

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

INSTALACIONES TELEFONICAS PRIVADAS

Y SISTEMAS DE SONIDO

TOMO II

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO
DE INGENIERO EN LA ESPECIALIZACION DE
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES.

CARLOS USBECK WANDENBERG

Quito, Marzo 1979.

AGRADECIMIENTO

A mis Padres, hermanos y amigos que supieron apoyarme.

A mis Profesores y Compañeros quienes labraron en mí el compañerismo y el afán de aplicación de la técnica al servicio social.

A Inclín Cía. Ltda. por su ejemplo de trabajo.

A Telefonos Ericsson C.A. la gran ayuda y el aporte técnico que permitieron este estudio.

P R O L O G O

Por el volumen del texto ha sido necesario dividir esta tesis en dos tomos. En el primero se encuentran los capítulos correspondientes a los criterios generales de instalaciones y proyectos relacionados con sistemas telefónicos y de sonido; se analizan de manera crítica y descriptiva los sistemas telefónicos privados aplicables en nuestro medio, con un ejemplo práctico de instalación de una red telefónica en la Universidad Católica de Quito. En el segundo tomo, se encontrarán las descripciones de algunos proyectos de sistemas de sonido con análisis de acústica e infraestructura necesarios para su realización.

Este estudio práctico concibe las bases necesarias para un conocimiento previo de las consideraciones de importancia antes de la realización de un proyecto.

Se encontrarán de manera concreta y sintetizada las principales normas y sistemas relacionados con proyección de instalaciones telefónicas privadas y sistemas de sonido. Basadas en tratados teóricos y principalmente en la experiencia acumulada de varias Empresas relacionadas con esta industria.

Con la ayuda de numerosos datos técnicos y folletos explicativos y publicitarios de muchos equipos, se ha podido analizar de manera crítica los sistemas que podrían ser utilizados en nuestro medio en la medida de nuestras actuales obras de infraestructura técnica y económica.

I N D I C E

TOMO I

INSTALACIONES TELEFONICAS PRIVADAS Y SISTEMAS DE SONIDO

	Pag.
1. INTRODUCCION:	1
1.1 Introducción histórica de los sistemas telefónicos y de sonido.	2
1.2 Normas y criterios generales para instalaciones de tamaño pequeño y medio.	8
1.2.1 Consideraciones generales.	9
1.2.2 Criterios de canales y ramificaciones.	12
1.2.3 Ruta de cable conveniente.	17
1.2.4 Puntos de derivación y distribución.	18
1.2.5 Primeros puntos a considerar después de la recepción de los dibujos arquitectónicos.	19
1.2.6 Cables multipar standard.	21
1.2.7 Código de colores.	22
1.3 Estudio del centro a proyectarse.	23
1.3.1 Edificios para funciones públicas.	24
1.3.2 Centros hoteleros, restaurantes, etc.	25
1.3.3 Hospitales	27
1.3.4 Centros especiales	28
2. SISTEMAS TELEFONICOS PRIVADOS	30
2.1 Cuadros conmutadores manuales (PMBX)	31
2.1.1 Sistemas de lámparas múltiples.	32
2.1.2 Descripción de los sistemas PMBX	34
2.1.3 Cuadros conmutadores manuales a B.C. (batería central) con di cordios universales y múltiple.	36
2.1.3.1 Sistema B.C.(batería central).	37

2.1.3.2 Cuadro conmutador múltiple.	57
2.1.3.3 Sección auxiliar	39
2.1.3.4 Serie	40
2.1.4 Tráfico por línea de enlace.	41
2.1.5 Accesorios.	43
2.2 Sistemas de teléfono doméstico.	44
2.2.1 Con aparatos secundarios (sin teclado)	45
2.2.2 Con aparatos principales o con teclado de selección.	47
2.2.3 Con aparatos principales y secundarios.	48
2.2.4 Instalación con un sólo centro (aparato principal).	49
2.2.5 Instalación de teléfonos doméstico con cuadro de señalización.	50
2.3 Sistemas Multilínea.	51
2.3.1 Funcionamiento.	52
2.3.2 Transferencia y consulta.	53
2.3.3 Conexión en espera y traspaso de la línea.	54
2.3.4 Servicio de cabinas telefónicas públicas.	55
2.3.5 Servicio de interceptación.	57
2.3.6 Criterios de instalación.	58
2.4 Sistemas de tipo ejecutivo (Secretariales).	61
2.4.1 Descripción y utilización.	61
2.4.2 Ventajas.	66
2.4.3 Combinaciones más comunes.	67
2.4.3.1 Sistemas para dos personas.	67
2.4.3.2 Sistemas para tres personas.	69
2.4.3.3 Sistemas para más de tres personas.	73
2.5 Centrales automáticas privadas de abonado (PABX)	75
2.5.1 Posibilidades de tráfico.	75
2.5.1.1 Tráfico interno:	75
2.5.1.2 Tráfico externo.	92

2.5.2.	Selección directa.	93
2.5.2.1	Condiciones técnicas.	95
2.5.2.2	Cuestiones de han de ser tenidas en cuenta para la introducción de la marcación directa.	98
2.5.2.3	Aspectos económicos.	101
2.5.3	Funcionamiento.	106
2.5.3.1	Esquemas de bloque.	106
2.5.3.2	Esquemas de flujo.	108
2.5.4	Dimensionamiento: Estudio del tráfico.	118
2.5.4.1	Datos básicos de tráfico.	122
2.5.4.2	Cálculo del número requerido de unidades portadoras de tráfico.	123
2.5.4.3	Cálculo del número requerido de líneas urbanas.	124
2.5.4.4	Cálculo del número requerido de líneas de pedido.	125
2.5.4.5	Cálculo del número requerido de circuitos de conexión.	127
2.5.4.6	Cálculo del número requerido de líneas de consulta.	128
2.5.4.7	Cálculo del número requerido de telefonistas.	129
2.5.4.8	Resumen.	132
2.6	Proyecto de una red telefónica típica.	134
2.6.1	Descripción de la red telefónica de la Universidad Católica de Quito.	134
2.6.2	Redes telefónicas.	159
2.6.2.1	Generalidades.	159
2.6.2.2	Transmisión.	160
2.6.2.3	Atenuación y equivalente de referencia (RE).	164
2.6.2.4	Algunas notas elementales sobre transmisión.	165
2.6.2.5	Valores RE del circuito.	169
2.6.2.6	Señalización.	173
2.6.2.7	Líneas de extensión largas.	177
2.6.2.8	Diferentes tipos de aparatos telefónicos en una zona local.	178
2.6.2.9	Propiedades mecánicas.	179
2.6.2.10	Pupinización de cables telefónicos.	181

I N D I C E

TOMO II

Pag.

3. SISTEMAS DE SONIDO.

3.1 Acústica, intensidad y sonoridad.	188
Recintos acústicos.	
3.1.1 Introducción.	188
3.1.2 Acústica, intensidad y sonoridad.	189
3.1.3 Reverberación.	193
3.1.4 La acústica y el área de audición	196
3.1.4.1 Acústica de los locales cerrados.	196
3.1.4.2 Característica de la sala.	205
3.1.4.3 Reflexión y absorción de ondas sonoras.	213
3.1.4.4 Recintos cerrados.	230
3.1.4.5 Períodos de establecimiento y extinción.	236
3.1.4.6 Tiempo de reverberación en cámaras poco absorbentes.	240
3.1.4.7 Cámaras absorbentes.	240
3.1.4.8 Tiempo de reverberación en cámaras absorbentes.	242
3.1.4.9 Recintos de grandes dimensiones.	243
3.1.4.10 Acústica geométrica.	244
3.1.4.11 Reverberación en un recinto de grandes dimensiones.	248
3.1.4.12 Tiempo de reverberación óptimo.	251
3.1.4.13 Nivel sonoro en un recinto cerrado.	253
a) Foco sonoro individual.	
b) Foco sonoro superficial.	
c) Focos distribuidos.	
3.1.5 Recintos acústicos y áreas de audición.	261
a) Colocación de los recintos acústicos.	
b) Adaptación de los recintos acústicos a la sala.	
3.1.6 Recintos acústicos.	268
a) Recintos acústicos de radiación directa.	
b) Recintos acústicos de radiación indirecta.	

c) Recintos acústicos combinados.

3.2 Equipos de sonido y sistemas de distribución del mismo.	281
3.2.1. Sistemas de sonido.	281
3.2.1.1 Nociones generales.	
3.2.1.2 Sistemas para reforzar el sonido.	285
3.2.1.3 Sistemas de compaginación.	287
3.2.1.4 Sistemas de distribución del sonido.	294
3.2.1.5 Sistemas de intercomunicación.	298
3.2.1.6 Sistemas de sonido integrados.	302
3.2.1.7 Sistemas de sonido teatrales.	303
3.2.1.8 Sistemas de sonido para conciertos al aire libre.	305
3.2.1.9 Sistemas de sonido móviles.	306
3.2.1.10 Sistemas estéreo y de cuatro canales.	310
a) Estéreo de dos canales.	
b) Estéreo de cuatro canales.	
3.2.2 Dispositivos de entrada.	322
3.2.2.1 Micrófonos.	322
a) Patrones de captación de los micrófonos.	
b) Valores nominales de los micrófonos.	
c) Micrófonos para sistemas estereofónicos.	
d) Las técnicas microfónicas en estereofonía.	
3.2.2.2 Sintonizadores de radio.	350
3.2.2.3 Tocabiscos.	351
3.2.2.4 Tocacintas.	352
3.2.3 Pre-amplificadores.	353
3.2.3.1 Funciones del pre-amplificador.	354
3.2.3.2 Ecualización de fono.	355
3.2.3.3 Entradas.	356
3.2.3.4 Controles de volumen, balance y tono.	358
3.2.3.5 Filtros, contornos de sonoridad, audiosilenciador.	360

3.2.4	Amplificadores.	362
3.2.4.1	Introducción y criterios de calidad.	362
3.2.4.2	Especificaciones de los <u>amplificadores</u> .	368
	a) Potencia de salida <u>continua</u> .	
	b) Potencia musical o potencia <u>dinámica</u> .	
	c) Respuesta de frecuencia.	
	d) Ancho de banda de potencia.	
	e) Relación de señal a <u>ruido</u> .	
	f) Factor de amortiguamiento: F.A.	
	g) Nivel de entrada, impedancia de entrada.	
	h) Ruido residual.	
	i) Regulación de salida.	
	j) Sensibilidad.	
3.2.4.3	Ganancia de amplificadores.	375
3.2.4.4	Mediciones de ganancia.	378
3.2.4.5	Tipos de amplificadores de sistemas de sonido.	382
	a) Tabla comparativa.	
	b) <u>Amplificadores de potencia</u> .	
	c) Preamplificadores.	
	d) Amplificador de línea.	
3.2.4.6	Elementos de control de un amplificador <u>estereofónico</u> .	387
3.2.5	Dispositivos de salida.	396
3.2.5.1	Altos parlantes.	396
	a) Estructura y funciones.	
	b) Altos parlantes de <u>doble cono</u> y <u>coaxiales</u> .	
	c) Sistemas de dos, tres y cuatro vías.	
	d) Direccionalidad.	
	e) Cajas acústicas.	
	f) Elección de los <u>parlantes</u> .	
	g) Red de transición, <u>controles de nivel</u> .	
	h) Especificaciones de los <u>altos parlantes</u> .	

i) Altavoces a emplear con sistemas estereofónicos.	
3.2.5.2 Auriculares.	413
3.2.5.3 Bocinas.	414
3.2.5.4 Pérdidas en líneas alimentadoras de salidas.	418
3.2.6 Control e interfases de entrada y salida.	424
3.2.6.1 Entradas múltiples.	425
3.2.6.2 Controles de nivel y sistemas de mezcla.	430
3.2.6.3 Circuitos de salida.	433
3.2.7 Técnicas de alimentación de salidas.	441
3.2.7.1 Sistemas de alto nivel.	441
3.2.7.2 Sistemas de baja impedancia.	442
a) Línea de transmisión de impedancia.	
b) Alimentación de baja impedancia.	
c) Líneas de alta impedancia.	
d) Distribución a voltaje constante.	
3.2.7.3 Control de nivel de sonido.	463
3.2.7.4 Redes de puntos de cruce.	470
3.2.7.5 Atenuación de baja frecuencia.	473
3.2.8 Ancho de Banda y Ruido.	479
3.2.8.1 Causas y mediciones.	479
3.2.8.2 Respuesta de frecuencia.	488
3.2.8.3 Mediciones de nivel de sonido.	489
3.3 Instalaciones de sonido en diversas aplicaciones.	490
3.3.1 Introducción y generalidades.	490
3.3.1.1 Proyección de sistemas.	494
3.3.1.2 Determinación de las necesidades.	500
3.3.1.3 Especificaciones.	503
3.3.2 Salas de cine.	504
3.3.3 Teatros y auditorios.	507
3.3.4 Estudios de cine y televisión	511
3.3.5 Registro de sonidos.	513

3.3.6	Asambleas o banquetes.	517
3.3.7	Sistemas de localización.	520
3.3.7.1	Fábricas	521
3.3.7.2	Estacionamiento cubierto.	523
3.3.7.3	Estacionamiento al aire libre.	526
3.3.7.4	Garage de autoservicio.	527
3.3.8	Sistemas para restaurantes.	531
3.3.8.1	Para transcribir órdenes.	531
3.3.8.2	Llamada y respuesta para restaurantes con servicio en el estacionamiento.	534
3.3.8.3	Distribución de música.	539
3.3.9	Sistemas de sonido de seguridad para edificios de varios pisos.	546
3.3.10	Arenas deportivas.	553
3.3.11	Megafonía en espacios abiertos.	556
3.3.11.1.	Estadios.	558
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	561
5.	BIBLIOGRAFIA.	566

C A P I T U L O 3

S I S T E M A S D E S O N I D O

3. SISTEMAS DE SONIDO:

3.1 Acústica, intensidad y sonoridad. Recintos acústicos.

3.1.1 Introducción:

La acústica es definida como la física del sonido. Aunque la teoría fundamental de la acústica trata de las vibraciones y de la propagación de las ondas sonoras, podemos considerar el tema como una ciencia multidisciplinaria.

Los físicos, por ejemplo, investigan las propiedades de la materia mediante conceptos sobre la propagación de las ondas sonoras en medios materiales. El ingeniero acústico se interesa en la reproducción fiel del sonido, en la conversión de la energía mecánica y eléctrica en energía acústica, y en el diseño de traductores acústicos; es por esto, que al ingeniero electrónico actual le deben ser conocidos todos los principios de esta ciencia. El arquitecto está más interesado en la absorción y en el aislamiento del sonido en los edificios, en la reverberación controlada y en la prevención del eco en los auditorios y salas de música. El músico desea saber cómo obtener combinaciones rítmicas de tonos por medio de la vibración de

las cuerdas, columnas de aire y membranas.

Por otro lado, los fisiólogos y los sicólogos estudian in tensamente las características y acciones del mecanismo del oído humano y de las cuerdas vocales, los fenómenos del oído, las reac ciones del hombre con respecto a los sonidos y a la música, y los criterios sicoacústicos.

Además, debido a la conciencia general y unánime preocupación del creciente nivel del ruido producido por aviones, auto móviles, industria pesada y artefactos domésticos, y sus efectos perjudiciales, tales como el daño del oído e irritación física y síquica, crece la demanda para un mejor entendimiento del soni do, sus causas, efectos y su control.

3.1.2. Acústica, intensidad y sonoridad.

La palabra acústica significa muchas cosas para muchas personas. Pero la definición más sencilla del vocablo y quizás la mejor, es: "Acústica es la ciencia del sonido, considerando su producción, transmisión y efectos".

Toda onda sonora posee cierta potencia, que se denomi- . na potencia acústica y, lo mismo que la potencia eléctrica, se puede medir en watts. La intensidad acústica es la potencia

acústica transmitida por unidad de superficie de un frente de onda sonora. Para uniformidad de las mediciones, se ha elegido como unidad de superficie el cent-ímetro cuadrado.

Aunque la intensidad de un sonido determina el grado de vibración del líquido en el oído interno, la respuesta de los nervios que se derivan de aquél no es directamente proporcional a la intensidad del sonido. Es decir, si se duplica esta intensidad sonora, el oído no aprecia doble sensación. La respuesta del oído, como muchas otras cosas en la naturaleza, sigue una ley logarítmica. Se utiliza el Bell para este tipo de medición. Cuando se dice que un sonido tiene una sonoridad (característica de intensidad de sensación acústica de un sonido) de un bell, la sonoridad de otro sonido 10 veces más fuerte será de 2 bells. Las 9 unidades de aumento entre 1 y 10 y las 90 entre 10 y 100, las percibe el oído como la misma sensación de incrementos iguales de estímulo.

Pero todo esto es sólo aproximado, ya que la sensibilidad absoluta del oído y su sensibilidad a las variaciones de intensidad son distintas a diferentes frecuencias.

En frecuencias inferiores a 1.000 ciclos, el oído humano es mucho más sensible a las variaciones de intensidad. Esto significa que el punto en el cual empezamos a oír, el llamado "um-

bral de audición", aumenta a medida que la frecuencia del sonido disminuye por debajo de los 1.000 Hz.

Para expresar niveles de sonoridad en unidades que puedan aplicarse a todos los valores de la frecuencia, se ha asignado arbitrariamente el valor cero al nivel de intensidad en el umbral de la audición para una frecuencia de 1.000 Hz. Así, los niveles de sonoridad a 1.000 Hz y a frecuencias más altas se expresan en dB por encima del nivel cero. Otros niveles de frecuencia se comparan auditivamente con un sonido de 1 KHz de igual sonoridad.

El nivel cero, por consiguiente, es por convenio el umbral de la audición o mínimo nivel sonoro para cualquier frecuencia. Por encima de dicho punto, un sonido de 1 dB por encima del nivel 0 a 1 KHz tiene una sonoridad de 1 FON. Así, el cambio de 1 FON en sonoridad a 1 KHz es equivalente a 1 dB de variación en la intensidad. Esto es válido en todos los casos hasta 10 KHz. Sin embargo, por debajo de la frecuencia de 1.000 ciclos el cambio de nivel de sonoridad es mayor para una variación determinada en la intensidad. La figura 3.1.1 muestra la variación de los niveles de sonoridad y del umbral de la audición en función de la frecuencia para un individuo medio. Obsérvese que el margen de audición es de unos 130 dB. Por encima de este nivel más bien experimentamos dolor de oídos que oímos sonidos, por

lo cual la parte superior del gráfico corresponde al "umbral del dolor".

