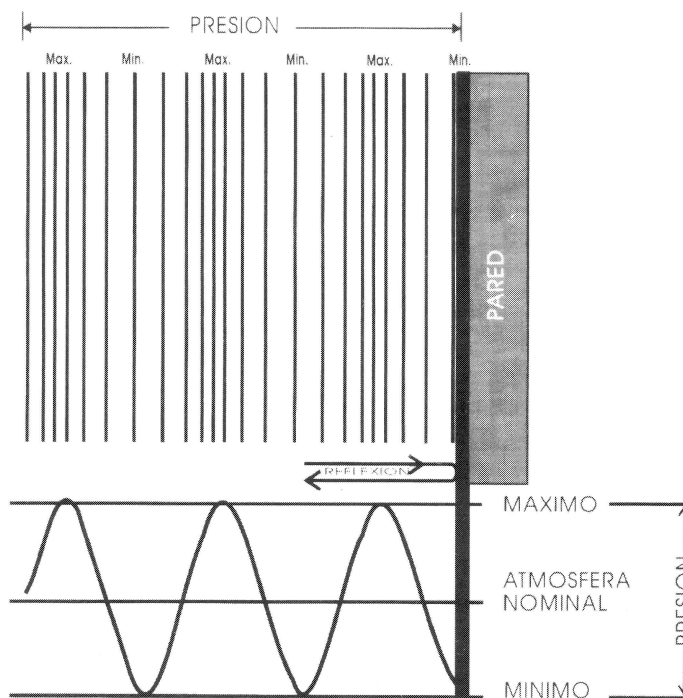
Uno de los fenómenos más curiosos que se puede dar durante la reproducción sonora en recintos cerrados, es la formación de las denominadas ondas estacionarias.

La aparición de estas ondas tiene lugar cuando dos frentes de onda con una misma frecuencia se desplazan en sentido opuesto, debido a que una de las ondas se ha reflejado en una pared del recinto. El resultado es la formación de zonas donde el aire se ve sometido a compresiones y expansiones constantes que no se desplazan, y que se encuentran separadas entre si por la mitad de la longitud de onda del sonido.

En la figura nº 7 se muestra lo que sucede cuando un sonido con una frecuencia determinada se refleja en un muro. Cuando los puntos donde la presión es máxima coinciden (ya que se encuentran el sonido directo y el reflejado) esta frecuencia se oye mucho más fuerte; mientras que cuando son los puntos de presión mínima los que coinciden, el sonido se escucha muy debilmente. Si nos acercamos o nos alejamos del muro, podremos percibir auditivamente este fenómeno, pues según donde nos encontremos se oirá más fuerte o más flojo.

Para efectuar la comprobación auditiva de la posible existencia de ondas estacionarias, es conveniente utilizar tonos puros, que pueden ser generados desde la propia mesa de mezclas.

Figura 7



La formación de estas ondas debe ser evitada en cualquier diseño acústico, ya que de lo contrario nos podemos encontrar con zonas donde la sonoridad sea mayor o menor que en el resto del auditorio. Esto significa que cualquier movimiento del oyente suponga un cambio brusco en su percepción de la intensidad sonora; es decir que existan importantes diferencias de nivel acústico en un mismo recinto.

Para impedir la aparición de las ondas estacionarias se suele recurrir a la colocación de paneles absorbentes o cortinajes; y también evitando en lo posible que el eje de proyección de los altavoces discorra paralelo o perpendicular a las paredes del recinto.

FRECUENCIA DE RESONANCIA DE UN RECINTO

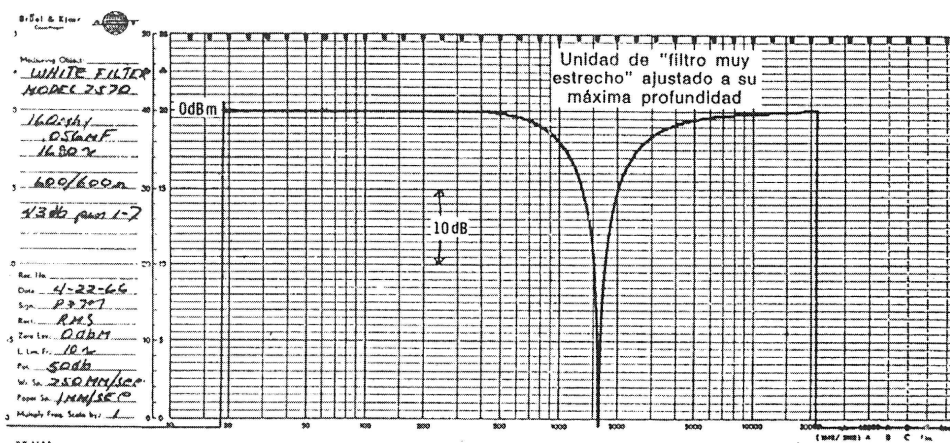
En principio, las consideraciones que tratan de cómo evitar la realimentación acústica al aire libre son válidas también en un local cerrado. No obstante, el campo reverberante que se forma en todo recinto cerrado, afecta a la tendencia a que aparezca la realimentación debido a la aparición de frecuencias resonantes. Estas frecuencias son las que forman los picos en

el analizador de espectro, cuando se efectúan las pruebas de calibración con ruido rosa; y son unas frecuencias a las que el recinto favorece en su propagación.

El hecho de que cada recinto tenga unas frecuencias de resonancia en particular y no otras, se debe a la propia geometría del local, a los materiales con que está construido, y al lugar de colocación de la microfónica. Es absolutamente necesario descubrir cuál es, en cada local, la frecuencia (ó frecuencias) donde el recinto entra en resonancia, ya que de lo contrario, podrá originar fácilmente un lazo entre altavoces y micrófonos -acústicamente hablando- que provocará una realimentación de difícil solución.

Hay dos maneras muy comunes para reducir las frecuencias de resonancia. Una de ellas es cambiando de posición los micrófonos, probando distintas orientaciones; y la otra es utilizando filtros de banda estrecha (de 1/3 de octava a 1/12 de octava), que nos permitirán reducir la ganancia de la frecuencia problemática, una vez esté localizada (Figura 8). Esta segunda opción es la más segura, pero hay que tener en cuenta que la

Figura 8



frecuencia de resonancia puede variar si varían las condiciones de temperatura y humedad en el local, y cambiar ligeramente de valor. Así que será conveniente contar con un margen de seguridad en el filtro o en el ecualizador. Así si la frecuencia donde se produce la realimentación es -por ejemplo- de 800 Hz, será conveniente reducir la ganancia de todas las frecuencias situadas entre 630 Hz y 1000 Hz, ambas a 1/3 de octava de 800 Hz.; mientras que la frecuencia de 800 Hz será la que sufra una mayor reducción. Un campo de reverberación difuso también puede afectar a la realimentación de un sistema de potencia en un recinto cerrado. Una buena forma de reducir sus efectos es el colocar cortinajes o materiales absorbentes alrededor de donde está la microfónica, o viceversa (colocar la microfónica en un área con abundancia de cortinajes o materiales absorbentes).

COLOCACIÓN DE LAS CAJAS ACÚSTICAS

Las indicaciones que se dan respecto a la colocación de cajas acústicas en exteriores también son válidas cuando se trata de recintos cerrados; pero la situación es algo más compleja por la presencia de diversas superficies reflejantes.

Normalmente queremos que el sonido que entrega el sistema sea de una claridad a toda prueba; y también es lógico el deseo de tener el mayor control posible sobre el sonido obtenido. Estas dos premisas implican que la distancia crítica que debe haber sea la máxima posible, ya que esto significa reducir el campo de reverberación, y en consecuencia una parte mayoritaria de la audiencia recibirá prioritariamente el sonido directo, mientras que el reflejado tendrá una importancia muy relativa en el resultado acústico final.

En todo caso el emplazamiento y la dirección donde apuntan las cajas acústicas tiene una importancia fundamental para ampliar, dentro de lo posible, la distancia crítica que se obtenga.

Dirigir el eje direccional de los altavoces hacia la zona ocupada por el público es siempre una buena medida, ya que las personas actúan como absorbentes acústicos, y se reduce en consecuencia el sonido que va a ser reflejado en las paredes y techo.

Para lograr una buena distribución de la potencia sonora disponible, es aconsejable dirigir las cajas acústicas hacia el punto situado en los 2/3 de la zona ocupada por el público, a 1/3 del final de esta zona. Así la sonoridad entre el escenario y más allá de la mitad de la audiencia será bastante parecida, y algo más reducida en la parte trasera de la audiencia, lo cual es bastante natural. De hecho, varias personas prefieren situarse en las partes más alejadas del escenario, porque la potencia sonora es algo más reducida, en especial durante los conciertos de rock duro.

En cualquier caso, será interesante que la pared contraria al escenario tenga algún tipo de tratamiento acústico -cortinajes o materiales absorbentes- ya que así se reducirán los reflejos sonoros.

TIPOS DE MONITORES

Los monitores de escenario son sistemas complementarios de sonido orientados hacia los músicos, pensados para entregar a cada intérprete las señales de los instrumentos que deseen escuchar a unos niveles adecuados.

El propósito de un sistema de monitoraje es que los músicos se puedan escuchar bien entre ellos, a un nivel de volumen suficiente, que no debe ser ni demasiado alto ni demasiado bajo.

No es adecuado sobredimensionar el sistema de monitoraje, ya que aumenta el peligro de que se produzca la realimentación acústica, y puede confundir a los propios músicos. Es recomendable utilizar el menor

número de altavoces de monitor posible, los imprescindibles para que todos los intérpretes escuchen las señales sonoras a un nivel de volumen adecuado.

Existen diversas formas de altavoces de monitor, siendo la más común la de tipo *cuña*, que se sitúa en el suelo y en ángulo con respecto al músico. Las *cuñas* de escenario deben tener un patrón de direccionalidad muy cuidado, de manera que su cobertura pueda ser precisada con exactitud y no exista solapamiento entre ellas.

El monitoraje de la batería no suele hacerse con una *cuña* de escenario típica, sino más bien conviene contar con monitores verticales que puedan situarse a la altura de la cabeza del percusionista. Este monitor, llamado *drum-fill*, debe tener un tamaño reducido y una potencia suficiente, ya que debe superar la gran intensidad sonora que provoca la propia batería y llegar a los oídos del músico.

Luego nos encontramos con los monitores de refuerzo laterales (*side-fills*). Se suelen montar a ambos lados del escenario, levantados del suelo mediante algún soporte. Estos monitores laterales pueden cubrir un área mayor que las *cuñas*, permitiendo que varios intérpretes escuchen el sonido de una misma caja. Pueden utilizarse para reproducir una mezcla de varios instrumentos; mientras que las *cuñas* se utilizan para la mezcla específica que cada intérprete precise.

En algunos casos también se usan monitores suspendidos del techo, para ahorrar espacio útil sobre la escena. Pero su utilización correcta es bastante difícil, y solo es recomendable cuando se trata de instalaciones fijas o de montajes que siempre sigan un mismo patrón de construcción.

SISTEMAS PARA SUPRIMIR LA REALIMENTACIÓN EN EL ESCENARIO

La proximidad que se da entre los micrófonos y los altavoces de monitor es causa de varios problemas que afectan a músicos y a técnicos, llegando a trascender al público; cuando estos problemas aparecen -realimentación acústica, silbidos en la señal, etc.- el técnico de monitores debe conocer tanto la causa que los crea como las posibles soluciones que existen.

Cuando la intensidad sonora que entregan los altavoces de monitor no es suficiente, los músicos tienen auténticos problemas para seguir los compases de una pieza, y su interpretación se resiente. Aumentar el volumen de los altavoces de escenario es una buena medida, pero es cuando aparecen los acoples electroacústicos entre micros y altavoces.

La utilización de micrófonos cardioideos, altamente direccionales, es hoy preceptiva para alejar las posibilidades de que se genere cualquier forma de realimentación. Que el eje de los altavoces situados en el escenario no apunte directamente hacia ningún micrófono es otra de las precauciones básicas que se deben tomar.

Cuando se trata del micro de un cantante deben extremarse estas precauciones, ya que los vocalistas suelen coger el micrófono en sus manos y desplazarlo por el escenario, con lo que el control direccional entre este micro y los monitores queda en suspenso. Por otro lado, si el cantante cubre parcialmente la membrana microfónica, ya sea con su propia mano o porque se lo acerca demasiado a su boca, este micrófono puede dejar de actuar de forma unidireccional y tomar características omnidireccionales, con lo que la posibilidad de que aparezcan acoples aumenta.

Existen tres formas bastante comunes para reducir la posibilidad de que aparezca cualquier forma de realimentación en un escenario, y son las que a continuación se especifican:

-Invertir la polaridad. En varios casos invertir la fase de la señal del micro, o bien del altavoz de monitor, puede servir para eliminar la aparición de cualquier acople. Para invertir la polaridad de la señal que entrega el micrófono es suficiente con utilizar el conmutador de inversión de fase, que suelen llevar los canales de entrada de las mesas de mezcla; o bien intercambiando los conductores que llevan la señal del micro al cajetín de conexiones.

También es factible invertir la fase del altavoz de monitor cambiando la polaridad de los cables de carga, entre la salida de la etapa y la entrada del altavoz. Esta segunda opción es normalmente la más indicada, ya que si se invierte de fase la señal procedente del micro, ésta pueda quedar reducida o cancelada al unirse en la mesa con otras señales, ya que éstas otras estarán polarizadas normalmente, y pueden afectar reduciendo el voltaje de la señal que está en fase opuesta.

-Utilizar retardos. Colocar una unidad de retardo entre la salida de canal y el amplificador que alimenta al altavoz de monitor es otra opción a considerar. Un tiempo de retardo situado entre 20 y 40 milisegundos suele ser satisfactorio para el músico, y suficiente para que la señal que emerge del altavoz no coincida con la que capta el micrófono, evitándose así la realimentación entre ambos.

-Suprimir las frecuencias de resonancia mediante ecualizadores. Este es el sistema que más se utiliza cuando se requiere tener una potencia de monitoraje considerable, y reducir al mínimo cualquier problema de realimentación antes de que surja.

No obstante se trata de un sistema algo costoso, ya que se requiere insertar toda una batería de ecualizadores entre la mesa de monitores y las etapas de potencia; colocar un ecualizador gráfico para cada altavoz.

¿Qué bandas de frecuencia son las que deben ser reducidas en cada caso? En primer lugar hay que tener en cuenta que cada conjunto micrófono+altavoz de monitor correspondiente presenta unas frecuencias particulares en las que se puede originar el acople electroacústico; y que están en función de las características direccionales de cada transductor y del instrumento que capten y reproduzcan.

Así que será preciso situar micro y altavoz en su lugar en el escenario, y aumentar progresivamente el nivel de amplificación hasta que la realimentación aparezca. Entonces, con el auxilio de un analizador de espectro, (o en su defecto con los oídos de un técnico experto) hay que hallar cuál es el grupo de frecuencias donde se produce la realimentación, y bajar el cursor correspondiente en el ecualizador gráfico, dejando el resto de frecuencias con respuesta plana (0 dB).

En principio, reduciendo unos 3 dB del grupo de frecuencias responsable de la realimentación, ésta tiene que desaparecer. Si no sucede así es que nos hemos equivocado, y hay que seguir buscando el cursor correcto.

Una vez se ha logrado eliminar el acople acústico, hay que volver a incrementar el nivel de amplificación,

Figura 9



hasta que vuelva a aparecer la realimentación.

Entonces se actúa de la misma forma: buscando las frecuencias responsables (que pueden ser las mismas de antes o no) y reducir su ganancia mediante el ecualizador en otros 3 dB hasta que el acople desaparezca.

Actuando de la misma forma con todas las líneas de monitoraje, se consigue poder aumentar el nivel de amplificación del sistema entre 3 y 12 dB, además de reducir al mínimo cualquier problema de realimentación entre micros y monitores.

Es bastante conveniente

utilizar ecualizadores gráficos de 1/3 de octava, ya que si se trabaja con modelos donde la distancia entre cada grupo de frecuencias es superior (de 1 octava o de 1/2 octava) el sonido que surge por los altavoces, después de reducir las bandas correspondiente, es muy distinto del original, pudiendo despistar al músico.

Además la banda de frecuencias responsables de las típicas situaciones de realimentación es bastante estrecha, y no es necesario reducir bandas de frecuencias más anchas, ya que se puede distorsionar el mensaje musical original. (Figura 9)

En algunos casos puede ser suficiente con activar los filtros de frecuencia, que puedan llevar el micro o el canal de la mesa de mezclas, para reducir ciertos ruidos que puedan aparecer en el escenario; como son el rumor grave que a veces provoca el entarimado, el viento, las consonantes explosivas o sibilantes (p,t,s,f) pronunciadas demasiado cerca de la membrana microfónica, etc. Utilizar estos filtros pasa-altos o pasa-bajos será conveniente, en ocasiones, para "limpiar" el mensaje estrictamente musical que debe surgir del altavoz de monitor.

Hay que considerar, finalmente, que una vez se ha equilibrado un sistema de monitoraje, y se ha reducido el peligro de realimentación gracias al uso de cualquiera de los sistemas citados, deberemos comprobar el buen funcionamiento del mismo cada vez que se cambia de escenario, ya que las condiciones físicas del mismo tienen una notable influencia en la aparición de la realimentación acústica.

MEJORANDO EL RENDIMIENTO DE UN DIRECTO

En esta vida casi todo es mejorable, a excepción de los canelones que mi madre cocina dos o tres veces todos los años.

Con este ánimo, exhorto a todos los que participan en el mundo de la música en vivo a que perfeccionen su trabajo, a que intenten extraer de sus equipos el máximo rendimiento, a conseguir con nuestra dedicación que todo suene con mayor claridad. Que todos los aparatos que intervienen en un sistema de sonido trabajen como si de uno sólo se tratara, perfectamente relacionados entre sí.

Operando hasta el límite preciso de lo que el equipo pueda soportar, sin forzar su capacidad real en ningún momento, ya que generaría sobrecargas y distorsiones que ensuciarían el sonido resultante.

Este esfuerzo para mejorar nuestro trabajo no habría que hacerlo para el público, ya que a menudo se apasiona demasiado con la música, y entonces no puede juzgar objetivamente nuestra labor.

Tampoco debe preocuparnos lo que piensen los organizadores o quienes vayan a pagar cuando termine el espectáculo: no nos darán más dinero aunque todo suene de maravilla.

En ningún caso deberá hacerse esta exhibición de oficio por amor propio, ¡No vayamos a incurrir en pecado de Soberbia!

Los destinatarios finales de nuestro esfuerzo serán los compañeros de oficio; de forma que cuando te pregunten: ¿Con que equipo trabajas?, tu respondas: 'Hoy he traído el de 4.000 vatios'. Entonces el colega pondrá cara de sorpresa y dirá algo como: ¡Pues suena como si utilizaras seis o siete mil!

Tras una conversación como la descrita, después de ver la cara que ha puesto nuestro compañero de oficio, una se da cuenta de que todo el esfuerzo ha valido la pena, os lo aseguro. -Aunque en realidad, en aquel concierto, llevaras un equipo de 8.000 W, tu interlocutor no tenía porque saberlo-.

-MEJORANDO EL RENDIMIENTO DE UN DIRECTO-

ARQUITECTURA DEL MONITORAJE

La composición de un sistema de monitores y su forma de aplicación práctica tiene una importancia decisiva para que los integrantes de una banda realicen su trabajo a gusto, con la suficiente comodidad para que puedan dar un rendimiento artístico pleno y sin fisuras.