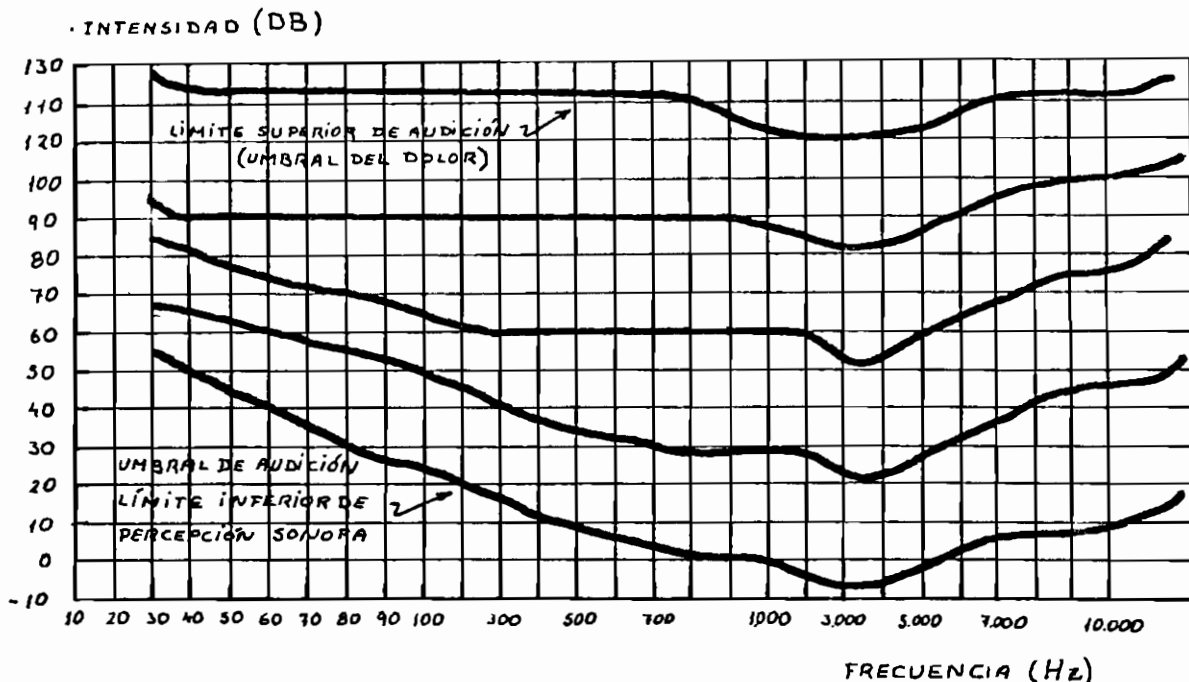


Fig. 3.1.1 CURVAS DE RESPUESTA DEL OIDO HUMANO.- SENSIBILIDAD MAXIMA A 3000 Hz.

Acabamos de ver que el oído humano responde a niveles de sonoridad de hasta 140 fonos o a variaciones de intensidad de 140 dB. Este margen de audición, el llamado intervalo dinámico, debe hacerse mucho menor en la reproducción de los sonidos, por varios motivos.

Además, la voz humana tiene, por término medio, un intervalo dinámico de sólo unos 20 dB. Observando la figura anterior, vemos que si ajustamos el control de sonoridad del equipo a 100 dB, que es un nivel alto, no hay peligro de que la voz humana

pueda exceder el margen dinámico. Sin embargo, la música de una orquesta puede variar hasta 70 dB entre los pasajes fuertes y los débiles. Aquí, si ajustamos el control de sonoridad a 100 dB, nos arriesgamos a romper tímpanos, y también a destrozar un buen alta voz. Por esto se hace necesario reducir el margen dinámico a unos 30 dB, tanto en el transmisor como en el receptor de un sistema de sonido.

Esta limitación del margen dinámico hace imposible reproducir los sonidos en una orquesta de concierto con toda fidelidad. Pero no hay que desanimarse por ello. Lo que se puede obtener con un buen equipo de alta fidelidad recompensa lo que se ha pagado por él.

3.1.3. Reverberación.

La causa de la diferencia en el sonido que se percibe es la cantidad de ecos en la zona de la audición. En la tecnología del sonido se usa el término "reverberación" más bien que el de eco. La reverberación no es simplemente una mera reflexión del sonido, sino que supone una serie de reflexiones. Supongamos que en un estanque lleno de agua, con su superficie de reposo, introducimos en él un objeto de fondo plano y luego lo sacamos repetidamente. El objeto representa una fuente sonora y el movimiento alternativo de ascenso y descenso representa una serie

de ondas sonoras como las que inciden sobre una pared. Las ondas de agua se desplazan primeramente desde el punto de impacto. Luego a medida que van chocando contra los bordes se reflejan y se vuelven hacia el punto en que se iniciaron. Finalmente, si continuamos utilizando el instrumento, se forman en el agua series completas de ondas, llamadas "ondas estacionarias", porque aparentemente no se mueven. Esto es análogo a lo que ocurre con el sonido en cualquier espacio cerrado, especialmente en una sala pequeña. La forma de la habitación, el acabado de las paredes, cortinas o tapizados, butacas, sofás, etc., tiene influencia en la determinación de la manera en que se forman y desaparecen las ondas estacionarias. En resumen, podemos decir que hay dos partes discretas en los sonidos que oímos, cada una de las cuales nos permite interpretar lo que percibimos. Una parte consiste en los sonidos variables, tales como los producidos por palmadas, el tic - tac del reloj, la percusión de un tambor, etc. La segunda parte consiste en las ondas estacionarias producidas por las características de reverberación de la zona de audición considerada.

El comienzo de un sonido lo percibiremos antes de que se produzca el refuerzo de aquél por efecto de la reverberación. Cuando el sonido cesa, la reverberación sigue. Como esto ocurre continuamente a nuestro alrededor, nuestra facultad de audición nos ha creado el hábito subconciente de dedicar más atención

crítica a la iniciación de los sonidos que a sus finales.

Si el sonido llega a frecuencias relativamente bajas, como son las notas graves de un órgano, la reverberación aumenta casi tan rápidamente como el sonido directo. Por otra parte, un sonido que se produzca repentinamente, tal como una palmada, un golpe de tambor o cualquier otro sonido al que podamos denominar "impacto", lo percibimos antes de su reverberación. Tal sonido nos proporciona una buena información para conocer dé dón de procede. Así, los sonidos con impacto son los que llaman la atención.

Aunque la reverberación hace que las terminaciones de los sonidos sean menos importantes que sus comienzos, no podemos ignorar aquellas terminaciones. Nuestro oído es muy consciente de la reverberación, aún cuando no podamos escucharla tan críticamente.

Cuando se habla en espacio abierto, al aire libre, no se aprecia nada fuera de lo natural; no existe eco, porque el sonido puede seguir propagándose sin reflexiones. Pero no ocurre lo mismo cuando se habla en una habitación anecoide, es decir, en la que las paredes, el techo y el suelo están cubiertas de materiales absorbentes del sonido, se produce una sensación artificial de insonoridad, más que una impresión de silencio.

3.1.4. La acústica y el área de audición.

3.1.4.1 Acústica de los locales cerrados:

Sin embargo, podemos afirmar que, hasta el fin del siglo XIX, casi no había, si acaso existía, ciencia de la acústica de los edificios y recintos. En los primeros escritos abundan relaciones matemáticas mágicas para las dimensiones de una perfecta acústica de un recinto. Hay relatos sobre el uso de los alambres alargados a través del auditorio, lo que se creía aumentaban de ese modo sus propiedades acústicas. Hasta que comenzó la obra pionera de Wallace C. Sabine, en 1895, no existía ningún criterio sobre lo que constituía un buen escenario acústico. Sabine un joven instructor de física de la Universidad de Harvard, fue llamado para tratar de remediar la intolerable acústica del auditorio del Fogg Art Museum. Definió él los parámetros para una buena propiedad acústica antes de llevarla a la práctica: dimensiones, formas y materiales de construcción.

Naturalmente que el estudio de las propiedades acústicas de los locales cerrados destinados a la audición pública han sufrido un cambio profundo desde el momento en que se pueden emplear sistemas electroacústicos, cadena de micrófonos, amplificadores y altavoces, así como el empleo de materiales de construcción ligeros, compatibles con la edificación moderna, en

contraste con el empleo universal de la piedra en edades preté-
ritas.

En los últimos años han aparecido nuevas necesidades acústicas, tales como la de acomodar toda una banda de música en locales relativamente pequeños, como ocurre en los estudios de radiodifusión, producir entre los decorados de un "plateau" cinematográfico las mismas condiciones acústicas que tendría la habitación que imitan dichos decorados, siendo así que se actúa en locales de gran volumen, las de decorar o amueblar las habitaciones de una vivienda, por el uso generalizado de sistemas reproductores y receptores de sonido que introducen música en locales no proyectados para esos menesteres.

Todo lo anterior presupone que el proyecto de un local destinado a la audición colectiva, como teatros, cines, salas de concierto, bailes, etc., se ha complicado bastante frente a los teatros antiguos edificados en piedra, sin motores, fábricas, autobuses ni aviones en sus proximidades.

Así, para el estudio de la acústica en uno de dichos locales se analizarán separadamente los siguientes puntos:

- Sus propiedades acústicas suponiéndole aislado.

- La modificación de dichas propiedades, según el uso al que se destine el local.

- El empleo de un equipo de sonido adecuado para reforzar o producir sonidos, así como el sistema de megafonía electroacústico necesario.

- El aislamiento sonoro de dicho local.

A continuación se enumerarán los criterios acústicos empleados por Sabine y los criterios acústicos actuales:

a) Criterios acústicos.

Sabine hizo una lista de características indispensables para una buena acústica en un auditorio, que en resumen son las siguientes:

1. Sonoridad en un auditorio.- Si se coloca la fuente de sonido en un espacio abierto y el piso es duro, el sonido se dispersa en una onda semiesférica, disminuyendo en intensidad proporcionalmente al aumento en tamaño. Si, en lugar de estar vacío el piso se ocupa con numeroso público, el sonido decrece aún más rápidamente porque el público absorbe sonido. Para mejorar esto, se eleva la fuente sobre el público,

seelevan proporcionalmente las sillas desde la primera fila hasta la última y se coloca una pared detrás del altoparlante. El resultado está representado por el Teatro Griego. Si se añade un techo, la intensidad del sonido promedio aumenta bastante en cada parte del local y la intensidad en las primeras y últimas filas son bastante iguales. Si se construyen galerías para elevar el público que esté más lejos y también para acercarlo al frente, tenemos el auditorio moderno. Podemos calcular la sonoridad relativa en las diferentes partes de un local de ese tipo si se conocen las absorciones (ver 3.1.4.3.) del público y de las superficies. Además, debemos saber cómo se refleja el sonido por las tarimas de sonido y otras superficies y cómo la temperatura del aire está influenciada por los ventiladores y el público.

2. Distorsión.- La distorsión del sonido en un local puede producirse en una de las siguientes formas: la primera, interferencia destructiva, ocurre cuando el sonido incidente y reflejado está fuera de fase en 180° en un punto dado del espacio. En un sonido complejo, tal como el producido por un tubo de órgano que posee una fundamental y sus armónicos, podría suceder que en un punto del espacio se produjera la interferencia destructiva para una de las armónicas o sobre tonos e interferencia constructiva para el otro. Por consiguiente, el sonido complejo se distorsionará en ese sentido. Otra forma

en la cual puede tener lugar la distorsión es mediante la resonancia. Esta siempre aumenta la intensidad del sonido, mientras que, por la interferencia, puede aumentar o disminuir. El refuerzo de una componente de un sonido complejo modificará los valores del sonido original y podrá cambiar la compensación de las frecuencias altas y bajas.

3. Confusión.- La reverberación, el eco y la adición de sonidos extraños contribuyen a ocasionar lo que denominamos confusión. La reverberación del sonido se relaciona con la reflexión múltiple desde las paredes, techos y pisos. El eco, un caso especial de reverberación del sonido, es una única reflexión desde una o más superficies. Los sonidos extraños añadidos también producen confusión y pueden deberse a muchos aspectos como a la ventilación y a los calefactores del cuarto, o bien, originarse fuera del mismo. Otros sonidos que se originan fuera de la sala son los ruidos subterráneos, tráfico, aviones y los debidos a vibraciones como el caso de motores descom-pesados.

Por lo general estos son los parámetros con los que se debe contar. Pueden ser subdivididos para tomar en cuenta otras características sutiles de la acústica de las salas.

Hay otros factores, además de los citados, que preocu-

paban a los especialistas en acústica de la generación anterior.

4. Ecos.- La causa de estos ecos (definido el eco como una reflexión del sonido retardada respecto del sonido directo, en más de 70 msec. y suficientemente fuerte como para ser escuchada) puede ser localizada si se realiza un trazado del camino del sonido después de la reflexión en las paredes. Se observa donde hay una concentración de las ondas del sonido diferente. Las paredes curvas y las cúpulas, a menudo originan ecos y, por lo general, deben ser evitados. Otra forma de descubrir la causa del eco es producir ondas en el agua en un modelo a escala de un cuarto y observar cómo las ondas son reflejadas en las paredes del modelo. Una vez que se localiza la superficie del eco, se cubre con una sustancia de gran absorción. Este procedimiento casi siempre elimina el eco.

5. Difusión del sonido.- Se lo considera apropiado cuando el sonido reverberante alcanza al observador uniformemente desde todas las direcciones. Para una buena difusión se necesita un gran número de superficies irregulares. En general ayudan a la difusión nichos, estatuas, palcos, balaustradas e incrustaciones en las paredes.

6. Libre del ruido.- El problema aquí es aislar el cuarto acústicamente de los alrededores.

7. Distorsión tonal.- Una absorción desigual para las distintas frecuencias añadida a una cantidad indebida de resonancia puede causar algo similar a un aullido, como en el caso de los instrumentos pulsados. La irregularidad en la absorción en frecuencia se evita al elegir los materiales absorbentes. El aullido puede ser evitado utilizando una construcción de las paredes no simétricas para que las vigas de las paredes y el piso no sean equidistantes.

b) Criterios acústicos actuales.

Los especialistas acústicos modernos han hallado que el número de variables importantes son mayores que las halladas por Sabine. Para completar las anotaciones dejadas por Sabine cabe anotar que necesitó de la ayuda de numerosas opiniones de los músicos más destacados de su época. Se examinaron los juicios subjetivos y el lenguaje fue reinterpretado para que las magnitudes físicas y las mediciones estuvieran en concordancia con las palabras vertidas en las opiniones. Esas variables fueron luego aplicadas a 60 salas en 20 naciones y fueron desarrollados dibujos arquitectónicos y detallados datos acústicos. La importancia de cada una de las variables fue medida, asignando una estimación a cada una. Las estimaciones fueron combinadas para dar una valoración total para cada sala de conciertos. Consideraciones más detalladas para los criterios acústicos modernos las

redacta Leo Beranek desde la más importante en orden descendente, tal como sigue:

1. Intimidad acústica.- Esto se refiere a un retardo en tiempo entre la llegada del sonido directo desde la fuente y el primer sonido reflejado.

2. Vivencia.- depende el tiempo de reverberación en las frecuencias medias y altas (sobre 250 Hz.).

3. Calidez.- Relacionado con el tiempo de reverberación promedio en las bajas frecuencias (250, 125, 67, Hz) y el promedio del tiempo de reverberación para frecuencias elevadas (500, 1000 Hz).

4. Sonoridad de la onda directa.- se relaciona en cuanto la cercanía de la butaca l, el tamaño de la orquesta y cuantas personas intervienen.

5. Sonoridad de la onda reflejada.- (Sonido reverberado). Depende del volumen cúbico, el tiempo de reverberación y de la energía del sonido que se halla en la fuente.

6. Equilibrio y combinación.- un buen equilibrio y combinación está relacionado con la forma en que los so-

nidos se combinan y mezclan por los ejecutantes, de manera tal que se escuchen armónicamente por los oyentes.

7. Difusión.- La difusión es apropiada cuando el origen del sonido parece ser difuso, esto es, llega a los oídos desde muchas direcciones.

8. Ensamble.- Se refiere a la facilidad con la cual los ejecutantes pueden tocar juntos en unísono. Por supuesto, depende de la habilidad del director y los ejecutantes, pero también depende, en gran parte, en la medida en que los músicos se puedan escuchar entre sí y el director pueda escuchar los a todos.

Esto completa los atributos positivos dados por Beranek a las salas de concierto. Sin embargo, una sala de concierto que posee estos atributos puede aún ser pobre si contiene ecos y una gran cantidad de ruido que llega, bien sea del exterior o de las maquinarias internas. Si una sala es buena en todos los aspectos positivos, pero posee superficies con sombra acústica o una cancelación debida a interferencia, disminuirá necesariamente su estimación. Los ecos perturbadores, ausencia de uniformidad en la sala y el ruido que se pueda originar dentro o fuera de la misma, tiene un efecto negativo sobre las cualidades de una sala.

Antes de abandonar este breve análisis, que será ampliado y discutido en el capítulo correspondiente a montajes e instalaciones y en los párrafos siguientes, mencionaremos el nuevo uso de las computadoras digitales en conexión a la acústica de los recintos. Se analiza una señal libre de reverberación y luego se lleva a la computadora. De modo semejante, el tiempo de reverberación con cualquiera de las frecuencias deseadas y las variaciones de espacio pueden programarse. Las dos salidas de la computadora conducen a dos parlantes colocados en una cámara anecoica (totalmente absorbente). Un oyente, que se encuentra también en la cámara, escucha el eco y la respuesta de reverberación similares a las proyectadas para la sala de concierto. También se pueden obtener respuestas simuladas de frecuencia, propiedades de difusión e irregularidades en la atenuación del sonido original. Este procedimiento posibilita el uso de la computadora para encontrar nuevas teorías acústicas sobre la construcción de una sala de conciertos.

3.1.4.2. Características de la sala:

Una sala se puede comparar a una caja de altavoz; ambas están determinadas por seis superficies. Las diferencias entre los dos recintos residen en su tamaño y su composición, pero la semejanza en cuanto a funcionamiento es suficiente para hacer válida la comparación.