La importancia que las mejores bandas del mundo conceden al sistema de monitoraje y a los técnicos que lo manejan no es casual, ya que saben que resulta decisiva en todas sus apariciones en directo. Los músicos expertos saben perfectamente que la aparición de fallos en el monitoraje repercute negativamente en su trabajo cara al público, por esto conceden un trato prioritario a su relación con los técnicos de monitores: un buen entendimiento entre ambos favorece la buena marcha del concierto.

Los elementos que integran el sistema de monitores están en función de varios factores; veamos cuáles son los principales:

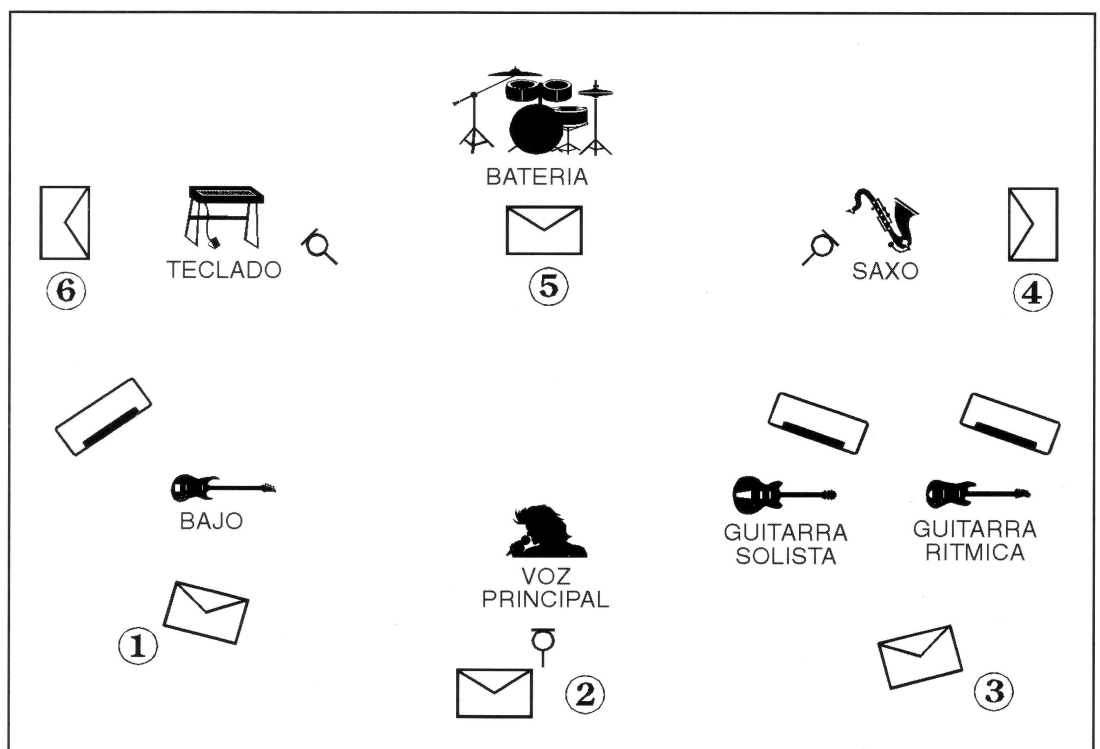
-El número de músicos que integran la banda. No es lo mismo disponer el monitoraje de un grupo de tres o cuatro componentes, que el de una banda que cuenta con diez o doce músicos.

-Los instrumentos musicales utilizados. Una banda donde haya cuatro personas que canten precisará de un monitoraje muy equilibrado, que realce por igual las cuatro voces. Un grupo donde haya sólo un cantante no tendrá este problema. También existen notables diferencias entre el tipo de monitorización que precisan los instrumentos eléctricos y los acústicos. Conseguir una buena monitorización de una guitarra acústica o de una flauta, por ejemplo, suele ser más problemático que monitorizar un bajo eléctrico o un sintetizador.

-La movilidad que tendrán los músicos y los vocalistas. Cuando los integrantes de la banda no vayan a moverse por el escenario, el espacio acústico que los altavoces de monitor deben cubrir estará limitado al lugar que cada músico ocupe. Pero para que los músicos puedan moverse libremente por el escenario, los monitores deberán cubrir todo el espacio acústico del mismo.

-El tamaño del escenario. Tocar en un espacio pequeño o limitado tiene sus ventajas e inconvenientes; la proximidad entre varios micros puede ser problemática, pero por otro lado no se necesitan más que unos pocos altavoces de monitor para cubrir el espacio disponible. La potencia que se precisa para monitorizar un escenario reducido también es menor que la necesaria cuando se monitoriza un escenario de grandes proporciones.

Figura 1



-El presupuesto o el material del que se disponga. A menudo nos vamos a encontrar con este factor, que limita evidentemente el trabajo del operador, pero que el buen profesional debe superar con sus conocimientos y su imaginación; dando prioridad a los aspectos esenciales y descartando las necesidades menos perentorias.

En la figura 1 se muestra la disposición práctica de un sistema de monitores en un escenario de dimensiones medias. La hipotética banda cuenta con siete componentes: Cantante, guitarra solista, guitarra rítmica, bajista, teclista, batería y saxo. El teclista además se encargará de efectuar los coros con el cantante. Los dos guitarristas y el bajista llevan combos de amplificación, pero no así el teclista.

Supongamos que se puede contar con cuatro monitores de suelo y con dos *sidefills*; y que el único miembro de la banda que se va a mover a través del escenario es el vocalista.

Con todas estas premisas, se ha decidido la colocación de los altavoces de monitor en los puntos indicados en la figura. La intención es que todos los músicos tengan una clara referencia de lo que hacen sus compañeros, para poder seguir el compás de cada pieza, ajustando sus acordes al resto del grupo.

Así, el monitor nº 1 servirá para que el bajista escuche el bombo de pie y otros tambores de la batería, y también el sonido de las dos guitarras, y así llevar un perfecto control del ritmo. Si el cantante se mueve por el escenario será preciso que su voz también salga por este monitor.

Por el altavoz nº 2, situado delante del cantante solista, deberá salir la propia voz solista, además de la voz del teclista que efectúa los coros. Como el sonido del bajo y de las guitarras está presente en este lugar del escenario, debido a la proximidad de los combos, será suficiente añadir la señal del saxo y de los teclados para que el cantante tenga una buena referencia del sonido global.

El monitor nº 3 debe entregar el sonido que proceda del bajo, de los teclados, y del bombo de pie, para que ambos guitarristas vayan con el ritmo. Si el cantante se desplaza por esta zona también será preciso que su voz salga por este altavoz.

El 4º monitor está alzado sobre un pie metálico, una característica típica del *sidefill*, y el sonido que entrega procede del teclado y del bajo, siendo en algunos casos conveniente que también lleve la señal de las voces, como referencia para el músico.

El 5º altavoz vuelve a ser un monitor de cuña. El sonido del bajista será en este caso prioritario, pero también puede reproducir el de la guitarra rítmica y el de las voces. El sonido del saxo y de los teclados le llega gracias a los monitores laterales.

El monitor nº 6 llevará principalmente la propia señal del teclado, además de las guitarras rítmica y solista. Como el teclista efectúa los coros será también preciso que le entregue su propia voz y la voz del cantante solista, ambas con una intensidad similar.

Esto es sólo un ejemplo. La función y la composición de cada sistema de monitoraje debe estar pensada para cubrir las necesidades en cada caso concreto, no siendo posible dar unas normas de uso general a este respecto, sólo aquellas que el buen oficio y las necesidades de los músicos nos indiquen.

COMPROBACIÓN DE LAS POLARIDADES.

Cuando se ha acabado de montar un sistema de amplificación, y antes de efectuar las preceptivas pruebas de sonido, no está de más comprobar la polaridad de los micrófonos y de los altavoces, si existe alguna duda sobre el particular.

Para los micrófonos hay una forma muy simple de realizarlo. Para ello se toma un micro cualquiera, que supondremos tiene una polaridad correcta, y otro micrófono con la otra mano; repetimos en voz alta una palabra cualquiera mientras vamos acercándonos a la boca los dos micros. Si están en fase, la respuesta a los tonos graves se irá incrementando a medida que nos vayamos acercando los micros; no estarán en fase si los tonos graves se debilitan cuando los acercamos. En este segundo caso habrá que invertir la fase de uno de ellos a través del canal de entrada de la mesa; o aún mejor, revisar el cableado del micrófono que tiene la polaridad invertida, ya que puede estar soldado incorrectamente.

Si realizamos esta misma prueba con toda la microfónica del escenario podemos estar seguros de que todos se encuentran en fase. El tiempo que se invierte en esta operación es muy reducido, y ante cualquier duda vale la pena realizarla.

En cuanto a los altavoces recordemos la operación comentada en el capítulo dedicado a estos transductores, en la que mediante una pila eléctrica nos es posible comprobar la polaridad correcta de todas las cajas acústicas.

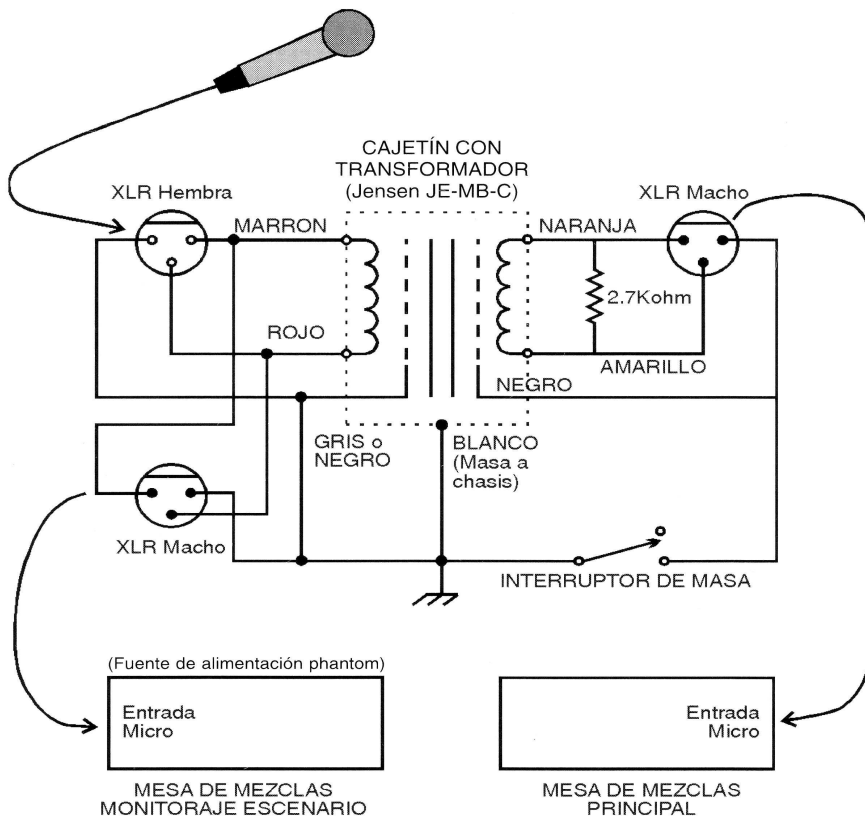
Hay que prestar una especial atención a la posición relativa entre los altavoces para altas frecuencias y los altavoces para bajas frecuencias, ya que por todo el auditorio se formarán distintas relaciones de fase entre el sonido directo y el reflejado. Muchos picos de frecuencias que se dan en un local cerrado pueden ser evitados o reducidos, si se procura situar estos altavoces en un mismo plano, a una misma distancia del público.

ELIMINAR RUIDOS INDUCIDOS.

Todos los conductores de una señal electrónica están sujetos a ser inducidos por corrientes parásitas de varias naturalezas: emisiones de radio frecuencia, bobinas de motores, conmutadores electrónicos, corriente alterna residual, etc. Por este motivo todos los conductores de la señal audio llevan la malla que los envuelve, cuya misión es interceptar estas corrientes parásitas para trasladarlas hasta la toma de tierra.

Las líneas balanceadas propias de la microfonía tienen también una misión parecida, pero en lugar de captar

Figura 2



la interferencia y llevarla a tierra, lo que hacen es captar la interferencia por los dos conductores (Hot y Cold) e invertir la fase de uno de ellos, y así cuando se unen las dos señales el ruido parásito se anula.

Cuando algún conductor o algún elemento del sistema de potencia no está correctamente conectado a masa, y también cuando no se ha dispuesto de la preceptiva toma de tierra para la corriente de alimentación, es posible que aparezcan ruidos audibles de diversa índole. Cuando esto sucede hay que ser especialmente precavido al tocar cualquier elemento del sistema, ya que existe el peligro de sufrir una descarga eléctrica. Vale la pena informarse y unir a masa todos los elementos que lo precisen, y especialmente disponer de una toma de tierra. Esta es la mejor

forma de proteger nuestra integridad física.

Muchos de los actuales sistemas usados para el control de las luces (Dimmers) utilizan rectificadores SCR. A diferencia de los antiguos reostatos, que suelen generar un ruido constante de baja frecuencia (50 Hz ó 60 Hz según la frecuencia de la corriente alterna), estos modernos dimmers generan un ruido más agudo, que tiene su origen en los abruptos frentes de onda que aparecen por la acción de los rectificadores SCR sobre la corriente alterna. Estos frentes de onda viajan por los cables de corriente alterna, pudiendo ser la causa de que aparezca un ruido parásito en los cables de microfonía.

Este ruido puede trasladarse a la mesa de mezclas, incluso en los casos en que ésta tenga las entradas balanceadas electrónicamente. Esta interferencia suele aparecer cuando la mesa de monitores o los cables de microfonía están próximos a los controles de luces, por esto es recomendable separar físicamente estos componentes.

Otro tipo de ruido, que se conoce con el nombre de "Hum", está causado por corrientes de inducción entre dos componentes que estén muy cerca entre sí. Son las etapas de potencia las que suelen irradiar estas corrientes parásitas, ya que se originan en los transformadores de salida; si un componente de bajo nivel (un compresor o una reverb, por ejemplo) está justo encima o debajo de la etapa, puede captar esta corriente e introducirla en la línea de señal. Por este motivo también es conveniente colocar las etapas de potencia separadas de los otros componentes, para así evitar la ocasión de que se introduzca este ruido parásito en los circuitos de línea.

Si, a pesar de todo, se presenta algún ruido indeseado, y si éste proviene del circuito de microfonía, habrá que usar un transformador separador para intentar aislarlo (Figura 2).

Estos divisores de las líneas microfónicas pueden alimentar dos o más salidas. El que aparece en la figura envía la señal del micro conectado hacia la mesa principal y hacia la de monitores, simultáneamente; pudiéndose hallar modelos que cuenten con más líneas de salida. Con el uso de estos transformadores se

evita que cualquier interferencia procedente del sistema afecte a las líneas microfónicas; y además previene de que cualquier falso contacto que hubiera en algún componente pueda provocar una descarga eléctrica a quien toque un micrófono.

CONTROL DE NIVELES EN LAS MESAS DE MEZCLA.

Es conveniente tener presente lo que significa la suma de las dinámicas en los canales de una mesa, que invariablemente se efectúa en los subgrupos y en la salida maestra.

Para aprovechar todo el margen dinámico que proporciona una consola, el control 'Gain' de cada canal debe situarse a su nivel máximo, justo antes de que sature el techo dinámico del canal. Para ello se sitúa el fader en la posición '0 dB' (el nivel del envío debe ser idéntico al que se obtiene pulsando el botón PFL), y se va aumentando el control de ganancia del canal, hasta que los registros más intensos no saturen la señal.

De esta forma, cuando luego se sumen las señales de todos los canales el techo dinámico conjunto no se verá disminuido, y la dinámica musical obtenida tendrá un valor máximo, sin que haya el peligro de que aparezcan saturaciones en algún envío. Cualquier cambio de ecualización en algún canal tendrá repercusión sobre la capacidad dinámica de este canal; así que es preferible ecualizar primero la señal de cada canal, y luego situar la ganancia del mismo en su valor máximo antes de saturar.

El amplificador operacional, cuya ganancia se dirige desde el control 'Gain', tiene un nivel máximo que se sitúa alrededor de +20 dBu; mientras que el ruido de fondo del canal suele estar por debajo de -76 dBu en la mayoría de casos. Ello supone un rango dinámico de 96 decibelios para cada canal.

Cuando las ganancias de los canales no están bien ajustadas pueden suceder dos cosas:

- Al unirse todas las señales en los buses de salida se pierde gama dinámica, si los controles de ganancia están por debajo del nivel requerido.

- Aparece distorsión por sobremodulación cuando se aumenta más de lo debido el nivel de algún canal mediante los faders, ya que se satura la capacidad de los buses en la mesa.

Al enviar conjuntamente múltiples señales por unos mismos carriles internos, como sucede siempre en las operaciones de mezcla, deben atenuarse unos 3 dB mediante los faders de canal cada vez que se dobla el número de canales que circulan por un mismo bus. Esto se hace para evitar la aparición de saturaciones sin reducir el techo dinámico en los carriles internos.

En la tabla siguiente se puede ver cuál es la reducción sugerida cuando se envíen por un mismo bus hasta doce señales distintas.

NÚMERO DE ENTRADAS	REDUCCIÓN DE NIVEL (dB)
1	0
2	-3
3	-4'5
4	-6
5	-7
6	-8
7	-8'5
8	-9
9	-9'5
10	-10
11	-10'5
12	-12

Al margen de este aspecto, pero complementando estos datos, conviene saber que existen unos niveles de referencia cuando se efectúa la mezcla de diversos instrumentos, con tal de conseguir el equilibrio musical en la mezcla conjunta.

Quede claro que se trata de simples puntos de partida, después de lo cual el técnico debe aplicar su propio criterio o bien las indicaciones del responsable de la formación.

Estos niveles, en unidades de volumen (VU) son:

Voz solista:	-6	Cuerdas:	-20
Coros y 2ª voz:	-9	Teclados:	-10
Guitarra rítmica:	-10	Teclados de fondo:	-20
Guitarra solista:	-8	Caja de batería:	-4
Bajo eléctrico:	-12	Bombo de pie:	-2
Percusiones:	-15	Charles y platos:	-12

CONTROL DE LA DIFUSIÓN EN LOS ALTAVOCES.

El ángulo de cobertura que proporciona un recinto acústico es un dato que conviene conocer, para prever con antelación como se comportará este recinto durante el concierto. Hay cajas que son ideales para trabajar con sistemas de sonido distribuido a corta distancia, ya que sus ángulos de cobertura están por encima de los 90 grados; mientras que otras cajas están habilitadas para lanzar el sonido a distancia, siendo sus ángulos de dispersión inferiores a los 60 grados.

Al mencionar ángulos de difusión me refiero a la cobertura horizontal de la caja. La dispersión vertical habitualmente es bastante más reducida, y lo más usual es controlar este factor mientras se ubican las cajas en un recinto.

Muchos altavoces de bocina contienen sistemas de difusión acústica que aumentan la cobertura horizontal del sonido que emiten. Así es posible encontrar unidades de medios/agudos equipadas con bocinas lenticulares, que dispersan el sonido a más de 120 grados; no obstante al operar de esta forma reducen la distancia a la que emiten el sonido.

Las cajas acústicas que envían sonido a gran distancia tienden a colorear el mensaje musical. Es lo mismo que sucede con nuestra voz cuando intentamos que nos escuchen a gran distancia, y colocamos ambas manos alrededor de la boca formando una bocina: el timbre de la voz queda ligeramente falseado. No obstante, el uso de altavoces muy direccionales es casi imprescindible cuando se tienen que cubrir recintos de grandes dimensiones.