Avanzando un poco más, diremos que las cajas de altavoz pueden considerarse de dos maneras diferentes. Existe primeramente el recinto resonante, tal como la del tipo "bass - reflex", con su resonancia característica determinada por las dimensiones del recinto y la abertura de la pantalla acústica. Luego hay el tipo no resonante, que emplea una boca de parlante lo mayor posible, con el fin de reducir a un mínimo la condición de resonancia. De manera semejante, las habitaciones pueden considerarse como resonantes o no resonantes, dependiendo de su forma y de las dimensiones de los materiales que contienen.

Entre las principales características de una sala está la resonancia de la misma:

a) Resonancia de una sala.

A diferencia de un altavoz, que tiene una sola resonancia principal, las habitaciones y recintos pueden en general, tener varias resonancias o "modos" de vibración. Las salas que son de forma aproximadamente rectangular pueden tener muchas resonancias naturales, dependiendo de las dimensiones del recinto. Estas pueden producir sus propios modos de resonancia, y así se puede esperar que un área o sala de audición tendrá varias resonancias naturales, que dependen de su tamaño y de las dimensiones relativas y también parcialmente de su "vivacidad" o re-

verberación.

b) Salas vivas.

Son salas "vivas" o reverberantes aquellas que tienen una gran resonancia. Un ejemplo de recinto vivo es un cuarto de baño con sus paredes, suelo e incluso techo cubiertos de baldosas. Las superficies duras y pulidas reflejan excelentemente el sonido. La reflexión constante y repetida del sonido desde una pared dura a la otra, con muy poca absorción, establece el nivel sonoro que percibe el oído. Esta cualidad de vivacidad del recinto es una función del modo normal de vibración de la habitación. Tal habitación puede ser muy poco conveniente para la reproducción limpia del sonido.

La reflexión sonora de una pared a otra y el modo normal de vibración determina la producción de puntos "calientes" y puntos "cero" de energía sonora para diferentes frecuencias y en distintas partes del recinto. Las habitaciones vibran y responden más marcadamente a las frecuencias bajas. Así, se puede producir una banda estacionaria para una frecuencia determinada, traducida en picos en unos puntos y completa anulación del sonido en otros. Esta condición produce a veces falta de acuerdo sobre lo que dos personas han oído en una misma sala. Por ejemplo, si uno se hallaba en un punto en donde había un refuerzo

sonoro debido a la onda estacionaria, podrá oír principalmente notas graves. Si otra persona se hallaba en un punto de anulación o de bajo nivel sonoro, oirá muchas menos frecuencias bajas.

Para hacer una prueba de audición verdaderamente objetiva, sin embargo, un equipo de sonido debe escucharse desde muchos puntos distintos de la habitación. Desde luego, si ocurre que uno tiene su butaca permanentemente situada en una zona de máximo o de mínimo, se estará constantemente sujeto a irregularidades de frecuencia en la respuesta del equipo. Por esto es de gran importancia la cuestión de la colocación del oyente. También la posición del altavoz en el recinto afectará a los resultados finales. Estas dos cuestiones de posición se considerarán más adelante; en este punto basta con darse cuenta de que una sala viva puede producir muchas irregularidades de respuesta, que afecten a la calidad de funcionamiento del sistema.

c) Tiempo de reverberación.

Una sala viva tiene un tiempo de reverberación largo, especialmente cuando hay una excesiva reflexión debida a las paredes. El tiempo de reverberación se mide por la rapidez con que un sonido disminuye después del cese de la fuente de sonido. Se define como el tiempo, expresado en segundos, necesario para

que la energía sonora disminuya 60 dB, es decir hasta una millo-
nésima de su potencia original, como se indica en la figura

3.1.2.

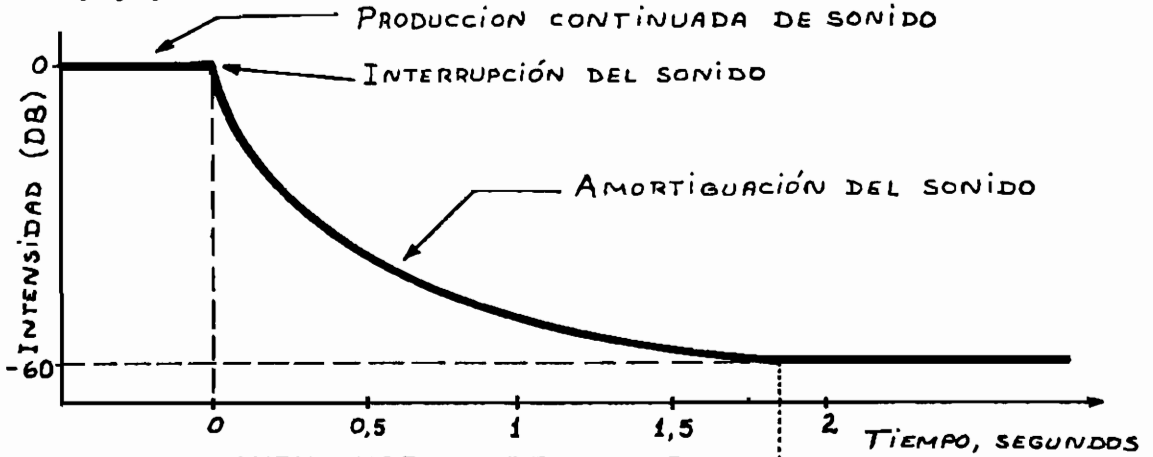


Fig. 3.1.2 - CURVA NORMAL DE AMORTI-
GUACION NATURAL DE UNA
ONDA SONORA EN UNA HABITACION.

Si las paredes son muy reflectoras, el sonido irá de un

lado a otro con muy pequeña absorción por aquellas superficies
reflectoras y así tardará un tiempo grande en alcanzar el bajo
nivel de 60 dB por debajo de su intensidad original. También,
si la sala es muy grande, por la gran separación entre las pa-
redes el sonido se atenuará muy lentamente y durará más. En
resumen, los tiempos de reverberación de las salas grandes y
las que tienen paredes reflectoras son largos.

Es importante destacar el significado del tiempo de re-
verberación en términos de los efectos de audición. Considere-
mos el caso de una sala muy reverberante. En cuanto la primera
nota sale del altavoz, se desplaza por el recinto, percute en
las paredes, el techo, el suelo, las puertas y ventanas, como

indica la Fig. 3.1.3 y se refleja una y otra vez en aquellas superficies durante largo tiempo, antes de alcanzar el nivel de menos 60 dB.

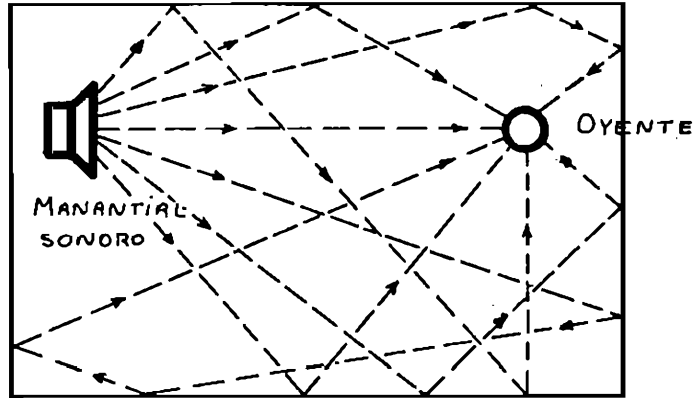


Fig. 3.1.3 REVERBERACION SONORA

Cuando la primera nota está amortiguándose, salen otras notas del altavoz. Por ello, la primera nota puede ser todavía audible cuando se produce la segunda, y por ello hay un solapamiento de notas, como indica la Fig. 3.1.4.

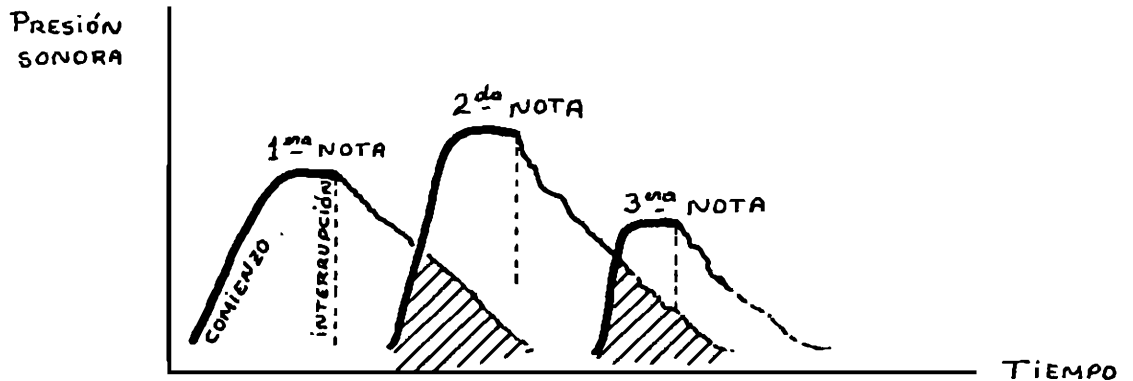


Fig.3.1.4 TIEMPO DE AMORTIGUACION LARGO.

Esto conduce a una reproducción y articulación dobles.

Un tiempo de reverberación demasiado largo, es, pues, perjudicial para una buena reproducción musical.

En una sala con gran reverberación, la reproducción del sonido parece más intensa de lo normal para un amplificador de potencia sonora moderada. Dado que un tiempo de reverberación largo significa que el sonido no se absorbe, se oirán simultáneamente el sonido reflejado y el directo. Esto hace que el nivel acústico sea más elevado para el oído.

Otra particularidad de las salas vivas es que la característica de direccionalidad de la unidad reproductora queda considerablemente afectada por las propiedades reflexivas en las paredes del recinto. Con paredes altamente reverberantes, las sucesivas reflexiones difunden considerablemente los diversos haces radiantes que salen del altavoz. En la práctica esto aumenta la uniformidad de la reproducción de las frecuencias altas en el recinto.

En una sala demasiado viva, puede verse que la articulación se degrada, ocurren irregularidades de respuesta a las bajas frecuencias, el conjunto suena más bajo y el sonido resulta más difundido.

d) Salas sordas.

Una sala sorda se caracteriza por su alto grado de absorción del sonido. Hay una diferencia importante entre las características de rendimiento de la sala viva y de la muerta o sorda, aparte de sus propiedades reflectoras. Hemos considerado ya la resonancia natural de la propia sala. Las resonancias solamente se producen cuando hay superficies reflectoras. Supongamos, sin embargo, que las paredes fueran totalmente absorbentes. El sonido se perdería en la superficie completamente absorbente, dado que no se reflejarían las ondas. Así, una sala totalmente absorbente no sólo atenuaría las reflexiones de pared a pared, sino que también reduciría el modo de resonancia normal de la sala.

Una sala sorda tiene una constante de tiempo de reverberación muy pequeña y, por consiguiente, una gran falta de reverberancia. En comparación con una sala viva, el sonido parece de menor intensidad, debido a que el oído no se beneficia de ningún sonido reflejado. En resumen, el sonido se pierde en el material de las paredes absorbentes. Así, vemos que una sala superamortiguada (sorda) consume toda la energía acústica que se produce en su interior.

Donde no existen reflexiones en las paredes, no hay ayuda de dispersión a los rayos sonoros que salen del altavoz. Por esto, la distribución de altas frecuencias de un equipo en una

sala sorda depende únicamente del altavoz y su asociación con una pantalla difusora. Si el haz de frecuencias altas del parlante es agudo, la posición del oyente en la sala determinará la cantidad y la forma en que oirá muchas de tales frecuencias elevadas. En cuanto a las bajas, la sala sorda presenta características de distribución uniformes, sin producción de ondas estacionarias. Por ello, en el local apenas se producen puntos de máxima o de mínima audición de bajas frecuencias.

Ya se ha señalado antes que el tiempo de reverberación de una sala depende de sus dimensiones y de las características de absorción de su superficie. Las dimensiones de una sala están estrechamente relacionadas con la cantidad de reverberación deseada. Por lo general, las salas pequeñas tienen menor tiempo de reverberación que las grandes. Si nos hallamos en una sala pequeña, estamos naturalmente más próximos al parlante y a las superficies reflectoras del sonido, y por ello las reflexiones de éste nos llegarán antes que las de las paredes de una sala mayor. En consecuencia, si deseamos una audición en que no se confundan las notas musicales, debe ser reducido el tiempo necesario para que el sonido reflejado llegue a nosotros, tratándose de una sala pequeña.

3.1.4.3. Reflexión y absorción de ondas sonoras:

Cuando una onda plana que se propaga por un medio cuya impedancia específica es Z_1 ($Z = \rho / C$) incide normalmente sobre la superficie de separación de dicho medio con otro (supuesto ilimitado) cuya impedancia específica Z_2 sea distinta, sufre una reflexión también normal. Fijándonos en la Fig. 3.1.5.A, la onda progresiva tendría una presión P_{11} en un punto; si en ese punto empieza un segundo medio de propagación aparece una segunda onda de presión reflejada que en dicho punto daría una presión P_{12} . Esta onda de presión retrógrada puede suponerse que viene del segundo medio, punteado en la figura, y "sale" al primer medio. En realidad la presión existente en la inmediata vecindad de la superficie separadora es la suma $P_1 = P_{11} + P_{12}$. La onda sonora que continúa su propagación en el segundo medio tiene una presión P_{22} que es idéntica a la P_1 . Entonces:
 $P_{22} = P_1 = P_{11} + P_{12}$.

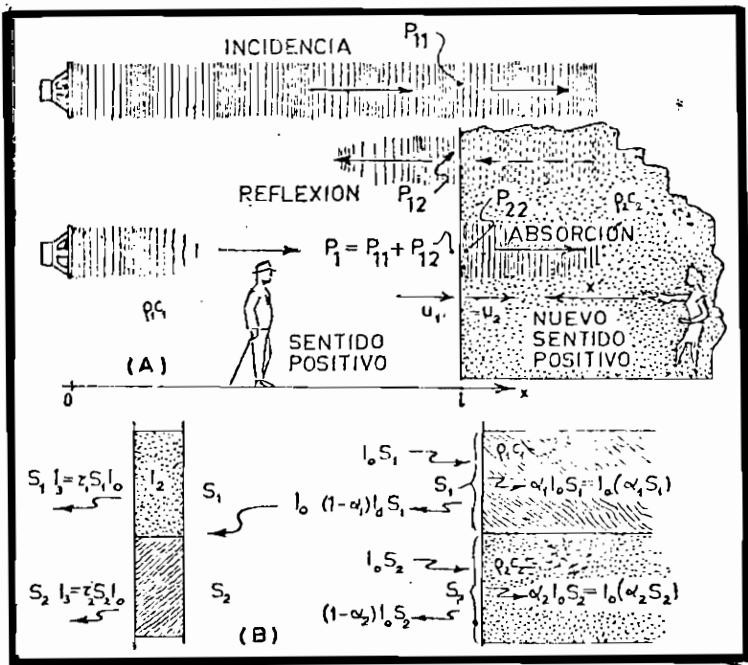


Fig. 3.1.5 (A).(B)

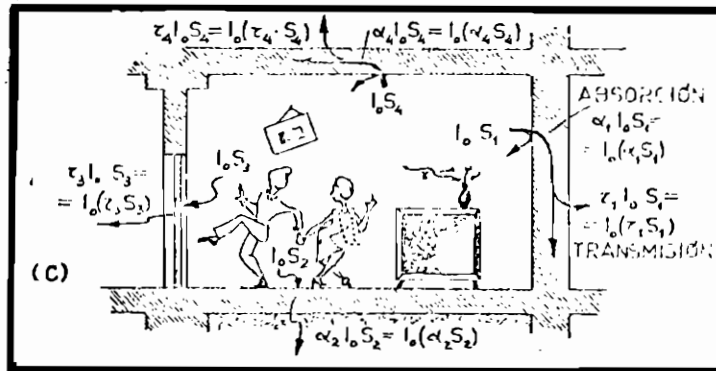


Fig.3.1.5 (C)

Si ahora se considera el segundo medio, un observador situado en él apreciaría la "salida" de una onda retrógrada desde el primer medio y con una presión que es igual a la compuesta y existente en el primer medio.

La velocidad de la onda retrógrada en dicho segundo medio será:

$$v_2 = \frac{0 - P_2}{Z_2} \tag{3.1}$$

Que en la superficie de separación se igualará físicamente con v_1 aunque matemáticamente, por referirse a una dirección X' opuesta a X .

$$\text{Entonces: } \frac{P_{22}}{Z_2} = \frac{P_{11} - P_{12}}{Z_1} \quad (3.2)$$

$$\text{Entonces haciendo: } r = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{2 C_2}{1 C_1} \quad (3.3)$$

Tendremos:

$$\frac{P_{22}}{P_{11}} = \frac{2 r}{1+r} \quad (3.4)$$

Que indica la transmisión sonora al segundo medio y absorbida en él, y

$$\frac{P_{12}}{P_{11}} = \frac{r-1}{r+1} \quad (3.5)$$

Que indica la reflexión de la onda sonora en el primer medio.

Tenemos como expresión de intensidad acústica la relación: $I = \frac{P^2}{Z_s}$ y definiremos como coeficiente de absorción, por transmisión al segundo medio:

$$a = \frac{I_{12}}{I_{11}} = \frac{P_{22}^2 / Z_2}{P_{11}^2 / Z_1} = \frac{4 r}{(r+1)^2} \quad (3.6)$$

Y como coeficiente de reflexión:

$$1 - a = \frac{r - 1}{r + 1}^2 \quad (3.7)$$

Las expresiones anteriores permiten, entonces conocer los coeficientes de absorción por transmisión y de reflexión, sabiendo las impedancias y viceversa.

En el caso de que la onda incida sobre un muro, hay dos superficies separadoras de medios, pudiéndose dar el caso de ondas estacionarias en el interior del mismo. En dicho caso se define como coeficiente de transmisión al cociente de las intensidades sonoras objetivas a ambos lados del muro, y suele expresarse logarítmicamente como pérdida de transmisión PT (TL)

$$\tau = \frac{I_3}{I_{11}} ; \quad (TL) = PT = 10 \log. \frac{1}{\tau} \quad (3.8)$$

En la figura 3.1.5-B, se supone una intensidad sonora I_0 que se convierte en $a_1 I_0$ en el seno del medio Z_1 , en $a_2 I_0$ en el segundo medio Z_2 , etc. Las reflexiones en las superficies de separación darán $(1 - a_1) I_0$ y $(1 - a_2) I_0$. La potencia será el producto de la intensidad por la superficie respectiva y, por tanto, la potencia absorbida por el primer medio será $a_1 I_0 S_1$, etc.

De un modo análogo la potencia que atraviesa el primer muro será: $P_1 = \tau_1 I_0 S_1$ y la que atraviesa el segundo muro (rayado) será $P_2 = \tau_2 I_0 S_2$.

Si en un local cerrado como el de la figura 3.1.5.C se produce un sonido de intensidad I_0 , e incide sobre una pared de superficie S_1 , de ésta se absorben $a_1 I_0 S_1$ watios que no vuelven a entrar en la habitación y de los cuales parte de ellos $\alpha_1 I_0 S_1$ son radiados por la pared al recinto próximo.

Repitiendo el razonamiento en todas y cada una de las superficies de la habitación vemos que la potencia total que incide en las paredes vale:

$$P_t = I_0 S_1 + I_0 S_2 + \dots = I_0 (S_1 + S_2 + S_3 + \dots) = 1 \quad (3.9)$$

Y la potencia que penetra por las paredes (absorbida) es:

$$P_a = a_1 I_0 S_1 + a_2 I_0 S_2 + \dots = I_0 (a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots) \quad (3.10)$$

Al cociente de ambas potencias, absorbida y total, se le da el nombre de coeficiente de absorción medio, es decir:

$$a = \frac{P_a}{P_t} = \frac{a_1 S_1 + a_2 S_2 + \dots}{S} \quad (3.11)$$

Siendo un número sin dimensiones e inferior a la unidad, S es la superficie total del local y $a_1, a_2 \dots$ los coeficientes de absorción o absortancias particulares de cada material constituyente de los trozos de superficies $S_1, S_2 \dots$ considerados en las paredes, techo y suelo del recinto.

En los párrafos siguientes se dan valores de coeficientes de absorción de distintos materiales de construcción corrientes, materiales absorbentes y de decoración.

Cuando existen personas u objetos separados de las paredes, también absorben determinada potencia, dándose en los cuadros que siguen el producto $a.S$ para cada uno de ellos, que se incorporarán al numerador sin alterar el denominador al hallar la absorción media.

a) Materiales absorbentes:

La impedancia específica de cualquier medio depende de las masas elementales en que se le puede considerar formado, de los enlaces elásticos que entre ellas pueda tener y su viscosidad o roces internos.

Definiéndose como resistencia acústica continua de un medio al cociente entre una diferencia de presiones permanente

y constante y el flujo de aire que existe atravesando dicho medio, y representando esta resistencia por metro de longitud y metro cuadrado de sección por r_{AD} , se han obtenido expresiones teórico-prácticas para determinar la impedancia acústica específica, una de ellas es:

$$Z_S = \frac{1}{3} r_{AD} \cdot d + j\omega \frac{1}{3} \rho_o \cdot d \cdot r + \frac{1}{j\omega \frac{\rho d}{\rho_o c^2}} \quad (3.12)$$

que se emplea para determinar la impedancia específica en la superficie de un material poroso pegado a una pared rígida. En ella, d es el espesor de material, que debe ser pequeño respecto a la longitud de onda; r es el cociente entre la densidad (supuesta) del aire de los poros y el aire del ambiente, con lo que $\rho_o r$ representa la densidad del aire de los poros y $\rho_o d r$ la masa inerte de los mismos; ρ representa la porosidad o tanto por ciento del volumen de aire en los poros respecto al volumen total del material y, por tanto, ρd representa el volumen de aire que se comprime elásticamente.

Y conociendo el valor de P_a (potencia que penetra por las paredes, pueden aplicarse las ecuaciones para el coeficiente de absorción y de reflexión (3.6 y 3.7).

La determinación de los parámetros de Z_S es bastante

inexacta, es más, se llega a su determinación midiendo primero la absorción a distintas frecuencias y de estos valores medidos calcular la porosidad, densidad del aire en los poros, etc.

Como los datos que en la práctica interesan son precisamente los medidos, suelen darse por los fabricantes de materiales absorbentes en tablas o curvas para distintas frecuencias.

Estos materiales porosos presentan su máxima absorción en las frecuencias superiores. Las bajas frecuencias son, por el contrario, absorbidas preferentemente por cavidades resonantes cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda. Pueden estar abiertas o cerradas por diafragmas en forma de paneles, telas, zócalos, jarrones, suelo hueco, orificios, cámaras, etc.

1. Características absorbentes de materiales de construcción:

VALORES DE α	FRECUENCIAS EN Hz					
	MATERIALES	125	250	500	1000	2000
Hormigón	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Ladrillo desnudo	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Enlucido de yeso sobre ladrillo	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Enlucido de yeso sobre vigas o losas en general	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,03
Enlucido de cal	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Vidrio (Espejos)	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Madera sólida	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
Corcho, linóleo o goma (5 mm.)	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
Corcho 25 mm.	0,08	0,08	0,30	0,31	0,28	0,28
Madera maciza y pulida	0,09	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04
Madera (10 mm.) sobre hormigón	0,10	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
Panel de madera hueco (5-10 cm. de hueco), armarios, puertas	0,30	0,25	0,20	0,17	0,15	0,10
Enlucido sobre 5 cm. de fibra	0,35	0,30	0,20	0,55	0,10	0,04
Plataforma de madera con gran hueco posterior	0,40	0,30	0,20	0,17	0,15	0,10

2. Características absorbentes de personas y

muebles:

En este cuadro se da el producto $a S$ por persona y/o mueble en m^2 .

OBSTACULOS	FRECUENCIAS EN Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Persona de pie	0,14	0,23	0,38	0,54	0,66	0,66
Persona de pie con abrigo	0,23	0,32	0,48	0,62	0,76	0,70
Asiento no tapizado	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05
Asiento con respaldo de cuero	0,20	0,25	0,30	0,30	0,30	0,25
Asiento tapizado	0,30	0,30	0,30	0,32	0,34	0,33
Niño y su asiento escolar	0,20	0,27	0,30	0,36	0,40	0,42
Persona sentada en asiento poco tapizado (conjunto)	0,27	0,31	0,35	0,43	0,45	0,45
Persona sentada en asiento muy mullido	0,42	0,41	0,41	0,45	0,45	0,45
Músico, su instrumento y su asiento	0,60	0,90	1,10	1,60	1,65	1,35

3. Características absorbentes de materiales de decoración e insonorización:

Características absorbentes de materiales de decoración e insonorización						
MATERIALES	FRECUENCIAS EN Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Tapices y colgaduras:						
a) Separados de la pared y de 350 gr./m ² .	0,04	0,05	0,11	0,18	0,30	0,35
De 500 gr./m ²	0,05	0,07	0,13	0,22	0,32	0,35
b) Junto a la pared y de 350 gr./m ²	0,07	0,31	0,49	0,75	0,70	0,60
De 500 gr./m ²	0,14	0,35	0,55	0,75	0,70	0,60
c) Fibra 10 cm. sobre pared	0,55	0,85	0,99	0,95	0,95	0,95
Losetas perforadas con taladros de 4 mm. Ø a 15 mm:						
a) Pegadas a la pared y de corcho de 10 mm	0,08	0,17	0,55	0,72	0,72	0,66
De corcho de 20 mm.	0,10	0,22	0,70	0,88	0,75	0,65
De corcho de 25 mm.	0,14	0,32	0,95	0,90	0,72	0,65
b) De 20 mm de espesor y sobre 5 c. de fibra	0,12	0,43	0,70	0,88	0,75	0,65
Suspendidas a 12 cm. de una pared.	0,30	0,50	0,80	0,85	0,78	0,65
Feltros de 25 mm. sobre una pared	0,13	0,41	0,50	0,69	0,65	0,49
Placa metálica de 1 mm. y sin perforar sobre 10 cm. de fibra	0,40	0,50	0,32	0,20	0,20	0,15
Placa metálica con taladros de 3 mm. Ø cada 10 mm. y sobre 10 cm. de fibra	0,50	0,90	0,90	0,90	0,95	0,95
Placa metálica con taladros de 3 mm. Ø cada 15 mm. y sobre 10 cm. de fibra	0,65	0,80	0,86	0,80	0,65	0,50
Corkoustic-B4	0,08	0,13	0,51	0,75	0,47	0,46
Konstex	0,10	0,24	0,64	0,92	0,77	0,75
Acoustone D 11/16 in	0,13	0,26	0,79	0,88	0,76	0,74
Acoustex 60R	0,14	0,28	0,81	0,94	0,83	0,80
Corkoustic-B6	0,15	0,28	0,82	0,60	0,58	0,32
Absorbatone A	0,15	0,28	0,82	0,90	0,87	0,98
Acoustone F 13/16 in	0,16	0,33	0,85	0,89	0,80	0,75
Cushiontone A-3	0,17	0,58	0,70	0,90	0,76	0,71
Permacoustic, 3/4 in	0,19	0,34	0,74	0,76	0,75	0,74
Fiberglas acoustical TW-PF9D	0,22	0,46	0,97	0,90	0,68	0,52
Econacoustic 1 in	0,25	0,40	0,78	0,76	0,79	0,68
Aconsti-celotex C-6 1-1/4 in	0,30	0,56	0,94	0,96	0,69	0,56
Absorbex A 1 in	0,41	0,71	0,96	0,88	0,85	0,96
Low-frequency element	0,66	0,60	0,50	0,50	0,35	0,20

b) Materiales y medios transmisores y atenuadores:

En un principio todos los materiales son transmisores de ondas de presión. En arquitectura se presenta el caso doble de paredes o tabiques y vigas o pedestales.

Un elemento de pared, sometido a vibración por incidir en una de sus caras una onda sonora, equivale en el margen de frecuencias superiores a la de resonancia del tabique, considerado como un diafragma, a una masa con una impedancia inerte $j\omega M$, por esta causa, al crecer su masa y frecuencia va disminuyendo el valor de su velocidad y, por tanto, la intensidad sonora radiada por su otra cara. Un golpe dado al tabique con un martillo permite determinar si resuena o no y a qué frecuencia aproximada.

Un tabique lo suficientemente amortiguado para que no se aprecie en él ninguna resonancia tendrá su atenuación o pérdida de transmisión tanto mayor cuanto mayor sea el producto ωM . En la figura 3.1.6 se da la atenuación de un tabique macizo, no resonante.

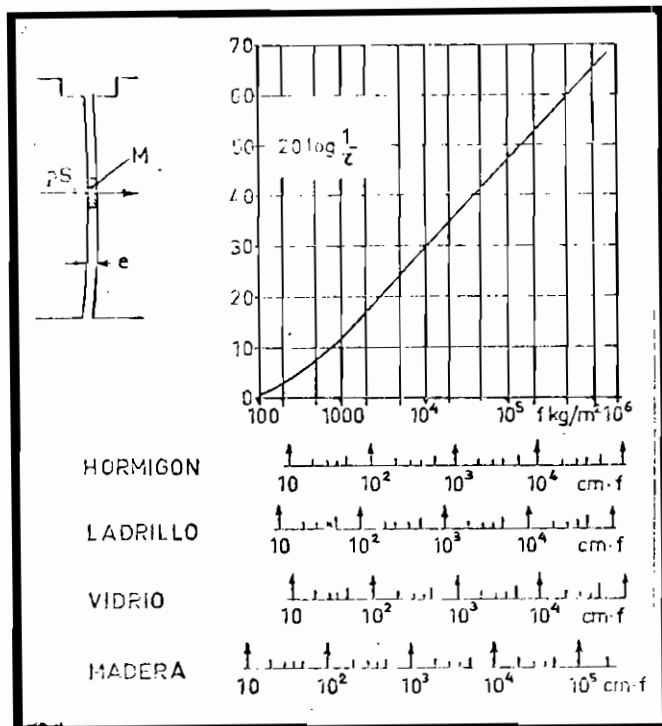


Fig. 3.1.6

En el caso de la transmisión del sonido (vibración) a lo largo de una columna o viga, el problema es diferente; no puede considerarse ya una masa concentrada en un espesor pequeño respecto a la longitud de onda, sino que debe considerarse la columna como una línea de transmisión con la probable formación de ondas estacionarias. A este efecto se debe la transmisión de las vibraciones de un grupo electrógeno montado en un sótano a todos los pisos a través de las columnas de hormigón.

En general, para conseguir atenuaciones superiores a los 40 dB es preciso recurrir al empleo de tabiques o paredes y techos dobles.

En la figura 3.1.7, se indican los valores medios de las pérdidas por transmisión en una edificación corriente sin el empleo de ningún procedimiento especial de aislamiento sonoro.

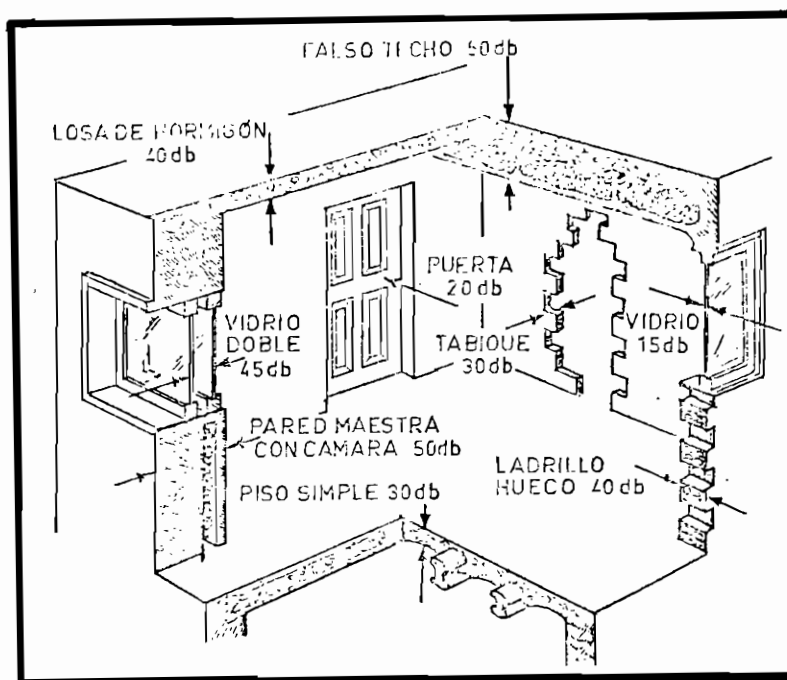


Fig. 3.1.7

Puede observarse en dicha figura que todas las ventanas y puertas están cerradas: desde el momento en que se abren pierden su poder atenuador y el sonido se propaga con gran facilidad. Por esta razón hay que tener muy en cuenta todos los conductos que puedan enlazar una habitación con otras; conductos de este tipo pueden ser las chimeneas, las canalizaciones de ventilación conductos de climatización, etc.

Estos conductos actúan como una línea acústica que transmite perfectamente los ruidos producidos por los ventiladores y

deben, por tanto, silenciarse, como se verá más adelante.

Como en la práctica interesan los materiales lo menos transmisores posibles, se verán a continuación de las características de transmisión de algunos materiales, algunos procedimientos para aumentar sus pérdidas de transmisión, por lo menos en bandas de frecuencias bien determinadas, con lo que se disminuye la inteligibilidad de la palabra.

1. Características de transmisión de diversos materiales de construcción:

MATERIAL	ATENUACION EN db A LOS Hz					PROMEDIOS	
	125	250	500	1000	2000	db	τ
Baldosa de yeso (5 cm.)	25	34	44	51	63	48	0,00001
Briqueta de escorias, 10 cm., sin enlucir	12	18	22	24	30	22	0,0003
Idem enlucida por ambas caras ...	36	38	40	44	42	40	0,0001
Ladrillos huecos de 15x30x30	—	41	35	45	52	40	0,0001
Ladrillo macizo, 20 cm., enlucido ...	—	50	48	55	63	50	0,00001
Ladrillo macizo, 40 cm., enlucido ...	50	52	55	58	60	55	0,000003
Muro doble de briquetas de escorias de 20 cm. separadas 10 cm.	55	56	58	67	60	60	0,000001
Techo normal con vigas descubiertas.	—	31	27	37	44	32	0,0006
Doble techo	34	35	37	39	39	37	0,0002
Losa de hormigón de 10 cm.	38	39	42	46	48	42	0,00006
Losa de hormigón y falso techo ...	46	50	55	55	58	52	0,000006

2. Características de transmisión de algunos materiales de carpintería, decoración e insonorización.

MATERIAL	ATENUACION EN db A LOS Hz					PROMEDIOS	
	125	250	500	1000	2000	db	τ
Panel de madera de 5 mm.	—	21	21	25	36	21	0,008
Panel doble de madera de 5 mm. a 10 cm.	23	24	25	29	27	26	0,0025
Panel doble de madera de 5 mm. a 10 cm. y estuco	27	29	38	47	43	43	0,00005
Doble panel de escayola de 1 cm.	32	34	35	38	37	35	0,00032
Doble panel de escayola y metal a 10 cm. y 2 cm. estuco	36	38	40	45	41	40	0,0001
Doble panel de escayola con 20 cm. de separación y bastidores independientes	44	46	48	52	51	48	0,00002
Vidrio 2 mm.	—	14	15	18	24	15	0,032
Vidrio 6 mm.	—	33	31	33	35	30	0,001
Doble cristal de 6 a 25 mm. de separación	42	43	44	48	45	45	0,00003
Doble cristal de 6 mm. separados 15 centímetros	50	52	55	58	60	55	0,000003
Puerta ligera de 8 mm.	13	16	20	23	22	22	0,0063
Puerta de roble	15	18	23	26	25	25	0,0032
Cortina de fieltro de 25 mm. espesor.	5	5	6	7	7	6	0,32

3. Características de transmisión de canalizaciones:

Se da la atenuación en dB por metro lineal de conducto y en dB por cada esquina o codo del mismo.