Las frecuencias más altas son absorbidas por el mismo aire con preferencia sobre las bajas frecuencias; por ello las altas frecuencias suelen precisar de algún sistema de altavoces que envíe el sonido a distancia. Estos altavoces deben apuntar hacia la zona que deban cubrir, por ello es conveniente situarlos encima del escenario, formando grupos enfocados hacia las diversas áreas de la audiencia.

La combinación de cajas colgadas (*clusters*) con ángulos de dispersión reducidos, y cajas apiladas en columnas a los lados del escenario que presenten ángulos más abiertos puede llegar a ser problemática. No obstante se trata de una combinación que puede dar unos resultados muy buenos, siempre que el técnico controle las características de las cajas utilizadas.

El ángulo de difusión es un factor que conviene dominar al situar los monitores sobre el escenario, muchos problemas de realimentación acústica pueden ser evitados si se controla bien este aspecto.

Representa una buena ayuda poder visualizar la dispersión real de los altavoces, que guarda cierta semejanza con el haz de luz que surge de una linterna. Con paciencia y algo de experiencia es posible conseguir una cobertura sonora similar para toda la audiencia, incluso en locales que presenten una acústica deficiente.

Los grandes sistemas de sonido precisan de unas cajas de lanzamiento corto, para cubrir la zona del público situada más cerca del escenario, a la que no llega el sonido directo de los altavoces principales. Para distancias superiores a los 30 metros suelen añadirse cajas de lanzamiento largo, que se sitúan a suficiente altura para que su emisión no afecte las zonas de audiencia ya cubiertas por las cajas de lanzamiento corto.

Cuando se apilan los altavoces, se acostumbra a colocar en la parte inferior los que generan bajas frecuencias y los que cubren el área más cercana al escenario. En la parte superior se sitúan las cajas que envían el sonido a distancia, para que su emisión llegue sin encontrar obstáculos a los puntos más alejados del recinto.

Cuando se emplean bloques de sub-graves, pueden situarse debajo de los recintos para bajas frecuencias; ya que si se instalan bajo el centro del escenario pueden generar vibraciones en el mismo entarimado. Lo más práctico suele ser situar los cajones de sub-graves en uno de los laterales al lado del escenario, o bien en ambos lados.

Para los recintos que se ubican colgados sobre el escenario, es importante cerciorarse de que están apuntando bien hacia la zona que deban cubrir; y en particular hay que ajustar bien su cobertura vertical para obtener el mejor rendimiento. Las estructuras que soportan el peso de estos 'clusters' deben tener una amplitud más que suficiente, y tienen que permitir la inclinación angular de las cajas sin ninguna dificultad.

Para alinear correctamente los recintos colgados se sujetan por detrás mediante ángulos y correas. La correa del trinquete, situada entre la estructura metálica y la parte inferior de la caja, se debe poder tensar y fijar para que mantenga el ángulo preciso. La experiencia demuestra que los recintos colgados pueden enfocarse perfectamente con sólo tres ajustes, y que una exactitud total no es imprescindible para conseguir un buen resultado. Con todo hay que poner especial atención al efectuar los ajustes angulares de los 'clusters', y trabajar sobre unos puntos prefijados en torno a las zonas que se deban cubrir.

Los recintos colgados en puentes sólo deben ensamblarlos técnicos especializados en la materia, y los materiales empleados para su herraje deben estar totalmente probados. Todos los sistemas suspendidos tienen que pasar una revisión periódica, y cualquier material que no esté en perfectas condiciones se descartará de inmediato. Se trata de una cuestión de seguridad personal, y en este terreno no se puede aceptar ningún riesgo innecesario.

LOS SISTEMAS DE POTENCIA PROCESADOS.

Los sistemas de amplificación sonora para los conciertos en vivo pueden llegar a entregar una potencia muy considerable. Estos niveles tan elevados pueden llegar, en algunos casos, a constituir un verdadero problema tanto para los técnicos como para el público que asiste a los conciertos.

Ciertamente, y debido al elevado voltaje de trabajo que entregan las modernas etapas, las bobinas de algunos altavoces suelen funcionar al límite de sus posibilidades, generándose una alta temperatura o introduciendo una distorsión que es muy molesta a altos niveles acústicos. También las etapas corren un cierto riesgo, si se llega a alcanzar la saturación electrónica en sus transformadores de salida.

Por otro lado están los órganos auditivos de los espectadores. La presión acústica que se puede obtener con los actuales sistemas de amplificación sobrepasa holgadamente los 130 dB SPL, se trata de un nivel acústico que puede producir la rotura del tímpano.

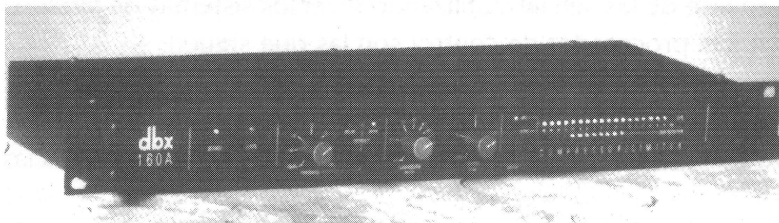
Controlar la señal sonora, una vez ha sido amplificada en potencia, presenta unos problemas prácticos muy notables; por ello casi siempre se opta por regular la señal cuando tiene niveles bajos de voltaje, antes que esta llegue a las etapas de potencia.

-Un primer paso en el procesado acústico fue la adaptación de los filtros activos separadores de frecuencias (crossovers); la incontestable utilidad de estos filtros los hace hoy imprescindibles en cualquier sistema de potencia.

Situados entre la salida de la mesa de mezclas y la entrada a las etapas, los crossovers dividen la señal audio en grupos de frecuencias pre-fijadas; estos son enviados hacia las etapas correspondientes que alimentan a los altavoces específicos más adecuados según el caso.

Con este procedimiento se logra un mayor rendimiento tanto de los amplificadores como de las etapas, ya que ambas unidades operan con un margen de frecuencias delimitado. Es preciso, no obstante, que exista una perfecta adaptación entre las características de los altavoces y de las etapas, si se desea obtener un máximo rendimiento de todo el sistema.

Figura 3



-Existen también varios sistemas para limitar o ajustar la señal de audio antes de que sea amplificada, todos tienen en común la protección que ofrecen a los altavoces y a las propias etapas, ya que impiden el tránsito a los transitorios de alta intensidad y a las frecuencias más allá de los límites deseados. Los compresores y los limitadores se utilizan para estos fines, pero también tienen

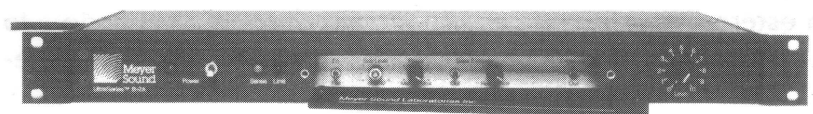
otras ventajas de orden práctico, como el evitar la realimentación acústica o la aparición de sobremodulaciones en la señal. (Figura 3)

El uso de compresores, asociados o no con limitadores y con puertas de ruido, da muy buenos resultados en los sistemas de monitoraje; ya que representa un buen seguro para prevenir los temidos acoples en un escenario.

-La práctica totalidad de los instrumentos de percusión presentan unos frentes de ataque sonoro muy abruptos, que pueden poner en peligro las bobinas de los altavoces, ya que se satura el nivel de salida de las etapas a las que están conectados. Con el bajo eléctrico ocurre prácticamente lo mismo. En ambos casos la simple limitación de la señal no es conveniente, ya que un recorte drástico suele tener un resultado musicalmente inaceptable. Una compresión suave suele ser más indicada, ya que nos permitirá entregar un volumen medio más elevado, y realizar la compresión precisa para cada instrumento a partir de un nivel prefijado.

Figura 4

-Para extraer un rendimiento óptimo de las cajas acústicas, varias firmas punteras del sector ofrecen a sus usuarios unas unidades de control, que se colocan en la entrada de línea a las etapas, y regulan la señal para ajustarla a las cualidades de cada altavoz.



Estas unidades de control (Figura 4) están ajustadas para trabajar con unos modelos concretos de altavoces, y contienen un procesador electrónico con circuitos de corrección, que regula la respuesta en

frecuencias y la alineación de fase. Algunas de estas unidades también poseen circuitos de protección, que limitan la señal en voltaje y recortan los picos de la misma.

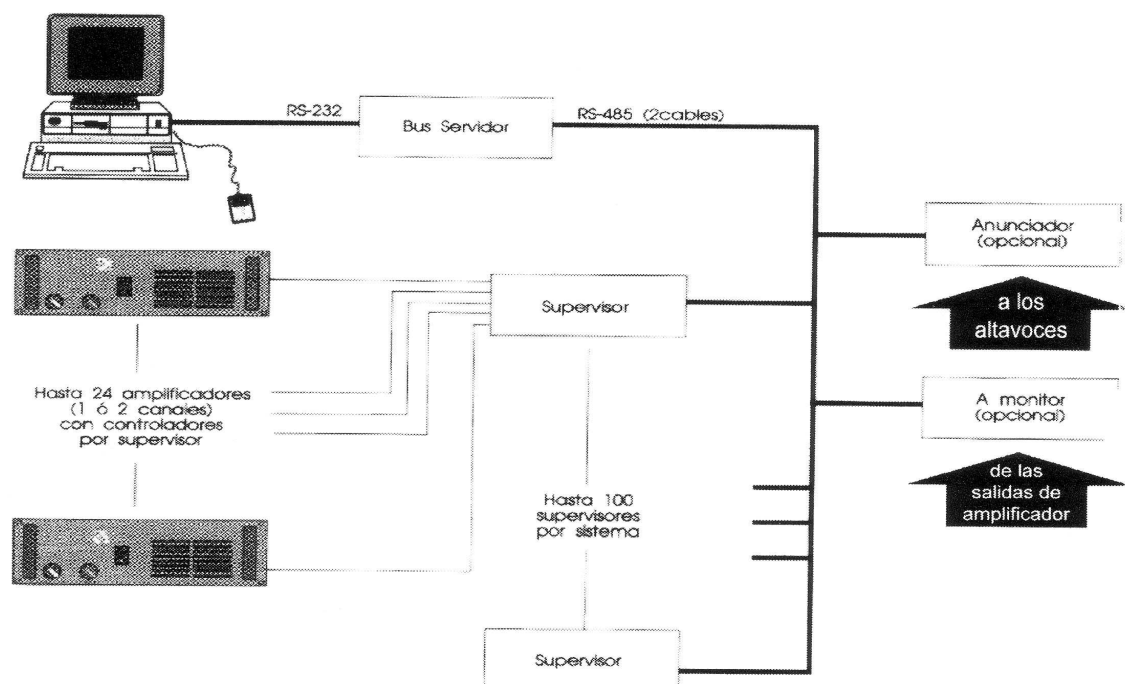
Estas unidades de control ofrecen una protección muy efectiva a los altavoces, independientemente de las etapas con que se opere; si bien suelen estar diseñadas para unos modelos concretos de cajas acústicas, que deben ser las utilizadas para obtener el rendimiento esperado.