OBJETO	FRECUENCIAS EN Hz					
	125	250	1000	2000	4000	
Conducto de ventilación o chimenea de 20 x 30 centímetros y recubierta con 25 mm. de material absorbente	—	5	12	18	27	db/m
Codo de 90° del conducto anterior	13	18	18	18	18	db
Codo de 90° sin recubrir	2	3	5	4	3	db

c) Niveles de sonido típicos:

ORIGEN O DESCRIP- CION DEL RUIDO	DISTANCIA DE MEDICION	NIVEL DEL RUIDO (dB)
Umbral de dolor		130
Golpes de martillo en plancha de acero	60 cm.	114
Remachadora	10 cm.	97
7 pasajeros en un automóvil		87
Fábrica		78
Calle congestionada		68
Oficina grande		65
Conversación ordinaria	1 m.	65
Almacén grande		63
Oficina de fábrica		63
Almacén mediano		62
Restaurante		60
Calle de sector resi- dencial		58
Oficina mediana		58
Garage		55
Almacén pequeño		52
Teatro con auditorio		42
Hotel (recepción)		42
Apartamento		42

ORIGEN O DESCRIP- CION DEL RUIDO	DISTANCIA DE MEDICION	NIVEL DEL RUIDO (dB)
Casa de ciudad grande		40
Casa de campo		30
Susurro promedio	3,50 mts.	20
Susurro bajo	3,50 mts.	10
Susurrar de las hojas con brisa ligera		10
Umbral audible		0

3.1.4.4. Recintos cerrados:

Como es sabido, la potencia acústica radiada, por ejemplo por un altavoz, depende de la impedancia de radiación que le ofrezca el medio (aire) la cual depende a su vez de la forma del radiador, de su colocación en un local dado e incluso de la forma y dimensiones de dicho local. Así, varía la potencia acústica radiada si al altavoz se le añade una pantalla, caja resonante, etc. (como se verá más adelante en un estudio de altavoces y cajas acústicas); varía también si el altavoz se coloca junto a una pared o a un rincón y la potencia que una caja acústica almacena depende de sus dimensiones, pues se pueden formar ondas estacionarias, de la presencia de materiales absorbentes en sus paredes, etcétera.

Por lo dicho anteriormente puede comprenderse que un local, aunque sea un teatro, no es más ni menos que un elemento de un sistema acústico (con su circuito equivalente) que ofrecerá cierta impedancia acústica de radiación a un altavoz, al diafragma de un instrumento musical o a la boca de una persona. Como es natural, la influencia que ejerza sobre el emisor acústico dependerá de su forma y dimensiones a través de los valores numéricos de la impedancia de radiación que ofrezca.

Si el local considerado es relativamente pequeño y sus paredes son poco absorbentes, el sonido producido se refleja excesivas veces de una pared a otra, incluyendo techo y suelo, lográndose un sonido confuso sin claridad alguna que parece provenía de cualquier parte. Tal recinto es, pues, inadecuado para cualquier aplicación acústica. Sin embargo, el estudio atento de lo que ocurre en una de estas cámaras reverberantes da elementos de juicio y permite definir conceptos de suma utilidad.

Suponiendo la existencia de un foco sonoro de gran directividad que pudiera lanzar una onda sonora solamente en una dirección, y le hiciéramos emitir un sólo impulso sonoro, éste, a modo de una pelota, siguiendo la dirección en que fué lanzado, se reflejaría en numerosos sitios dentro del local, de forma que la distancia recorrida entre dos reflexiones sucesivas va-

riaría en cada reflexión. En estas condiciones se define como "camino libre medio" de una onda sonora, reflejándose en el interior del local, al valor medio de todos los altos o trayectos entre dos reflexiones consecutivas.

Este valor, determinado experimentalmente, y confirmado matemáticamente en recintos de formas geométricas especiales, viene dado por la expresión:

$$d = 4 \frac{V}{S} \quad (3.13)$$

en la que V es el volumen en m^3 del local y S el área en m^2 del mismo.

En la cámara que se considera (Fig. 3.1.8-1) pudiera darse el caso de que un observador no se encontrara en la trayectoria quebrada seguida por el impulso sonoro, en cuyo caso no la percibiría.

Si la trayectoria seguida por el impulso sonoro desde que partió del altavoz es tal que el impulso vuelve a incidir sobre la membrana de dicho altavoz cuando éste emita un segundo impulso sonoro, éste se enfrentará con una impedancia de radiación superior a la normal, es decir, habrá una "antirresonan

cia". Si el altavoz estuviera radiando una onda sinusoidal de presión a una frecuencia determinada y coincidiera la radiación de la presión máxima con la llegada al altavoz uno o varios períodos antes y reflejada por la cámara, estaríamos en las mismas condiciones anteriores, es decir, se le ofrece al radiador sonoro una impedancia superior a la normal; el camino recorrido en sus sucesivas reflexiones es un número entero de longitudes de onda, ya que ha sido recorrido en un número entero de períodos. Existe, por tanto, una onda estacionaria a lo largo de la línea quebrada de su propagación.

Si existe un observador a lo largo de una trayectoria cuya longitud total sea un número entero de longitudes de onda (antirresonancia) de la cámara, podrá coincidir con puntos de intensidad máxima o mínima de la onda estacionaria formada, oyendo por tanto, mejor o peor, según el lugar ocupado.

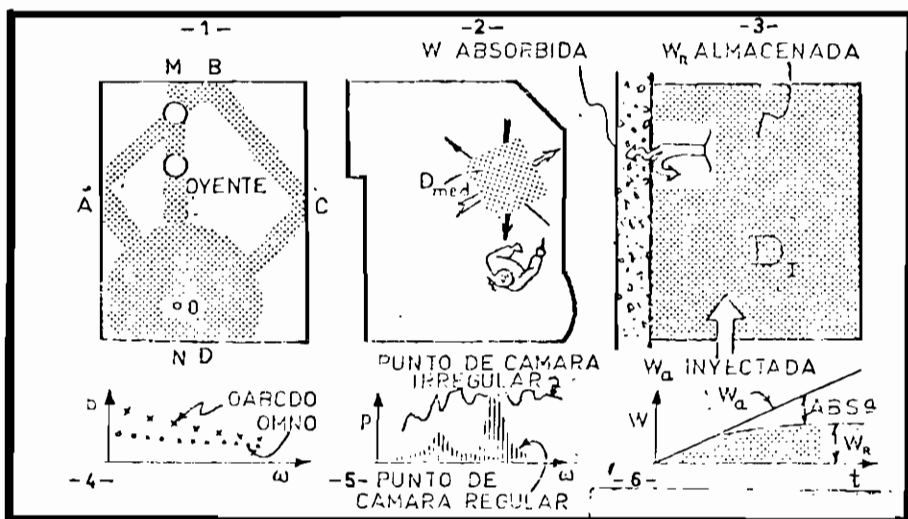


Fig. 3.1.8 (-1-2-3-4-5-6-)

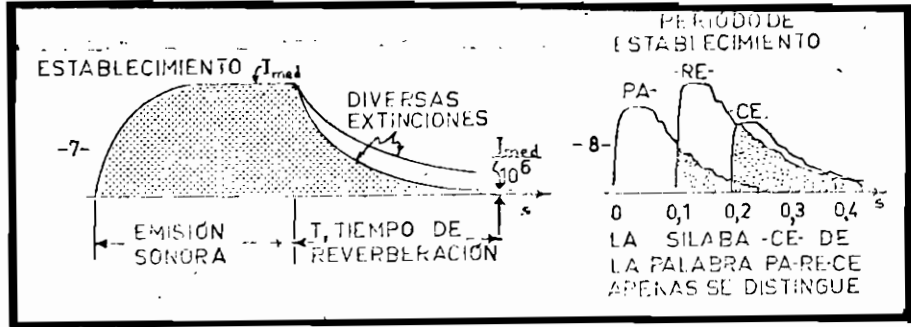


Fig. 3.1.8 (-7-8-)

En la figura 3.1.8.-1 se representa una de estas trayectorias por la faja O A B C D O en la que se pueden presentar antirresonancias a frecuencias múltiples, representadas por una de las colecciones de puntos de la figura 3.1.8-4, siendo la segunda serie de puntos los correspondientes a la trayectoria O M N O. Un observador situado en un cruce de ambas trayectorias no percibiría los sonidos de la figura 3.1.8-4 con igual intensidad necesariamente, pues las distancias O A P y O P no tienen ninguna relación conocida, ni entre sí ni con las longitudes de onda de las frecuencias estacionarias.

Si ahora suponemos, con toda generalidad, que el altavoz situado en O emite ondas cuyas frecuencias caen en todo el margen audible y, además, en todas direcciones, podrá existir un gran número de puntos comunes a varias trayectorias donde se realzarán las frecuencias capaces de dar ondas estacionarias, y con ello existirá en cada uno de dichos puntos un espectro

de frecuencias audibles para una misma radiación del altavoz.

Cuando el recinto tiene formas geométricas sencillas se puede determinar geoméricamente el número y distribución de las frecuencias resonantes para algunos puntos determinados de colocación del altavoz y del observador, así como prever para cada frecuencia una distribución de intensidad sonora diferente y fijar determinadas líneas de igual nivel acústico. Este aspecto puramente teórico no suele presentarse en la práctica, pues por pequeñas que sean las irregularidades de un local o existen superficies absorbentes (que alteran la amplitud y fase relativas entre la onda incidente y reflejada), se hace incalculable el número de frecuencia de resonancia, dejando de aparecer un espectro de frecuencias discretas para convertirse en un espectro casi continuo (Fig. 3.1.6-5). Además, en cada punto de la cámara se cruzan tantas trayectorias que se habla de "intensidad difusa" (Fig. 3.1.8.-2). Así hay en un volumen dado (punteado en la Fig. 3.1.8.-2) aumentos y disminuciones de presión (magnitud escalar) que son audibles, si bien no puede determinarse la procedencia del sonido.

Por otra parte, en cada lugar se presenta un aspecto distinto, puede moverse un micrófono a lo largo y ancho del local y apreciarse variaciones de presión producidas por un sonido constante y continuo. En este caso se obtendrá la presión

eficaz, en el espacio, de las presiones eficaces en el tiempo, mediante la fórmula:

$$P_{\text{ef.}} = \sqrt{\frac{P_1^2 \text{ef} + P_2^2 \text{ef} + \dots + P_n^2 \text{ef}}{n}} \quad (3.14)$$

siendo $P_1 \text{ef}$, $P_2 \text{ef}$, ... los valores eficaces de la presión medidos en los n puntos seleccionados. Con este valor se puede ya calcular la densidad media de energía definida como:

$$D_{\text{med}} = \frac{|P_{\text{ef}}|^2}{\rho_0 c^2} \quad (3.15)$$

Y la intensidad objetiva media:

$$I_{\text{med}} = C \cdot D_{\text{med}}. \quad (3.16)$$

Entonces en un volumen V de aire (Fig. 3.1.8.-2) se tendrá una energía:

$$W = V \cdot D_{\text{med}}. \quad (3.17)$$

3.1.4.5 Períodos de establecimiento y extinción.

Si un foco sonoro emite P_a watts en un recinto, introduce en él una energía creciente $W_a = P_a t$ admitiéndose que esta energía se difunde rápidamente y de un modo uniforme en el

volumen V del recinto, así como simultáneamente va absorbiéndose por las paredes (Fig. 3.1.8-3, 3.1.8-6).

La energía W_a representada por la flecha blanca (en 3.1.8-3) y línea recta (en 3.1.8-6) se distribuye en dos porciones; una sensiblemente constante, que se almacena en el aire dando lugar a una densidad media reverberante D_r y otra que es enteramente absorbida por las paredes, que vamos a suponer tienen igual absorción media " a ".

Considerando un cubo de aire de 1 m^3 (en blanco en la figura) adyacente a un muro de absorción a (pequeña) se ve que de las innumerables ondas que le atraviesan hay algunas que chocan con el muro, dejando en él parte de su energía, disminuyendo con ello su densidad de energía.

Dada la proporcionalidad entre la intensidad objetiva (flujo de potencia) y la densidad de energía (3.16) puede decirse que si la intensidad absorbida es $a \cdot I$, la energía absorbida es $a \cdot D_r$ cada vez que una de las ondas difusas choca con el muro.

Si n es el número de choques (reflexiones) por segundo, la energía perdida en un tiempo dt valdrá, siendo en todos los choques igual la densidad media D_r :

$$Wp = a n Drdt \quad (3.18)$$

Y restándola de la densidad media de energía que se está introduciendo durante el mismo tiempo, dt, en el local:

$$D \text{ med} = \frac{Pa dt}{V} \quad (3.19)$$

obtendremos el incremento dDr de la densidad realmente presente, o sea:

$$dDr = \frac{Pa dt}{V} - a n Drdt \quad (3.20)$$

$$\frac{dDr}{dt} + a n Dr = \frac{Pa}{V}$$

La solución de esta ecuación diferencial es:

$$Dr = \frac{Pa}{a n V} + Ce^{-ant} = \frac{4 Pa}{a Sc} + Ce^{-\frac{aSc t}{4V}} \quad (3.21)$$

Ya que $n \cdot d = c$ Según (3.13), teniendo además en cuenta que: $n = \frac{Sc}{4 V}$ (3.22)

Entonces, al iniciarse la radiación:

$$t = 0, \quad Dr = 0$$

$$D_r = \frac{4 Pa}{a Sc} \left(1 - e^{-\frac{a Sc}{4 V} t} \right) ; I_r = \frac{4 Pa}{a S} \left(1 - e^{-\frac{a Sc}{4 V} t} \right) \quad (3.23)$$

El establecimiento de la densidad media o intensidad reverberante es, pues, creciente, de un modo exponencial, y viene dado en la figura 3.1.8-7, y lo mismo ocurre con $W_r = V \cdot D_r$, representada en la figura 3.1.8.-6.

Una vez alcanzada la densidad media final:

$$D_{r.med} = \frac{4 Pa}{a Sc} , \quad (3.24)$$

si se suprime la radiación en (3.20), queda para el período de extinción:

$$D_r = \frac{4 Pa}{a Sc} e^{-\frac{a Sc}{4 V} t} ; I_r = \frac{4 Pa}{a S} e^{-\frac{a Sc}{4 V} t} \quad (3.25)$$

El período de extinción (Fig. 3.1.8-7) es el que califica de reverberante a un local. Así, uno en el que un sonido tarda en extinguirse recibe el calificativo de muy reverberante, pudiendo ocurrir que si hay un orador hablando, dure una sílaba tanto que se mezcle con la siguiente, haciendo ininteligible la audición de la palabra. (Fig. 3.1.8-8)

La propiedad reverberante de un local se mide por el

"tiempo de reverberación" determinado como se indican en los puntos siguientes:

3.1.4.6. Tiempo de reverberación en cámaras poco absorbentes.

Se entiende como tiempo de reverberación el necesario para que la densidad media de energía reverberante, o bien la intensidad reverberante I_r se reduzca a la millonésima parte al suprimirse la radiación. (Fig. 3.1.8-7)

Así, pues, llamando $D_r(T)$ a la densidad en el tiempo T de reverberación, se tendrá,

$$D_r(T) = \frac{4 Pa}{a Sc} e^{-\frac{aSc}{4V} T} = \frac{4 Pa}{a Sc} 10^{-6} = \frac{4 Pa}{a Sc} (e^{\ln 10})^{-6} \quad (3.26)$$

o sea,

$$\frac{aSc}{4V} T = 6 \ln 10 = 2,3 \times 6 = 13,8$$

y

$$T = \frac{24 \ln 10}{C} \frac{V}{aS} = 0,162 \frac{V}{A} \quad (3.27)$$

siendo $A = a S$ la absorción total en metros cuadrados.

3.1.4.7 Cámaras absorbentes.

Si la absorción media (véase 3.11) es apreciable, no son enteramente rigurosos los razonamientos del párrafo 3.1.4.5, pues en tal caso en cada choque sucesivo de una onda en las paredes del recinto se ha ido amortiguando su intensidad en lugar de mantenerse constante, en este caso si la intensidad inicial es I_0 y una vez producida, se suprime la potencia radiada dejándola amortiguar, se tendrá después de la primera reflexión,

$$I_1 = I_0 (1 - a)$$

después de la segunda,

$$I_2 = I_1 (1 - a) = I_0 (1 - a)^2$$

Y después de la N-sima reflexión:

$$I_N = I_0 (1 - a)^N \quad (3.28)$$

En el número N de reflexiones en un tiempo dado t es igual al número de recorridos medios, o sea,

$$Nd = ct \quad ; \quad N = \frac{c}{d} t = \frac{Sc}{4V} t \quad (3.29)$$

Así, pues la intensidad, después de la N-sima reflexión, es la intensidad en el tiempo t, o sea sustituyendo N por su valor (3.29) en (3.28)

$$\begin{aligned} I_t &= I_0 (1-a)^{\frac{Sc}{4V} t} = I_0 e^{\ln(1-a) \frac{Sc}{4V} t} \\ &= I_0 e^{-\frac{6 \ln 10}{T} t} = I_0 e^{-\frac{13,8}{T} t} \end{aligned} \quad (3.30)$$

Que difiere de (3.25) por la sustitución de a por $1-a$ y como

$$\ln(1-a) = -a - \frac{a^2}{2} - \frac{a^3}{3} - \dots$$

ambas expresiones coinciden cuando la absorción es pequeña.

3.1.4.8. Tiempo de reverberación en cámaras absorbentes:

En este caso el tiempo de reverberación se obtendrá así:

$$\begin{aligned} I_T &= I_0 e^{\ln(1-a) \frac{Sc}{4V} T} \\ &= I_0 10^{-6} \\ &= I_0 (e^{\ln 10})^{-6} \end{aligned} \quad (3.31)$$

y,

$$\begin{aligned} T &= -\frac{24 \ln 10}{c} \frac{V}{\ln(1-a)S} = 0,162 \frac{V}{-\ln(1-a)S} \\ &= T = 0,162 \frac{V}{A} \end{aligned} \quad (3.32)$$

Como para valores pequeños de a (la 3.27) coincide con ésta, suelen darse gráficas y tablas solamente de esta última expresión.

El valor de $A = -\ln(1-a)S$ se convierte en aS para absorciones pequeñas.

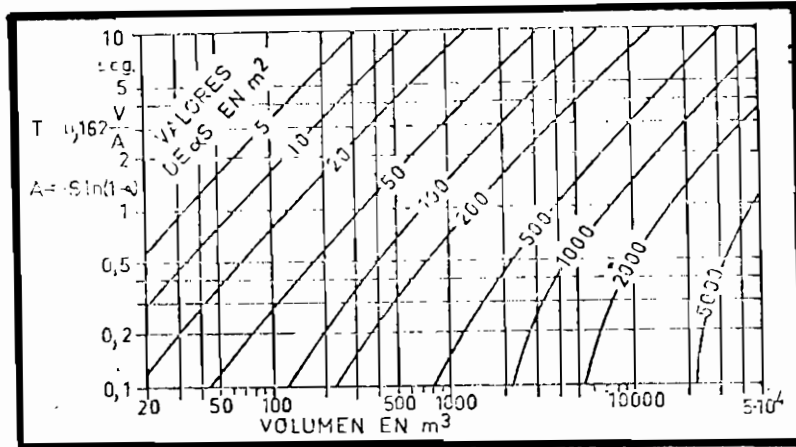


Fig. 3.1.9

En la figura 3.1.9 se da una gráfica que permite obtener el tiempo de reverberación para un volumen de local dado y para el producto aS sin necesidad de emplear la fórmula (3.32) o (3.27)

3.1.4.9 Recintos de grandes dimensiones:

En los recintos de grandes dimensiones aparecen ecos, especialmente si las paredes son poco absorbentes.