-Muchas de las nuevas etapas de potencia que aparecen en el mercado contienen unos sensores que controlan la señal de entrada, y la comparan con la misma señal una vez ha sido amplificada. Disponen de unos controles que permiten ajustar el voltaje de salida con las características concretas de las cajas que alimentan.

Estas etapas ofrecen una protección que se extiende a los propios altavoces, si bien el procesado que efectúan está ideado, básicamente, para proteger los propios circuitos del amplificador, además de optimizar su funcionamiento. (Figura 5).

En algunos casos, también llevan incorporados filtros activos de frecuencias, mediante los cuales la etapa rechaza cualquier frecuencia que no esté dentro de unos límites prefijados. De esta forma se obtiene una amplificación selectiva en frecuencias, que facilita un mayor rendimiento de la etapa, quedando garantizada además la separación entre los diversos grupos de frecuencias, que se inicia en los filtros activos y se corrige y delimita en la misma etapa.

Figura 5



-No obstante, lo que denominamos "control procesado" de diversas señales audio se efectúa mediante unas unidades independientes, que miden mediante unos sensores el nivel de la señal antes de que llegue a las etapas, y el nivel de esta misma señal cuando ya ha sido amplificada (Figura 6). Cuando la unidad advierte una sobremodulación o un pico en la señal que se dirige hacia los altavoces, efectúa una compresión sobre la línea de entrada en un tiempo muy breve, y deja de efectuarla cuando ya no es preciso. Algunos procesadores de alta calidad realizan además otras funciones, como pueden ser la limitación de frecuencias y la corrección en fase de las señales, utilizando diversos sistemas de filtrado.

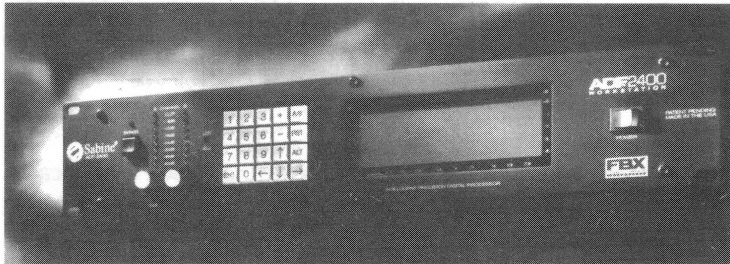
Resumiendo, las operaciones que efectúa el procesador de control son las que siguen:

- Regula el nivel de la señal de entrada.
- Selecciona las vías en las que se va a trabajar, con el correspondiente recorte de frecuencias mediante un crossover activo.
- Corrige y ecualiza cada vía, adaptándola a las características de las etapas o de los altavoces hacia donde se dirige la señal.

- Regula y alinea en fase todos los grupos de frecuencias.
- Analiza constantemente la señal que recibe a la entrada (por vía), y la señal ya amplificada por la etapa (mediante sensores), controlando que los niveles no excedan de unos límites prefijados.

Una de las últimas aplicaciones del procesado de la señal sonora consiste en la ecualización automática de los recintos donde se desarrolla un concierto. Uno de estos sistemas es el SIM (Source Independent Measurement); salas como el Carnegie Hall de New York, el Budokan de Tokio, o la Wembley Arena de Londres han sido equilibradas acústicamente mediante este sistema. Parámetros tales como la temperatura, la imagen estéreo, o el flujo de espectadores, pueden ir variando a lo largo de un concierto; el método SIM los integra y efectúa correcciones sobre la ecualización general en tiempo real.

Figura 6



Un sistema de potencia correctamente procesado adquiere un nivel de calidad difícil de igualar por otro idéntico que no lo esté. Los elementos que integran un sistema procesado pueden trabajar con un rendimiento muy alto, pero cualquier peligro de sobrecarga queda prácticamente excluido; la conservación de los costosos equipos queda así asegurada.

De todas maneras, la mano de los técnicos y operadores que programan los diversos parámetros de estos procesadores debe ir

segura, y conocer bien cómo extraer el máximo rendimiento de cada elemento; de otra manera, estos procesadores dejan de ser un buen aliado para convertirse en unidades perfectamente inútiles.

APLICACIONES DEL PROCESADO A DIVERSOS INSTRUMENTOS

Un error que se repite con cierta frecuencia, en varias amplificaciones, es el de situar dos o más instrumentos ocupando la misma banda de frecuencias, instrumentos que además poseen una dinámica similar. Cuando se da esta situación, la audiencia tiene serios problemas para poder distinguir un instrumento de otro, cuando suenan a la vez, dando lugar a un sonido confuso y poco claro.

Consideremos, por ejemplo, dos guitarras rítmicas que estén tocando a la vez, a un volumen parecido y utilizando ambas unos mismos efectos. Será realmente difícil que el público pueda distinguir una guitarra de la otra, a no ser que desde la mesa se apliquen distintas ecualizaciones a estas guitarras, y se separen entre sí por medio del panorámico, de forma que una guitarra suene con preferencia en el canal izquierdo y la otra lo haga en el derecho.

Un problema similar se presenta entre el bombo de pie y el bajo eléctrico, en especial cuando los acordes del bajo coinciden con la frecuencia central o los armónicos generados por el bombo.

Cuando en un grupo se incluyen dos o más unidades de sintetizadores o samplers puede aparecer una cierta confusión entre los sonidos que genera cada unidad, enturbiando la audición.

En todos estos casos es preciso aplicar distintas ecualizaciones a los instrumentos que puedan confundirse, separando claramente la dinámica tonal mediante los ecualizadores de canal, y si ello no es suficiente, insertando un ecualizador en el mismo canal de entrada. También es conveniente no utilizar los mismos efectos en los instrumentos que puedan ser confundidos. Así si, por ejemplo, se aplica una reverberación en uno de ellos, en el otro el sonido debe ser limpio.

-Bajo eléctrico. El sonido de este instrumento no suele precisar de ningún efecto. Sólo en algunos casos en los que suene demasiado rasposo puede aplicarse una reverberación suave, en especial si se trata de piezas lentas.

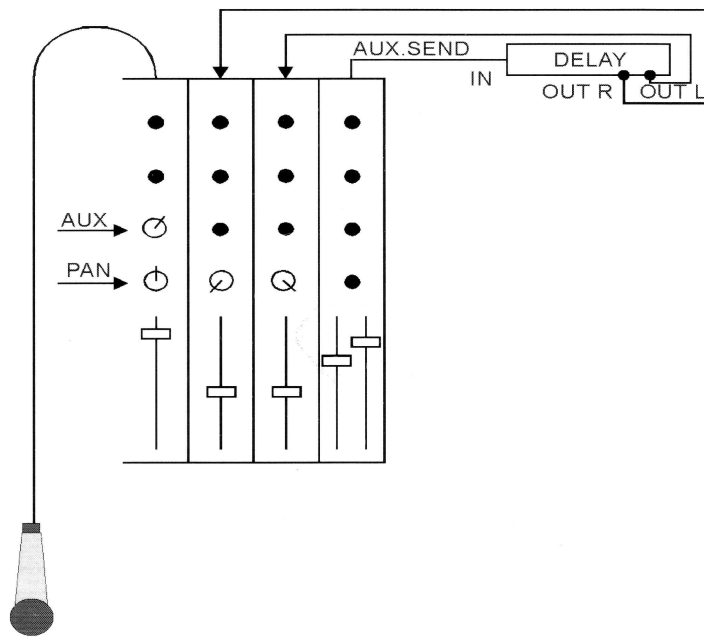
El balance -panorámico- para el bajo siempre se sitúa en la posición central, de forma que cubra por igual ambos lados del escenario.

A excepción del ecualizador del canal, el único procesador que interviene para modular el sonido del bajo suele ser un limitador, que sirve para impedir que la energía acústica que desprende este instrumento llegue a saturar las etapas de potencia, poniendo en peligro las bobinas de los altavoces, debido a la sobrecarga.

-Voces. Algunos cantantes prefieren realizar su trabajo insertando un compresor para la voz. De esta forma, la diferencia entre las partes más fuertes y las más sutiles de una pieza queda reducida, resultando favorecida su inteligibilidad en directo y su control dinámico.

Cuando se desea añadir más cuerpo a la voz, existen varios sistemas para lograrlo. En principio, basta con reforzar prudentemente la banda de frecuencias que va de los 200 Hz a los 450 Hz. Si esto no es suficiente, algunos optan por la colocación de un excitador insertado en el canal de la voz; mientras que otros técnicos prefieren añadir algo de reverberación a la misma.

Figura 7



Uno de los sistemas más naturales para reforzar el cuerpo de las partes vocales es el especificado en la figura 7, donde se añade vía auxiliar un ligero retardo entre 10 y 20 milisegundos. Al unir el canal de la voz sin retardo (panoramizado en el centro) con las voces retardadas, se produce una mayor presencia sonora, pero que no varía el tono original de la voz. En la figura se supone que se trabaja con un retardo estéreo; en el canal A el retardo puede ser de 10 milisegundos, mientras que en el canal B será de 5 o de 15 ms. Luego, la señal retorna a la mesa, y debe ser panoramizada tal como se ve en la figura. Conviene, en cualquier caso, conservar el canal de entrada para la voz sin procesar; para añadir su señal a las señales procedentes del retardo, en la proporción que más nos interese.