En un punto del local pueden presentarse simultáneamente dos ondas: una reflejada en una o varias paredes correspondiente a una sílaba de una palabra y otra onda no reflejada, directa, que puede corresponder a la sílaba siguiente y, por

tanto no entenderse dicha palabra.

Al proyectarse un local destinado a la audición pública debe evitarse el efecto mencionado mediante un estudio geométrico de las reflexiones posibles, así como prever la colocación de elementos absorbentes en aquellas superficies que, siendo inevitables, no deban reflejar el sonido.

Por consideraciones económicas no siempre es posible edificar un local como el aconsejado por el estudio geométrico del mismo, por lo que es más frecuente decorar dicho local con elementos y dispositivos absorbentes para evitar las reflexiones perjudiciales.

En los siguientes puntos se darán las directrices para el estudio geométrico de las reflexiones en un local, y posteriormente se examinará el criterio para lograr con elementos absorbentes una buena audición en un local cualquiera.

3.1.4.10 Acústica Geométrica.

Lo primero que trata de resolver esta parte de la acústica es lograr que en un mismo punto de un recinto cerrado no llegue el sonido producido en otro punto del mismo, por un lado, directamente, y por otro, después de sucesivas reflexiones,

de forma que exista un retraso apreciable entre ambas ondas que dé lugar a la superposición de sílabas o notas musicales distintas emitidas por el mismo foco sonoro.

En segundo lugar trata la acústica geométrica de que no existan puntos focales en los que se refuerce notablemente el sonido.

Para estos estudios se consideran todas las superficies como reflectores especulares, y se aplican las leyes de la óptica geométrica. Por esta razón suelen construirse sobre una superficie plana, por ejemplo una placa de mármol, tabiques de escayola de algunos centímetros de altura que adopten el contorno de la planta o alzada del local cuyas reflexiones interesa conocer. Relleno este depósito de agua puede golpearse el agua en el punto en que se prevea habrá un foco sonoro y examinar o fotografiar las ondas que en la superficie del agua se producen. De esta manera, y evitándose cálculos molestos, se aprecian las reflexiones perjudiciales, así como la presencia de puntos focales.

En principio deben evitarse intervalos superiores a 0,06 - 0,1 segundos entre la audición del mismo sonido por caminos diferentes; estos tiempos son aproximadamente la duración de

sílabas o sonidos de algunas consonantes. Los tiempos dados corresponden a diferencias de recorrido entre 20 y 30 m.

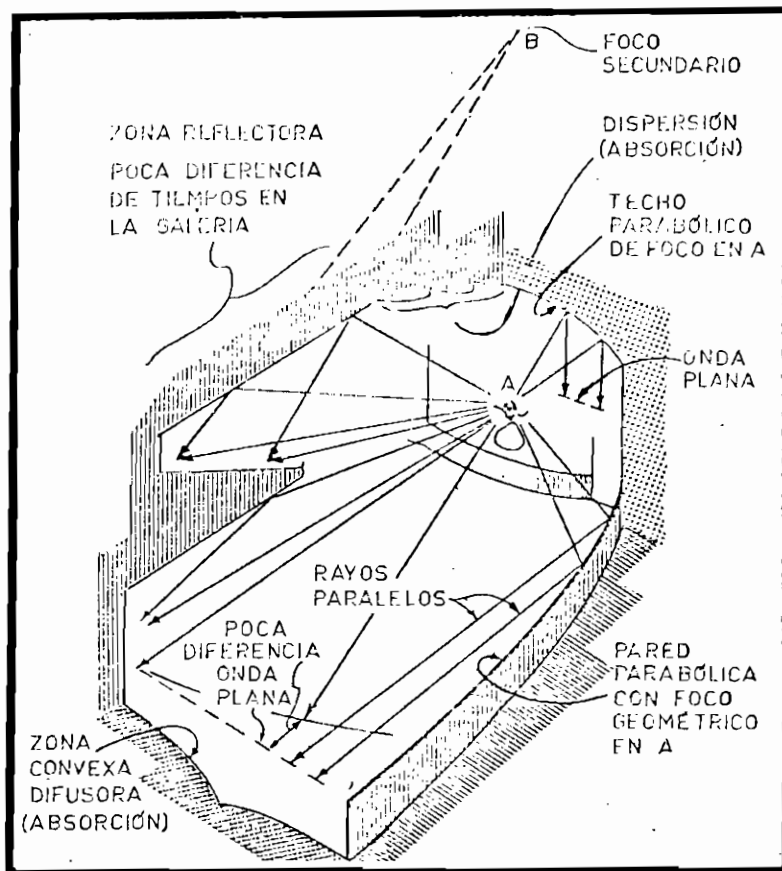


Fig. 3.1.10

Las superficies planas dan lugar a focos virtuales que pueden reforzar el sonido recibido directamente de la fuente sonora real.

Una superficie cóncava suele producir un punto o una zona focal en la que el sonido queda reforzado, con un nivel superior a los demás puntos. Por el contrario, una superficie convexa difunde las ondas "abriendo más su radiación, con

lo que el flujo de potencia (intensidad) queda disminuído actuando como si fuera una superficie absorbente que dé una intensidad reflejada menor.

Teniendo en cuenta estas observaciones se da a modo de resumen la figura 3.1.10, que representa un teatro con algunos cortes determinados.

Si la planta tiene forma parabólica avanzará una onda plana desde el escenario hacia el fondo del local donde la diferencia de recorrido entre la onda reflejada y la directa será pequeña en general. Este frente de onda al llegar a la pared convexa del fondo de la sala se amortigua (difunde).

Si el techo del teatro es también de forma parabólica, cuyo foco esté en el escenario, dará una onda plana reflejada del techo que no conviene en el patio de butacas, por lo que el techo, por lo menos en la zona que refleja hacia las butacas, debe ser absorbente. Se aprovecha esta zona para disponer superficies convexas que sirvan además para alojar conductos de ventilación. luces, etcétera.

La parte posterior del techo conviene que sea, por el contrario, reflectora, y con ello se forma un foco virtual B, de forma que en las galerías se refuerzan las ondas directa

(de A) y reflejada (del foco virtual B) por tener poca diferencia de trayectorias.

Con lo dicho basta para emprender el estudio de cualquier local. En general, si la fuente sonora tiene un lugar fijo, como es el caso visto, debe disponerse la pared opuesta lo más absorbente posible para evitar reflexiones de atrás hacia adelante y, por el contrario, tras el foco sonoro superficies reflectoras.

3.1.4.11 Reverberación en un recinto de grandes dimensiones:

Si las dimensiones de la cámara absorbente son suficientemente grandes, debe ya tenerse en cuenta la absorción propia del aire, es decir, el amortiguamiento que la onda de presión sufre al propagarse. Esta absorción se aprecia especialmente en las altas frecuencias (por encima de 1.000 Hz.).

Siguiendo lo expuesto en el párrafo anterior (3.1.4.7) se ve que en cada reflexión de una onda se reduce su densidad de energía por la absorción " a " de la superficie del local. Del mismo modo, la onda sufre una absorción al pasar de una reflexión a la siguiente, la cual puede expresarse por la relación:

$$D(t') = D' e^{-md}$$

Siendo $D(t')$ la densidad de energía al final de un salto de d metros recorridos en t' segundos con un valor inicial D' y siendo m una constante de atenuación en m^{-1} .

En el transcurso del tiempo t han ocurrido $n = t/t'$ reflexiones, y la onda ha viajado la distancia:

$$\frac{t}{t'} d = n d = ct$$

así, pues, después de cada salto la densidad de energía será:

En el primer salto:

$$D'(t') = D' e^{-md}$$

En la primera reflexión:

$$D''(t') = D' e^{-md} (1-a)$$

En el segundo salto:

$$D'(2t') = D' (1-a) e^{-2md}$$

En la segunda reflexión:

$$D''(2t') = D' (1-a)^2 e^{-2md}$$

Y después del N -simo salto y reflexión:

$$D(nt') = D(t) = D' (1-a)^n e^{-mnd} \quad (3.33)$$

O sea, sustituyendo valores:

$$D(t) = D' (1-a) \frac{cS}{4V} t e^{-m \frac{cS}{4V} \frac{4V}{S} t}$$

$$\begin{aligned}
 &= D' \left(e^{\ln(1-a)} \right)^{\frac{cS}{4V} t} e^{-m \frac{cS}{4V} \frac{4V}{S} t} \\
 &= D' e^{\frac{cS}{4V} \left(\ln(1-a) - m \frac{4V}{S} \right) t} \quad (3.34)
 \end{aligned}$$

Con lo que, según la definición de tiempo de reverberación, resulta:

$$\begin{aligned}
 D(T) &= D' 10^{-6} = D' \left(e^{\ln 10} \right)^{-6} \\
 &= D' e^{\frac{cS}{4V} \left(\ln(1-a) - m \frac{4V}{S} \right) T} \quad (3.35)
 \end{aligned}$$

Y, por tanto:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{-6 \cdot \ln 10}{\frac{cS}{4V} \left(\ln(1-a) - m \frac{4V}{S} \right)} = \frac{24 \cdot \ln 10}{C} \frac{V}{-S \ln(1-a) + 4mV} \\
 &= 0,162 \frac{V}{-S \ln(1-a) + 4mV} \quad (3.36)
 \end{aligned}$$

Si no hay absorción, esta fórmula coincide con (3.32)

Entre una humedad relativa de 30 a 60% y temperatura normal de 20° C., los valores típicos de m vienen dados por el cuadro:

f	m
1.000	0,00016
2.000	0,00040
5.000	0,00193

En ambientes secos (18%) se duplica aproximadamente es ta constante y, por el contrario, en ambientes muy húmedos dis minuye algo, así como al aumentar la temperatura conservándose la humedad.

3.1.4.12 Tiempo de reverberación óptimo:

La medida de tiempo de reverberación de un sonido de 500 Hz en numerosos locales públicos de reconocidas cualidades acústicas, permitió trazar las curvas de la figura siguiente (3.1.11-1), las dan en función del volumen de los locales examinados y el uso que se da al local, los tiempos de reverberación que como promedio tienen.

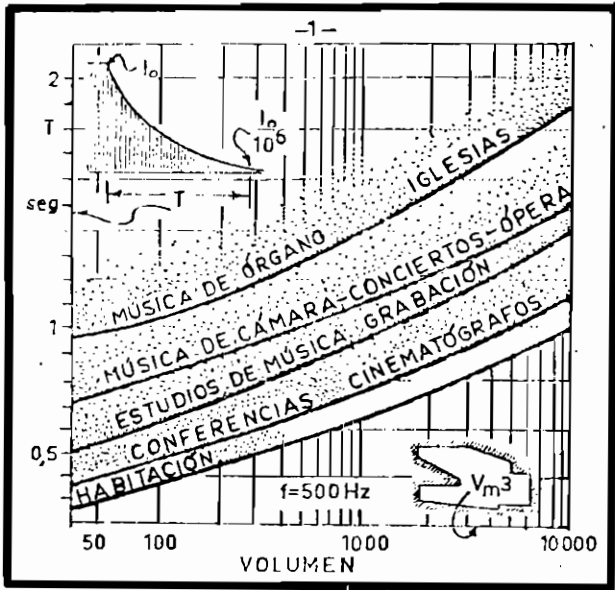


Fig. 3.1.11 (-1-)

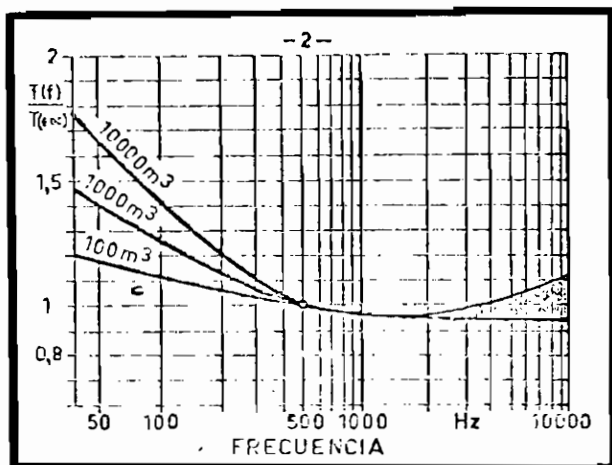


Fig. 3.1.11 (-2-)

Aprovechando esta investigación sobre locales de buenas condiciones acústicas se debe procurar que un local nuevo tenga el tiempo de reverberación que para su volumen y empleo la experiencia da por bueno a través de las curvas de la figura.

Hay que hacer notar que se tiende a ir disminuyendo dicho tiempo de reverberación, especialmente debido a la música moderna, aumentando la absorción de las paredes, la cual puede contrarrestarse con el empleo de altavoces de mayor potencia.

Eligiendo tiempos de reverberación mayores se obtienen locales en los que la inteligibilidad de un discurso disminuye pero, en cambio, puede resultar más agradable la audición de cantos, coros o música de órgano, como ocurre en las grandes

iglesias. En cambio para una sala de conferencias debe ser el tiempo de reverberación lo menor posible.

Los tiempos de reverberación óptimos a otras frecuencias se pueden determinar con las curvas de la figura 3.1.11-2 que dan el cociente del tiempo de reverberación para un volumen y frecuencia de 500 Hz.

En los capítulos siguientes se dará una aplicación práctica de estos principios por medio de un ejemplo.

3.1.4.13 Nivel sonoro en un recinto cerrado:

a) foco sonoro individual.

Si un foco sonoro individual radia una potencia de P_a Watts, pueden éstos distribuirse imaginariamente en dos potencias: una, P_d que al llegar a la pared, y en su primer choque es totalmente absorbida, habiendo recorrido, estadísticamente hablando, una distancia igual al camino libre medio:

$$d = \frac{4 V}{S}$$

Y que si "a" es la absorción media de las paredes puede estimarse en: $P_d = a P_a$ (3.37)

Y, otra segunda potencia, P_r que valdrá,

$$P_r = P_a - P_d = P_a (1 - a) \quad (3.38)$$

y mantendrá el estado reverberante del local.

Si D' es la densidad medio de energía (3.24) debida a la energía que mantiene el estado reverberante (3.38) y

$$n = \frac{c}{d} = \frac{cS}{4V}$$

el número de choques por segundo, la pérdida total de energía por segundo $D' V$ na será igual a la potencia necesaria para mantener D' constante, así, pues,

$$(V D') a \frac{cS}{4V} = P_r = P_a (1 - a) \quad (3.39)$$

resultando:

$$D' = \frac{4 P_a (1 - a)}{cSa} \quad (3.40)$$

La densidad de energía antes de la primera reflexión vale:

$$D'' = \frac{P_a}{4\pi r^2 C} Q \quad (3.41)$$

y algún tiempo después se sumará con la densidad D' re

verberante dando la densidad e intensidad

$$D = D'' + D' = \frac{Pa}{c} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1-a)}{S a} \right) = \frac{I}{c} \frac{P^2}{c^2}$$

(3.42)

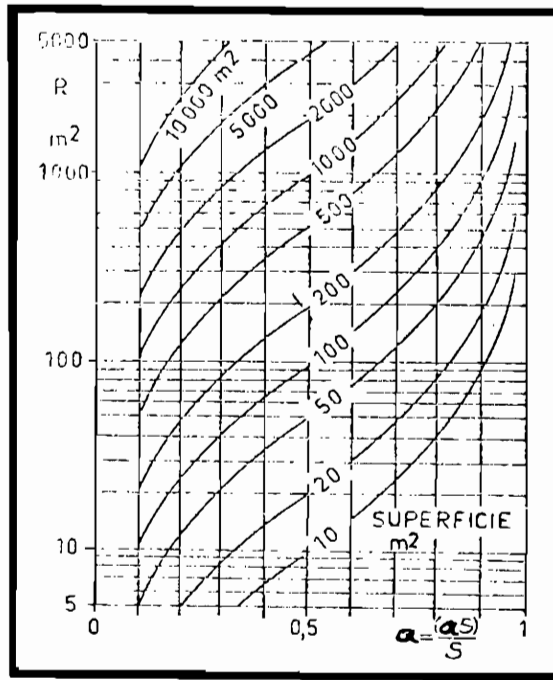


Fig. 3.1.12

En estas expresiones r es la distancia del oyente al foco; Q , el factor de directividad del foco, S , el área de la superficie de absorción "a"; Pa la potencia acústica radiada; I , la intensidad objetiva; ρ , la densidad del aire; c , la velocidad de propagación, y P la presión eficaz resultante.