-Percusiones. Procesar los elementos que conforman una batería es uno de los

trabajos más complejos que realiza cualquier técnico. La excesiva proximidad que hay entre los tambores y los platos no ayuda en lo más mínimo a conseguir una captación microfónica selectiva, ya que el micro situado sobre los tambores también capta algo del sonido del bombo y del goliat, por ejemplo; con el resto de micrófonos sucede lo mismo. Para solventar este problema, es práctica común la utilización de puertas de ruido insertadas en los canales, que reducen en lo posible el sonido que provenga de otras unidades de percusión próximas.

Una ecualización precisa también ayuda a obtener una buena acústica para los instrumentos de percusión; el técnico debe probar cada unidad por separado hasta hallar un sonido satisfactorio, y luego efectuar un equilibrado final mientras suenan todos los elementos. Es de sentido común que las ecualizaciones de dos unidades distintas (por ejemplo el charles y el plato, o el goliat y el bombo) no coincidan demasiado, ya que entonces la confusión entre éstas sería segura.

Varios efectos pueden ser utilizados para los instrumentos de percusión; su utilidad dependerá del sonido en concreto que se busque, ya que no existe ninguna norma que aconseje o no su uso. Retardos digitales, asociados o no con unidades de reverberación proporcionan un sonido espectacular; al igual que sucede cuando se usan modificadores tonales.

En cualquier caso, hay que ser medido al usar estos efectos, y no utilizarlos para todos los elementos que componen la batería, ya que entonces perderían su impacto específico, dando lugar a un sonido muy confuso.

EJEMPLOS DE INSTALACIONES REALES.

Un sistema de potencia debe ser diseñado en función del estilo musical que vaya a amplificar; así mismo el procesado que se vaya a aplicar a cada instrumento debe estar al servicio del conjunto musical. Por estos motivos, no se pueden dar unas reglas válidas para todos los casos, y deben ser los criterios de los músicos y los técnicos los que orienten sobre la aplicación práctica de cualquier procesado.

A modo de ejemplos puramente orientativos, veamos algunos datos sobre la arquitectura que siguen las instalaciones de algunas conocidas bandas; cómo han resuelto, en cada caso, sus necesidades de sonorización, siempre en función del sonido que se busca:

-The Silencers. El equipo que se describe fue utilizado por esta banda escocesa durante la gira que realizó durante la primavera del año 1991. Un sistema con una capacidad de 30.000 W que entregó un sonido limpio y lleno de matices.

El monitoraje se centraliza en una mesa con 32 canales de entrada y ocho grupos de salida. Para las voces se emplea un retardo punteado, que permite controlar con precisión las partes vocales evitando la aparición de la realimentación acústica, ya que se acorta en la línea del retardo el tiempo de caída.

Los canales para monitorizar el bombo de pie, el goliat y los tambores sufren una triple modificación. En primer lugar se sitúa un compresor, seguido de una unidad de reverberación, y acabando en una puerta de ruido. Así es posible obviar posibles acoples y reproducir con suficiente cuerpo y claridad el sonido de estos elementos por los altavoces del escenario.

Intercalados entre las salidas de los subgrupos de monitor y las etapas de potencia, se sitúan ocho ecualizadores gráficos de 1/3 de octava, cada uno de ellos se encarga de recortar las frecuencias que pueden originar cualquier acople de cada instrumento monitorizado.

Para el sistema de amplificación principal, se dispone de dos racks de efectos, que pulen el sonido de la percusión, las voces y el bajo antes de llevarlo hacia las etapas. El resto de instrumentos (guitarra, violín y acordeón) no sufren modificación alguna. Estos racks llevan 8 puertas de ruido, 4 compresores, 2 reverberadores, 2 retardos digitales y 2 unidades multiefectos.

Antes de llegar a las etapas, la señal master es dividida mediante 2 filtros activos en cuatro grupos de frecuencias: altas, medias/altas, medias/bajas, y bajas. Cada grupo es amplificado por unas etapas con una potencia distinta; así, de altas a bajas frecuencias, los modelos entregan 800 W, 1000 W, 1500 W, y 2700 W para cada vía.

-Kraftwerk. Esta banda alemana, pionera del sonido cibernético, utiliza un sistema que permite un montaje muy rápido. Las conexiones entre los diversos racks de amplificación y las cajas están simplificadas, de manera que entre una unidad y otra sólo hay un cable multifilar, esto facilita todo el proceso de conexión y desconexión.

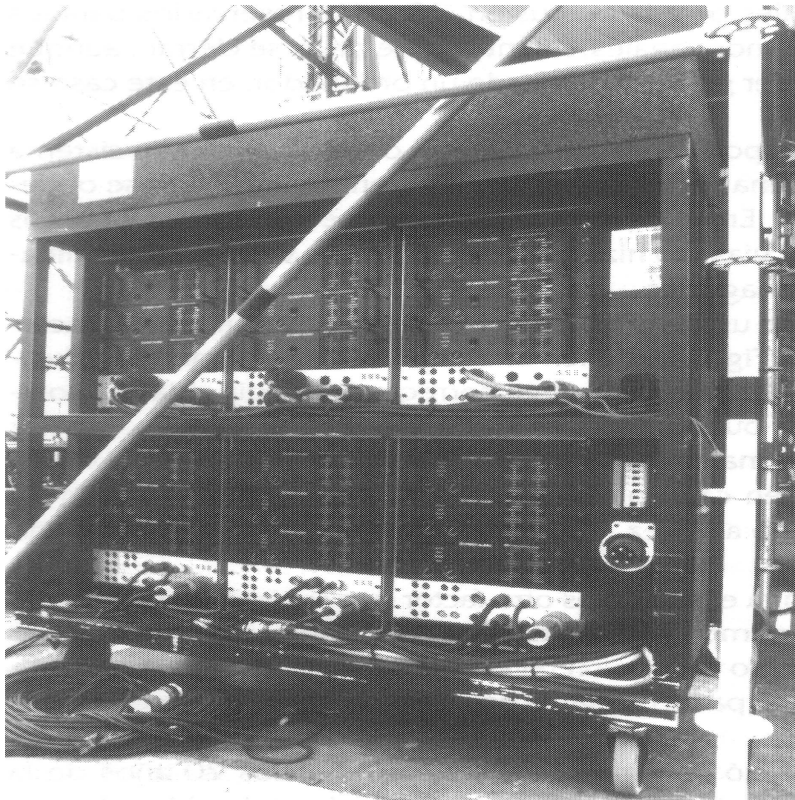
La poca movilidad de los cuatro miembros del grupo facilita el trabajo del monitoraje, y también el hecho de no tener que ocuparse de la realimentación entre altavoces de monitor y micrófonos, ya que sólo utilizan un único micrófono en todo el concierto, que además permanece casi pegado a la boca del cantante, mediante un soporte que lleva.

En la gira que realizaron a finales del año 1991 usaron cuatro racks para colocar todas las etapas encargadas del sistema principal. La señal de audio pasaba antes por cuatro puertas de ruido, que se encargaban de reducir al mínimo el ruido generado por los samplers y sintetizadores que el grupo maneja. Luego cuatro filtros separadores de frecuencia procesan la señal de forma adecuada.

La potencia que el sistema podía suministrar era de 16.000 W, si bien un procesador controló en todo momento el volumen acústico que había en la sala durante el concierto, corrigiendo automáticamente la señal que llegaba a las etapas cuando el volumen acústico en la sala era demasiado elevado o demasiado bajo. De esta forma se consigue una presión sonora que siempre oscila entre 94 dB y 108 dB, sea cual sea el volumen del lugar donde se actúa.

-AC/DC. El sistema que se describe fue utilizado por este grupo durante la gira "Monsters of rock 1991", y se

Figura 8



trata de un equipo de elevada potencia pero que debe ser montado y desmontado con suficiente rapidez.

En estos sistemas es conveniente utilizar un sólo tipo de amplificadores para cada grupo de frecuencias, ya que distintas marcas no tienen una misma sensibilidad de entrada, y pueden aparecer problemas debidos a las distintas potencias y a las diversas matizaciones musicales que efectúan etapas distintas.

La totalidad del sistema de altavoces se colocó suspendido, para reducir el riesgo de la aparición de "puntos calientes", es decir, de zonas donde la intensidad sonora fuera superior a la del resto de la audiencia. La aparición de estos puntos siempre va asociada a las pantallas apiladas a ambos lados del escenario. El sistema de altavoces se suspendió, pues, a diversas alturas, y se procuró concentrar toda la energía acústica sobre la zona de escucha; evitando que el sonido planeara por encima del auditorio y fuera a parar a varios kilómetros del recinto.

Para acelerar el montaje, se instalaron los amplificadores en racks especiales, cada uno de los cuales llevaba 18

etapas. Los cables de señal y de potencia fueron preparados para coincidir en un único multiconector por rack (Fig. 8), simplificando así todo el proceso de instalación y desmontaje.