Se define:
$$R = S \frac{a}{1-a} \quad (3.43)$$

que puede obtenerse con la gráfica de la figura anterior

(3.1.12) con la " a " en abcisas. Con esta expresión puede darse la presión por:

$$|H|^2 = Pa \rho c \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (3.44)$$

Tomando como nivel cero de potencias 10^{-12} watts, se define como nivel de potencias en watts:

$$NPW = 10 \log \frac{Pa}{10^{-12}} = 10 \log Pa + 120 \text{ db} \quad (3.45)$$

y resulta el nivel de presiones o intensidades el siguiente:

$$\begin{aligned} NP = NI &= 10 \log \frac{|H|^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} = \\ &= 10 \log \frac{Pa \rho c}{4 \cdot 10^{-10}} \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (3.46) \end{aligned}$$

Y recordando que normalmente $C = 400$

$$\begin{aligned} NP = NI &= 10 \log \frac{Pa}{10^{-12}} \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \\ &= NPW + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (3.47) \end{aligned}$$

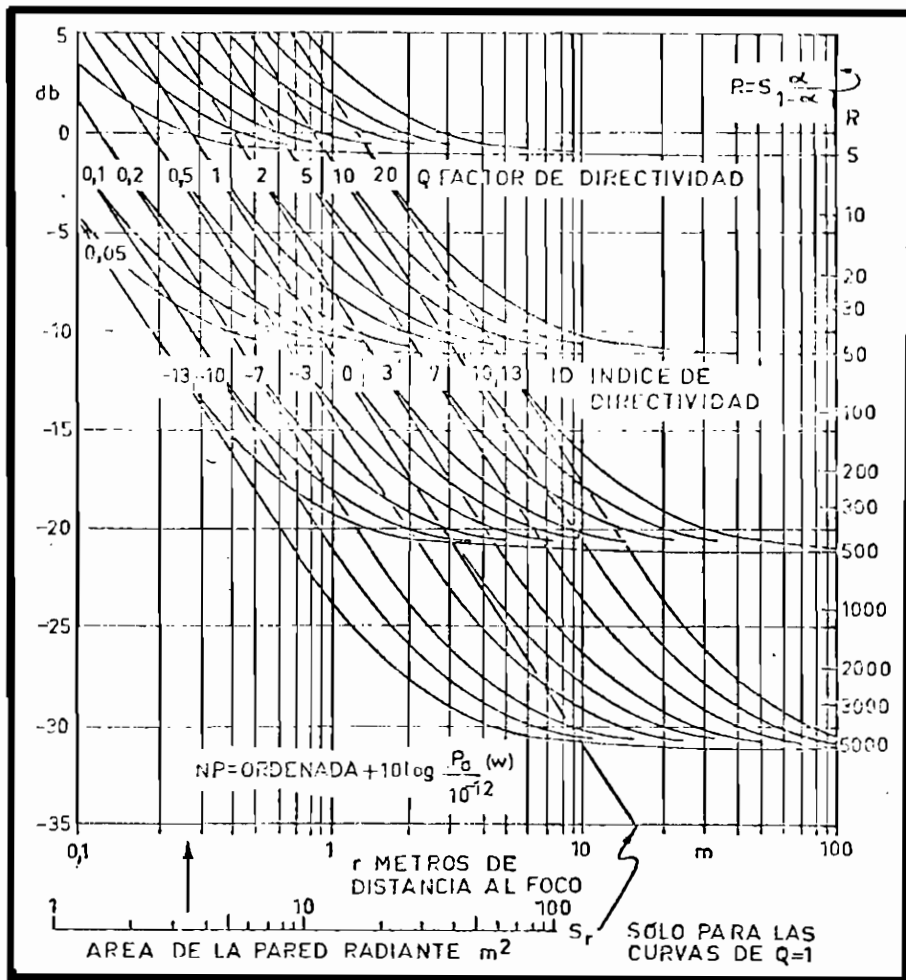


Fig. 3.1.13

Las curvas de la figura 3.1.13 dan el segundo sumando de la expresión anterior en función de r , Q y R (o bien en función del índice de directividad ID en lugar de Q).

En los capítulos siguientes, y en algunos ejemplos, se hará uso de estas curvas para procurar, por ejemplo en un cinematógrafo, que perciba la misma intensidad un espectador de las filas de butaca y otro sentado en las últimas.

b) Foco sonoro superficial:

Este caso se presenta cuando el sonido de una habitación se transmite a otra contigua a través de un tabique común.

Llamando S_r al área del tabique radiante y L la dimensión perpendicular al mismo, el volumen del recinto es,

$$V = L S_r \quad (3.48)$$

La densidad media reverberante sigue siendo (2.40) y según (2.44):

$$D' = \frac{4 Pa}{R c} \quad (3.49)$$

El camino que sigue la onda plana emitida por el tabique radiante de área S_r hasta su primera reflexión será L en lugar del camino libre medio y tardará en recorrer esta distancia,

$$t = \frac{L}{c} \quad (3.50)$$

Durante este tiempo la energía inyectada para mantener la densidad de energía debida a la audición directa será:

$$D'' = \frac{Pat}{V} = \frac{Pa \cdot L}{Sr \cdot L \cdot c} = \frac{Pa}{Sr \cdot c} \quad (3.51)$$

Y, por tanto la densidad, intensidad y presión finales valdrán:

$$D = D'' + D' = \frac{4 Pa}{c Sr} \left(\frac{1}{4} + \frac{Sr}{R} \right) = \frac{I}{c} = \frac{|P|^2}{c^2} \quad (3.52)$$

Y así,

$$NP = NI = NPW + 10 \log \left(\frac{1}{Sr} + \frac{4}{R} \right) \quad (3.53)$$

La curva correspondiente a $Q = 1$ de la Fig. 3.1.11 da el segundo sumando de la expresión anterior, empleando como escala de abcisas la que da el área de la pared radiante. Esta expresión indica el nivel objetivo en las proximidades del tabique; a gran distancia del mismo viene a ser el valor medio dado en (3.53) y el dado por (3.47) con $Q = 2$.

La potencia acústica Pa será la transmitida por el tabique, o sea:

$$Pa = \zeta Sr I_o \quad (3.54)$$

siendo I_o la intensidad incidente en dicho tabique en

el local donde se halle el foco sonoro.

c) Focos distribuidos:

Cuando son numerosos los focos sonoros y además están distribuidos en el local, ya no pueden aplicarse las fórmulas anteriores; sólo cabe considerar la densidad media reverberante, o bien suponer r infinitas con lo que se tiene como nivel de presión e intensidades.

$$N P = N I = N P W + 10 \log \frac{4}{R} \quad (3.55)$$

pudiéndose obtener el segundo sumando en la Fig. 3.1. 11 para r superior a 30 m.

3.1.5. Recintos acústicos y áreas de audición.

El primer requisito para cualquier equipo de sonido, teniendo en cuenta las características de respuesta, es que sea físicamente adecuado a la zona o sala de audición.

a) Colocación de los recintos acústicos.

La colocación de un recinto acústico en el área de audicción depende de varios factores: primero, de la propia zona y sus dimensiones; después, del tipo de paredes y muebles de la sala (o sea, que éste sea reverberante o muda); tercero, del tipo de respuesta que se desee: sonido natural, muchos bajos o muchos agudos y, finalmente, si el equipo ha de ser monoaural, estereofónico o preparado para pasar del primero al segundo.

Empecemos por el recinto acústico del tipo "estante de libros". Está diseñado para su colocación en una estantería, debido a limitaciones de espacio en la sala. Normalmente se supone que el recinto estará junto a la pared, entre el suelo y el techo, como se indica en la figura 3.1.14.

La situación de esta manera dará un mínimo de respues-

ta de notas bajas.

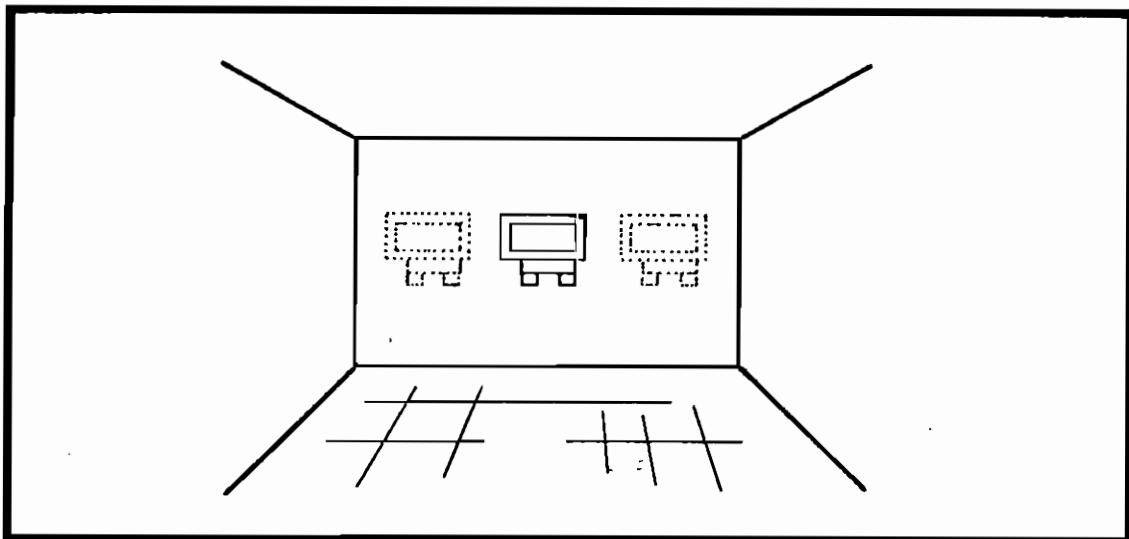
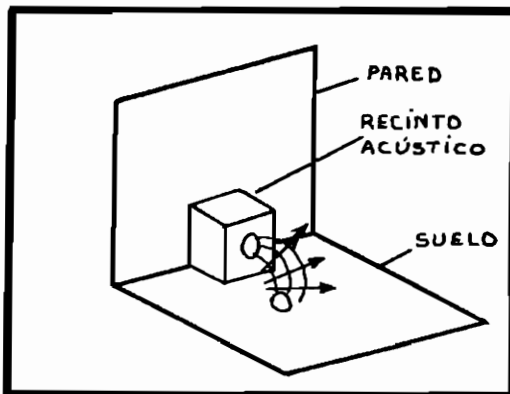


Fig. 3.1.14 SITUACIONES DE RECINTOS ACUSTICOS EN LA PARED.

Todo lo que se obtendrá será debido a la caja y no se podrá contar con ninguna contribución de las paredes. Por otra parte, suponiendo que se disponga de dos recintos acústico del tipo librería, colocándolos en la posición indicada con líneas de trazos en la figura anterior, se tendrá una gran diferencia. En primer lugar, la respuesta a las notas bajas resultará reforzada por las reflexiones de las paredes laterales hacia los recintos. En segundo lugar, tendremos o sonido biaural (recepción monofónica procedente de dos focos sonoros) o sonido estereofónico. Avanzando un paso más, supongamos que desplazamos ambos recintos de manera que queden situados en las esquinas o rincones de la sala. Entonces tendríamos una zona de bocina (el ángulo de las paredes) para cada una, con el resultado de una respuesta a los bajos aún mayor. Así habremos pasado des-

de una respuesta sin nin una mejora por efecto de las paredes y con un mínimo de bajos, hasta una respuesta mejorada con notable cantidad de notas graves, y ello se ha conseguido simplemente desplazando el recinto acústico desde el centro de la pared hasta un rincón de la sala.

Supongamos ahora que en vez de un recinto acústico del tipo de librería tenemos uno o dos del tipo de consola, es decir, apoyado sobre el suelo. (También podría tratarse del tipo colocado en la parte superior de una librería, y algunos fabricantes diseñan sus cajas para cualquiera de tales posiciones.) Si es éste el caso, hay que tener la precaución de que el "tweeter" (altavoz de frecuencias altas) sea el que esté más cerca al techo; pues no se desean reflexiones en los altos. Tenemos ahora una situación análoga a la de colocar el recinto en la mitad de la pared, junto a una pared lateral, obteniéndose reflexión del sonido entre la pared y el suelo, como se ve en la figura 3.1.15.



El resultado es un sonido reflejado como imagen del producido originalmente por el altavoz y, por consiguiente, una mejor respuesta a los bajos.

Fig. 3.1.15 RECINTO ACUSTICO TIPO CONSOLA.

Siguiendo esta pauta con los dos recintos situados cerca de los ángulos y en el suelo, obtenemos reflexiones laterales en las paredes y horizontal en el suelo y mayor respuesta de notas graves.

Finalmente, llegamos a la colocación de los recintos acústicos exactamente en las esquinas, posición que permite la máxima respuesta de notas bajas, tanto para recintos o cajas de tipo ortoédrico como del tipo especial para ser ubicado en un ángulo diedro entre dos paredes.

La colocación de una caja en un ángulo también aumenta su comportamiento con las altas frecuencias. Supongamos que la caja (o cajas) está apoyada contra una pared en la parte media de ésta. Es posible que en una sala el oyente se sitúe contiguo o próximo a dicha pared. A menos de que el conjunto de altavoces tenga un reproductor de agudos con un ángulo de dispersión extremadamente ancho, se perderá una gran cantidad de agudos, aunque no muchos bajos. Una caja apoyada en una pared tiene que dispersar el sonido 180° para que éste alcance todos los puntos del área de audición, y esto es precisamente lo que no se puede conseguir con la caja del ejemplo supuesto. Pero, situándolo en un ángulo, el haz de dispersión alcanza un máximo de 90° , tal como se representa a continuación. Fig. 3.1.16.

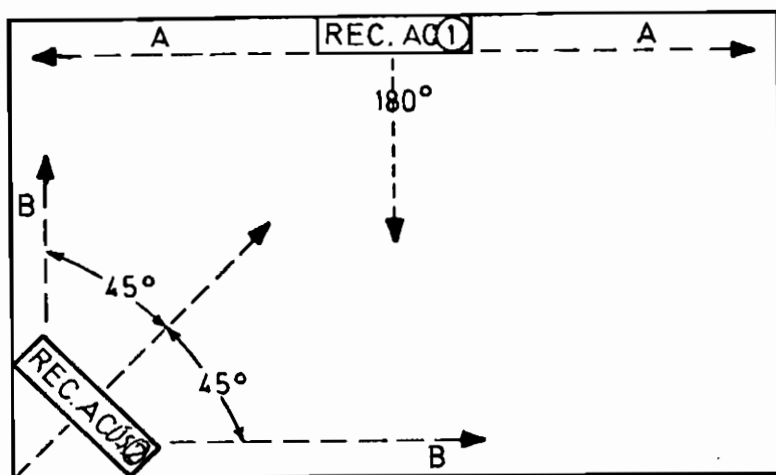


Fig. 3.1.16 ANGULOS DE DISPERSION DE RECINTOS TIPO CONSOLA.

Así, para el recinto 1 de dicha figura, los oyentes situados en las posiciones A quedarían tan fuera del alcance de las notas agudas como si se situasen en las posiciones B y escuchasen el recinto acústico 2.

Un inconveniente de la disposición de recinto en un ángulo y sobre el suelo es que puede producirse una resonancia debido a los agudos demasiado fuertes. Si se trata de un recinto proyectado para situarlo contra la pared, esto puede remediarse simplemente disponiendo el recinto elevado sobre el suelo a una altura de 1.20 a 1.50 metros, lo cual determina un debilitamiento de la reflexión producida por el suelo.

Supongamos que, a causa de la decoración de la zona de audición o bien por otra circunstancia, la caja o cajas acústicas

cas deben colocarse en una pared lisa. Si la sala es perfectamente cuadrada, cualquier pared servirá, pero si es rectangular puede escogerse la posición de la caja a manera que, si se coloca junto a una de las paredes de menor anchura, se tendrá mayor reverberación y mejor reproducción de bajos; si se pone la caja junto a una de las paredes de mayor anchura, el resultado será el inverso. En el primer caso, el efecto es análogo al de sala de conciertos, en tanto que el segundo disminuye este efecto y hace que el sonido parezca más natural, en el supuesto de que la sala sea grande.

b) Adaptación de los recintos acústicos a la sala.

Cualquiera que sea el lugar en el que se decida colocar un equipo de alta fidelidad, van a surgir inconvenientes. Si la sala es pequeña, pueden presentarse problemas de reverberación. Si se trata de una sala de estar, los muebles y objetos decorativos son causa de dificultades. Si la sala es perfectamente cuadrada, pueden producirse dificultades debido a las ondas estacionarias. Si la sala es alargada, pueden presentarse efectos de eco. Por suerte, para todos los casos supuestos existen medios para corregir las dificultades que se presenten.

El primer paso para obtener una buena respuesta de frecuencias es apartarse de cualquier semejanza a una sala cuadrada,

si ello es posible. Puede lograrse dicha respuesta cuando la sala tiene dimensiones irregulares o bien reformando de alguna manera la sala cuadrada a que uno se vea precisado a recurrir. Esto cabe hacerlo reduciendo o aumentando la longitud de dos de las paredes o quizá disminuyendo la altura del techo. También se consigue acondicionándolas acústicamente, sin afectar la estructura de la casa. Por ejemplo, supóngase que la casa tiene paredes y techo de ladrillo y cemento y suelo de madera dura o mosaico. Se pueden recubrir dos paredes opuestas con placas de madera de tres octavos de pulgada de espesor, lo que hará variar de manera sensible, por lo menos acústicamente, las dimensiones de la sala. Esto aumentará la respuesta a las notas agudas de aquellas paredes y disminuirá la respuesta de notas bajas. Por otra parte, en lugar de madera en las paredes se puede poner placas no acústicas en el techo y alfombrar el suelo. Haciendo esto se aumenta sus características de absorción y se varía la configuración acústica de la sala. En cuanto al alfombrado, si se ha colocado sin funda, se disminuirá la respuesta a las bajas frecuencias en menor medida que si se emplea funda. Así mismo, si se usa un tejido muy duro, tal como un paño de lana, absorberá menos que si se emplea uno del tipo terciopelo. Naturalmente, se puede adoptar una solución intermedia y usar un par de alfombras pequeñas y distanciadas, con lo que se conservará una parte de la capacidad de reflexión del suelo. De hecho, la mejor solución puede ser el empleo de re-

cintos acústicos del tipo angular. Se obtendrá buena radiación en graves y en agudos debido a las partes descubiertas del suelo y las paredes, mientras que las alfombras pequeñas y separadas o una alfombra única y mayor ayudarán a reducir la reverberación excesiva.

Puede ser importante, también, una consideración sobre el mobiliario. Si se trata de una decoración en estilo "contemporáneo" o "moderno", probablemente no habrá problemas. Pero si se trata de un estilo no moderno, pueden presentarse inconvenientes en cuanto los elementos tapizados correspondientes son altamente absorbentes del sonido y pueden malograr un excelente equipo reproductor. Aunque no mucho, algo puede hacerse para aliviarlo. En primer lugar, se intentará obtener zonas lisas y descubiertas en las paredes y en el suelo, no demasiado para evitar que la reverberación sea excesiva. En segundo lugar, el oyente de una reproducción de alta fidelidad nunca debe sentarse en una butaca con alas laterales y respaldar alto.

3.1.6. Recintos acústicos:

Lejos de ser solamente un accesorio decorativo, las cajas o recintos de altavoces, o "baffles", como también se los llama a veces, son una parte esencial de todo conjunto de alta

voces. El término "baffle" (pantalla acústica), se emplea porque el sonido que produce el altavoz no puede desplazarse en determinadas direcciones; la pantalla acústica lo dirige en ciertas direcciones e impide (formando una barrera) que se propague libremente.