Figura 9

-Lenny Kravitz. El verano de 1993 Lenny Kravitz realizó una gira por toda Europa, siendo acompañado por el técnico Tom Edmonds que se encargó del sistema de potencia principal. Algunas de las particularidades que se pueden comentar sobre la configuración de este sistema, son las que siguen:

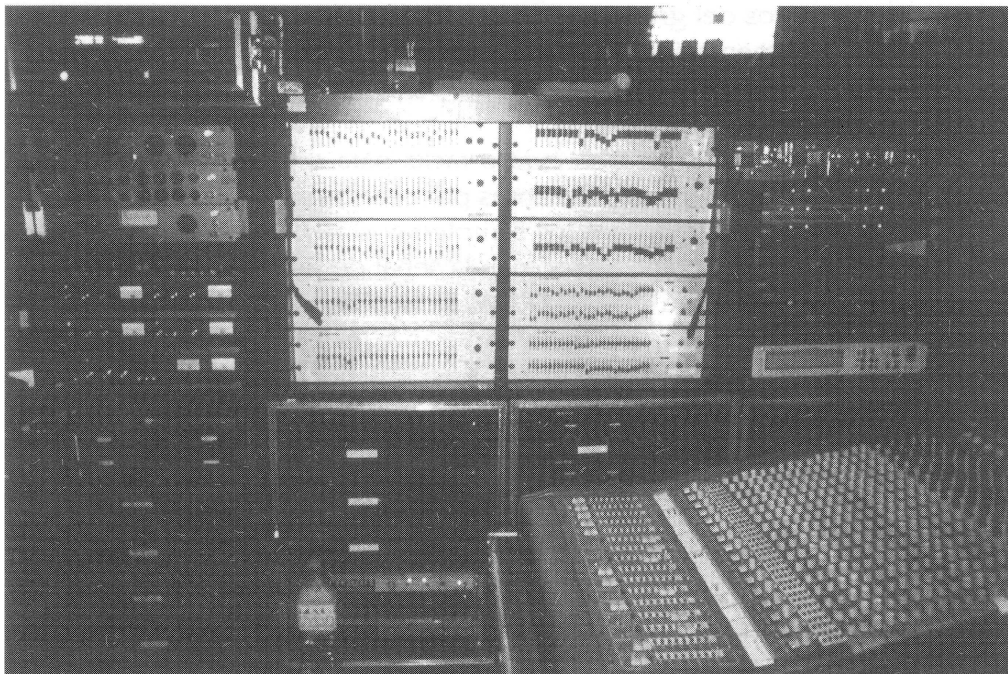
-Se usa un magnetofón de bobina como retardo, aplicado a las voces en algunas piezas. (Fig. 9).

-Para la voz de Lenny se utiliza un preamplificador de válvulas, y luego se inserta la señal resultante a un limitador, que trabaja únicamente en algunos picos. Se logra así una textura de la voz muy natural, sin artificios.

-En el monitoraje se usa una mesa con 24 canales de entrada y 16 grupos de salida. Unos ecualizadores de 1/3 de octava corrigen la señal antes de que llegue a las etapas correspondientes (Fig. 10).

-En los monitores se utilizan diversas puertas de ruido para la batería, mientras que para la voz principal se emplea una unidad de reverberación y un retardo; todas las señales pasan antes por un sistema de compresores, que reducen la gama dinámica y al tiempo evitan problemas de realimentación.

Figura 10

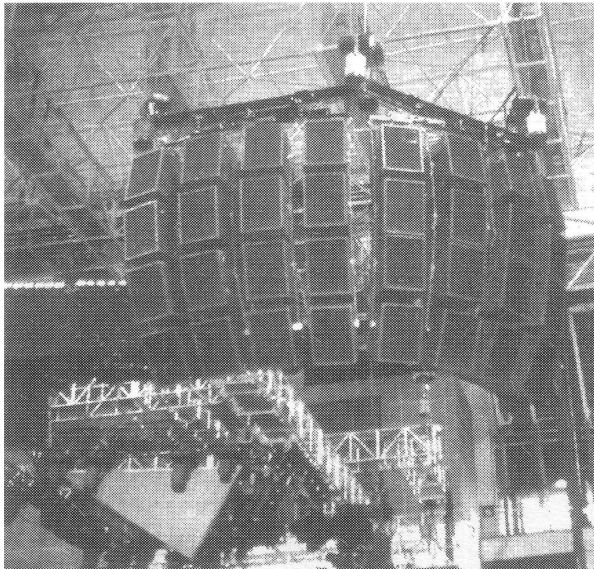


-Dire Straits. La gira *On Every Street* es la más larga que ninguna banda de rock ha realizado hasta la fecha. Durante casi tres años el ingeniero de sonido Robert Collins ha sido el encargado de acercar el sonido de Dire Straits, pulcro y preciso, a miles de seguidores. Para el sistema principal trabaja con tres consolas de mezcla, que dan un total de 94 canales de entrada, aunque nunca están activados conjuntamente; doce canales se reservan para el retorno de efectos, cinco para las guitarras de Mark

Knopfler, 30 canales para la percusión, 18 están reservados para los envíos de los micros, etc. Para cada pieza se abren unos canales, mientras que otros se cierran; aunque esta conmutación puede ser gobernada desde un ordenador, en este caso se realiza a mano.

La distribución de los grupos de frecuencias está controlada por un sistema de procesadores. Esta es una de las causas del alto rendimiento que se obtiene del sistema principal. En el control procesado se toman los mismos parámetros para todas las vías; no hizo falta calcular unos valores determinados para graves, medios y agudos.

Figura 11



Las cajas acústicas que se usan son de muy alta calidad, y con unas características muy direccionales (Fig. 11); tienen un tamaño suficientemente reducido para colocarlas según convenga. Si están correctamente dirigidas, el sonido que se obtiene es muy bueno.

El problema de este sistema es conseguir una buena mezcla entre las diversas entradas, que varían en cada pieza. Como promedio se trabaja con 74 canales de sonido entrando a la vez, y hay que conseguir un buen equilibrio entre todos ellos.

La reverberación que tenga el recinto es otro factor que se tiene en cuenta. Un analizador de espectro en tiempo real se utiliza para las pruebas de sonido; esto permite ajustar la ecualización general del sistema. Pero cuando un recinto se llena de público la reverberación tiene otro valor, y hay que estar muy pendiente para corregir la ecualización sobre la marcha.

-Mike Oldfield. El año 1993 Mike Oldfield realizó una gira para conmemorar los 20 años de la aparición del disco "Tubular Bells", en la que se ofrecía la nueva versión que el músico hizo de esta obra. Gary Bradshaw fue el ingeniero de sonido de esta gira, y la calidad acústica del sistema que controló puede ser calificada como excelente.

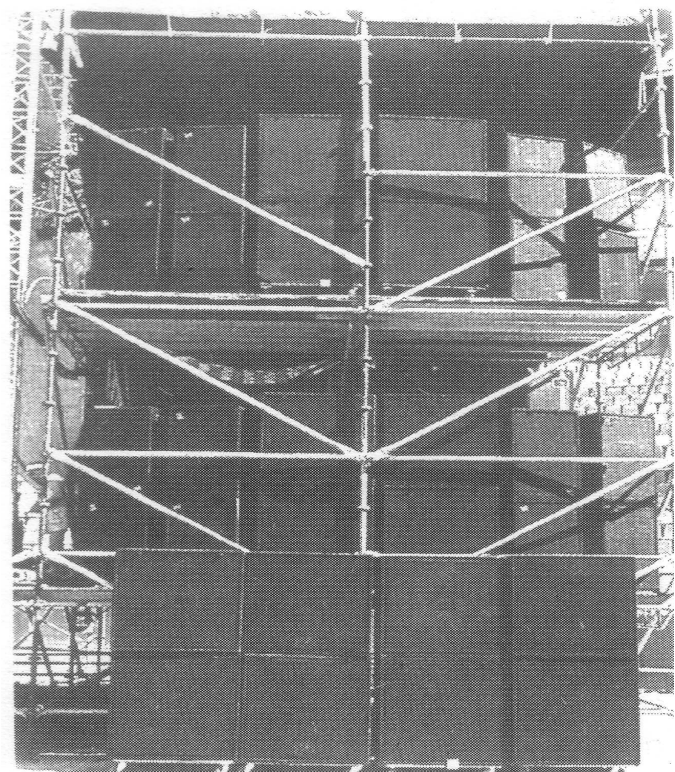
Los altavoces forman un sistema basado en las dos columnas típicas a ambos lados del escenario, más un sistema de refuerzo situado debajo del entarimado dirigido a la parte central de la audiencia. Un grupo de filtros activos digitales distribuyen las frecuencias hacia el conjunto de altavoces preciso; se trata de que todas las cajas funcionen como si se tratara de una pantalla sonora gigante, donde cada sonido emerja de un punto preciso.

Los distintos teclados son mezclados desde el mismo escenario; para cada pasaje musical hay preparada una mezcla distinta. Si no se hiciera así, los canales de entrada de la mesa principal se multiplicarían. De esta forma, el técnico recibe a cada teclista por unos canales concretos, siempre los mismos, ya que desde el escenario ya se ha realizado una pre-ecualización y un procesado concretos, según el tipo de sonido que interese en cada momento.

Para captar el piano acústico se utilizan dos micrófonos de condensador de direccionalidad variable. En algunos pasajes se usa un excitador con tal de que el sonido del piano resalte claramente sobre los teclados electrónicos.

Encima del escenario no hay *side-fills*, sólo altavoces de monitor que dan un sonido poco intenso pero muy limpio, ya que se intenta que la

Figura 12



presión sonora presente en el escenario no sea muy elevada; esto facilita un control más preciso.

Un ordenador programa todos los efectos que se utilizan durante el concierto, y los va conectando y desconectando canal por canal. Todos los efectos y procesados sonoros de teclados y guitarras están conmutados automáticamente. Por medio del programa secuenciador Cubase el ingeniero puede ver por la pantalla, situada al lado de la mesa principal, cuál es la secuencia de conexión/desconexión de todos los efectos. Si surge algún problema en cualquier punto la señal afectada es desviada del canal, y procesada por medio de dos racks auxiliares que tiene a su lado. Estos racks cuentan con dos armonizadores, procesadores multiefectos, compresores, ecualizadores gráficos, puertas de ruido y limitadores (Fig. 12), listos para ser utilizados si surge cualquier eventualidad.

Un sistema secundario de amplificación con retardo puede ser utilizado cuando se actúa en recintos muy grandes o alargados; la estructura de este sistema es idéntica a la del principal, pero su tamaño es menor y su potencia más reducida.