La principal finalidad de un "baffle" es mejorar la respuesta a las bajas frecuencias de un altavoz o sistema de altavoces. Ocurre que es conveniente y a menudo atractivo colocar los altavoces para que sirvan de objeto decorativo. Cuando el cono del altavoz se mueve, dirigiéndose hacia adelante y hacia atrás, el aire que le rodea en la parte frontal resulta comprimido, y al mismo tiempo la parte posterior del cono produce un enrarecimiento en el aire situado detrás del altavoz. En ausencia de baffle, las ondas acústicas originadas en la parte frontal del diafragma son absorbidas por el vacío producido en la parte posterior. Este "cortocircuito" hace que se reduzca el sonido emitido, especialmente en las frecuencias bajas. Si pudiéramos encontrar un sistema en el que los graves se reforzasen en vez de amortiguarse en la parte posterior del altavoz, podríamos mejorar la respuesta a las bajas frecuencias. Una manera de conseguirlo sería poner uno o varios obstáculos en la trayectoria de las ondas de frecuencias bajas, de modo que no pudieran llegar a la parte posterior del altavoz. Esto justamente es lo que hacen los baffles. Aunque de diferentes formas, todos alargan

el camino entre la parte delantera y la posterior del altavoz. Así dichas ondas acústicas se propagan hasta el oyente antes de ser absorbidas por la depresión antedicha. Y se comprende que, cuanto mayor y más extenso sea el bafle, mejor será el resultado y la respuesta global a las bajas frecuencias.

Otro objetivo del bafle es actuar como superficie radiante adicional. La figura siguiente muestra dos baffles diferentes; aunque sus longitudes son iguales, sus formas no lo son.

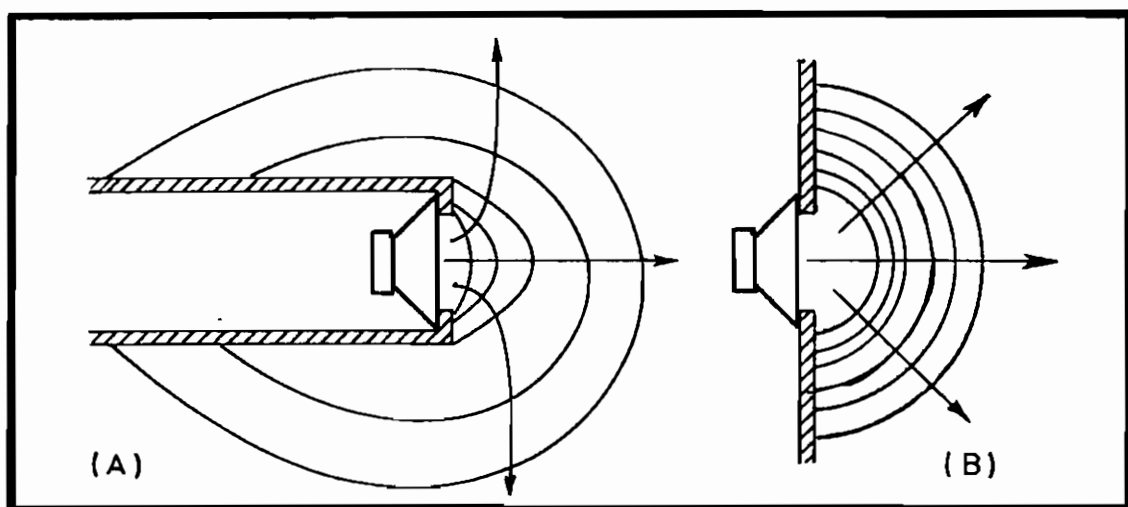


Fig. 3.1.17 EFECTO DE LA FORMA DEL BAFLE EN LA DISTRIBUCION DEL SONIDO.

El que tiene forma de U (A) alargada da una respuesta mucho más pobre a los graves que el de forma plana. Es evidente que la dirección de propagación del sonido, indicada por las flechas en cada caso, resulta mejorada en el baffle plano (B).

Hay tres tipos básicos de recintos acústicos: 1^o de radiación directa, 2^{da} de radiación indirecta y 3^{ra}, combinaciones de los dos anteriores.

a) Recintos acústicos de radiación directa.

La figura siguiente muestra varios tipos de recintos de radiación directa. En (A) tenemos un baffle plano abierto; es el verdadero baffle y no una caja; la placa de montaje del altavoz queda interpuesta simplemente en el camino de propagación del sonido desde la parte anterior a la posterior del altavoz.

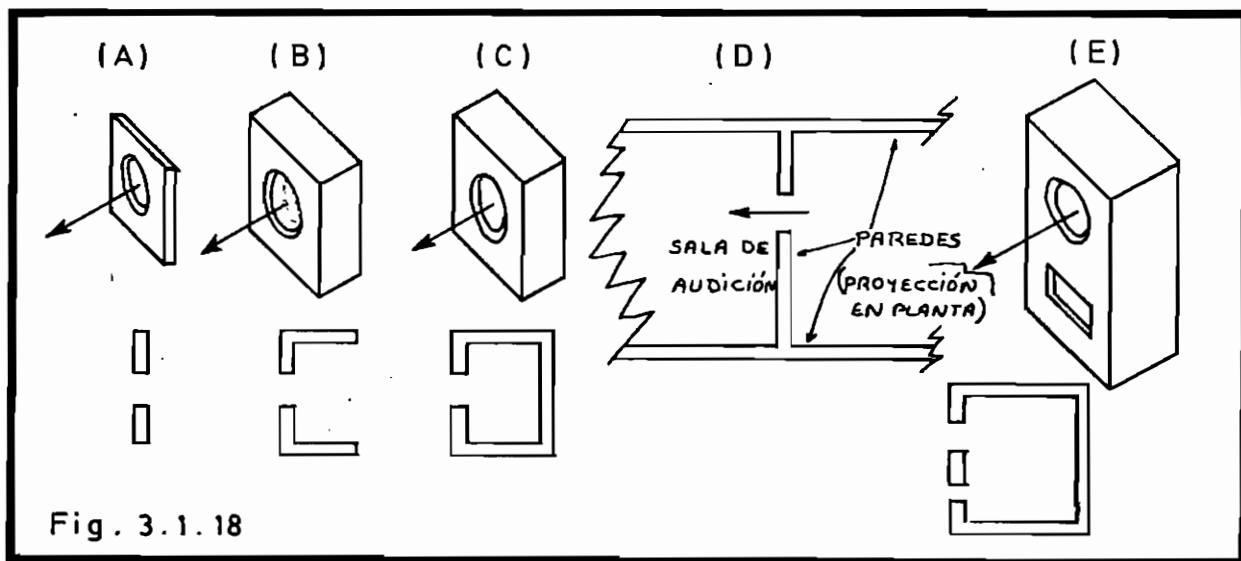


Fig. 3.1.18

La figura 3.1.18 (B) muestra un baffle abierto por detrás, la respuesta a los bajos es aquí ligeramente mejor que en el ca

so anterior (para baffles que tengan la misma superficie frontal), debido a que en este caso la trayectoria de delante a atrás del sonido es más larga.

En (C) tenemos el baffle completamente cerrado, conocido también por el nombre de baffle infinito, que es una caja con fondo. La palabra infinito significa aquí que las ondas sonoras que salen por la cara anterior de la caja nunca pueden alcanzar la parte posterior del altavoz; pueden propagarse a su alrededor pero no introducirse.

En (D) tenemos lo que se llama un baffle infinito casi perfecto, el llamado baffle de pared. Aquí, la placa de montaje está constituida por la pared que separa las dos habitaciones, de modo que la que queda detrás del altavoz representa la caja cerrada del caso anterior. Se puede apreciar que es un baffle aún más infinito, que el del tercer caso.

En la figura (E) se ve uno de los recintos acústicos más conocidos, llamado pantalla reflectora de bajos o baffle inversor de fase.

Por la figura anterior se ve que, en los recintos de radiación directa, el cono del altavoz irradia directamente en el aire circundante, es decir, en el área de la audición. No

hay nada entre el altavoz y nuestros oídos excepto el tejido de malla ancha que recubre el altavoz. (Si no se escoge y se monta adecuadamente, esto puede producir pérdidas en el rendimiento del conjunto.) Sin embargo, el rendimiento de todo el sistema es afectado por el grado de confinamiento del altavoz. Por ejemplo, la respuesta del baffle plano abierto de la figura (A) es bien distinta de la de una pantalla reflectora de bajos como la representada en la Fig. (E)

Volvamos al concepto de que cuanto más extenso es el baffle, mejor es la respuesta de los graves. ¿Qué ocurre si se cierra el baffle? Si cerramos por completo la caja, obtenemos teóricamente una cantidad "infinita" de bloqueo entre la parte anterior y la posterior del altavoz. De aquí el término baffle "infinito" para el tipo (C). Desde luego, es imposible obtener físicamente un baffle realmente infinito. No obstante, si la caja cerrada que se ha considerado fuese muy grande, por ejemplo, como el recinto de la figura (D), se tendría prácticamente un baffle infinito. Si la parte frontal del altavoz está en una sala y la parte posterior en otra, en la primera se dejarían de percibir las notas de la parte posterior. No se obtendría la misma salida que produjo el altavoz. Una manera de poner remedio a esto es airear el baffle infinito, de modo que se pueda oír el sonido de la parte posterior del altavoz.

Ello conduce a la pantalla reflectora de la figura (E), que tiene una ventana en la cara anterior de montaje. Existe una relación definida entre las dimensiones de la caja, las de la ventana o abertura y la resonancia del altavoz o altavoces correspondientes. Cuando es adecuada una relación, el sonido procedente de la parte posterior del altavoz resulta retrasado, de manera que emerge por la abertura en fase con el sonido emitido por la parte anterior del altavoz. Por ello, esta caja se emplea normalmente para producir el máximo refuerzo de las notas graves, cuando de otra manera se produciría una caída de las mismas en la salida de sonido.

En vez de eliminar la trayectoria de delante atrás o separar los sonidos frontales y posteriores, como en el caso del altavoz montado en la pared (Fig.D), se tendrá un refuerzo de atrás hacia adelante, el cual produce una salida acústica mayor y una mejor respuesta a las frecuencias bajas.

El refuerzo citado se obtiene invirtiendo la fase del sonido que viene de la parte posterior del altavoz. La pantalla reflectora de bajos de la figura anterior, es casi una caja cerrada. El espacio comprendido entre sus caras debe "llenarse" antes de que ningún exceso del sonido pueda salir de él. Así se obtiene un dispositivo de almacenamiento acústico que, análogamente a un condensador, almacena cargas antes de empezar a actuar.

Dado que tiene que llenar el espacio de la caja antes de empezar a salir a través de la ventana, las ondas sonoras precedentes de la parte posterior del altavoz no pueden llegar hasta el oyente con la misma rapidez que las emitidas directamente por la parte frontal del altavoz. Cuando el recinto acústico está correctamente diseñado, ese retraso es bastante grande para que el sonido procedente de la ventana y el que viene directamente de la cara frontal del altavoz estén en fase. De esta acción inversa de fase se deriva el nombre de "inversor de fase" que se da a la pantalla reflectora de bajos.

Los recintos de radiación directa se pueden utilizar con cualquier tipo de altavoz, sea un "woofer" o un triaxial. En efecto, existe una condición indispensable para el último tipo, así como para el coaxial y el de gama extendida, que es ciertamente lógica. Para explicarla, consideremos un altavoz de gama extendida. Sabemos que este tipo de altavoz da, en teoría, una buena respuesta en un margen amplio de frecuencias. Con un recinto acústico medio aceptable se obtendrá una buena respuesta a los bajos, pero, ¿Cómo será en cuanto a los agudos y los medios? Si intentamos obstaculizarlos, los perderemos sencillamente, y será como si tuviéramos un "woofer" en vez de un altavoz de gama extendida. Por otra parte, si dejamos que nuestro altavoz trabaje directamente, sin obstáculo delante de él, como un recinto de radiación directa, obtendremos los agudos que se produzcan y además

tendremos buenos bajos. Y lo que se ha dicho para un transductor del tipo de gama extendida cabe decirlo también para los altavoces coaxiales y triaxiales.

b) Recintos acústicos de radiación indirecta:

Veamos ahora el segundo tipo básico de recintos acústicos: los que emiten el sonido indirectamente. En la figura 3.1.19 se representan varios tipos, algunos de los cuales tienen forma de cuerno o bocina.

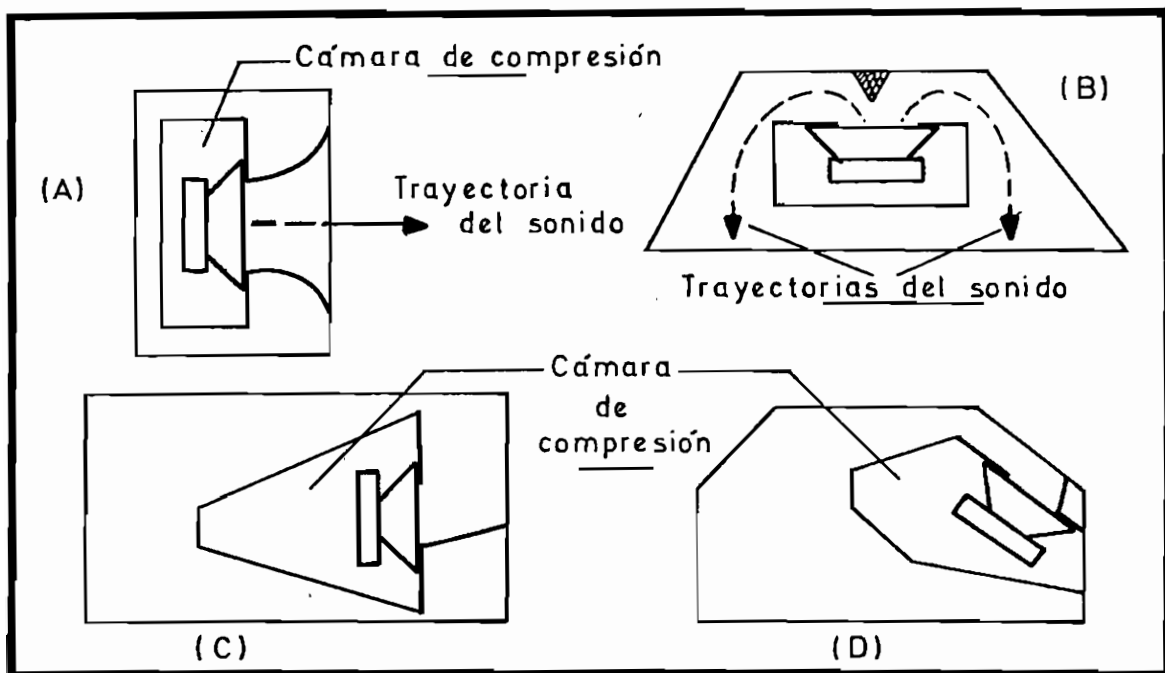


Fig. 3.1.19 - BAFLES DEL TIPO DE BOCINA O DE RADIACION INDIRECTA.

En la figura (A) tenemos la bocina recta. Aquí el baffle actúa como excitador de compresión para la propia bocina, de

manera similar a los tipos anteriormente considerados.

En la figura (B) se muestra lo que se denomina bocina partida curvador. También aquí el baffle actúa como excitador de compresión, pero la bocina propiamente dicha tiene una forma de W peculiar. El sonido se bifurca en el vértice del centro de la W y así cada una de las mitades discurre por su propio camino.

En la figura (C) tenemos la llamada bocina doblada. El sonido que sale del altavoz se propaga en las superficies planas y rincones interiores del recinto. Una vez más, la parte posterior del altavoz queda encerrada para proporcionar el efecto de excitación de compresión.

Finalmente en la figura (D) se tiene otra bocina doblada, que esencialmente trabaja como el tipo de bocina plana y doblada.

Las cajas del tipo bocina son mucho más eficaces para la reproducción de los bajos, aunque se diseñen bocinas especiales para las gamas alta y media.

Para poner de manifiesto que la bocina es más eficaz, comparémosla con los recintos de radiación directa. En éstos el sonido procede de la parte frontal del altavoz, en la cual el cono vibrante, de sección realmente pequeña, empuja la gran masa

de aire que rodea el altavoz. Dado que el cono es pequeño en comparación con la gran superficie de aire que debe empujar, su acoplamiento con el aire no es bueno y, por consiguiente, el rendimiento es bajo.

En la bocina, el sonido también procede de la parte delantera, pero con una diferencia. Aquí el cono actúa en una superficie mucho más pequeña, la de garganta de la bocina, y cada sección de la masa de aire existente dentro de la bocina es eficientemente acoplada a la que está situada delante de ella, a medida que aumenta la sección transversal de la bocina. De ahí que se obtenga un rendimiento mucho mayor, a veces hasta cinco veces más que el del recinto de radiación directa. Asimismo, para contribuir a esta mayor rendimiento, la parte posterior de la bocina está completamente encerrada en un espacio mucho menor que en el caso de radiación directa; en dicho espacio se produce una compresión y la fuerza de excitación o impulsión del diafragma del altavoz es mucho mayor.

Así se deduce que, como unidad para bajas frecuencias, el recinto tipo bocina es mucho más eficaz, pero tiene un inconveniente manifiesto. No se puede usar un altavoz de gama extendida axial o coaxial con este tipo de recinto. Recuérdese que, para los agudos y medios, se requiere un recinto libre de obstrucción delantera y, excépto para el tipo de bocina recta

(fig. 3.1.19 (A)), el recinto de bocina está formado por varias obstrucciones. Con lo que, con un recinto tipo bocina, hay que disponer de un sistema de varios altavoces con un "woofer", un altavoz de gama extendida y un "tweeter" por separado. Los dos últimos, desde luego, tienen que montarse de modo que emitan su sonido directamente.

Con todo esto, si podemos reunir las ventajas de las mejores características de los dos tipos de recintos citados, el radiación directa y el de radiación indirecta, habremos conseguido algo. Los técnicos en Acústica lo han logrado; nos han ofrecido un producto híbrido.

c) Recintos acústicos combinados:

Las siguientes figuras (3.1.20) muestran varias maneras de convinar en un solo recinto los sistemas de radiación directa e indirecta.

En la figura (A) aparece lo que semeja una bocina partida doblada, pero con una inversión de la posición del altavoz respecto al recinto. Aquí se podría utilizar un buen altavoz de gama extendida o bien un coaxial o triaxial. La carga de la bocina mejorará el rendimiento de los medios y los bajos, mientras que los agudos se radiarían directamente.

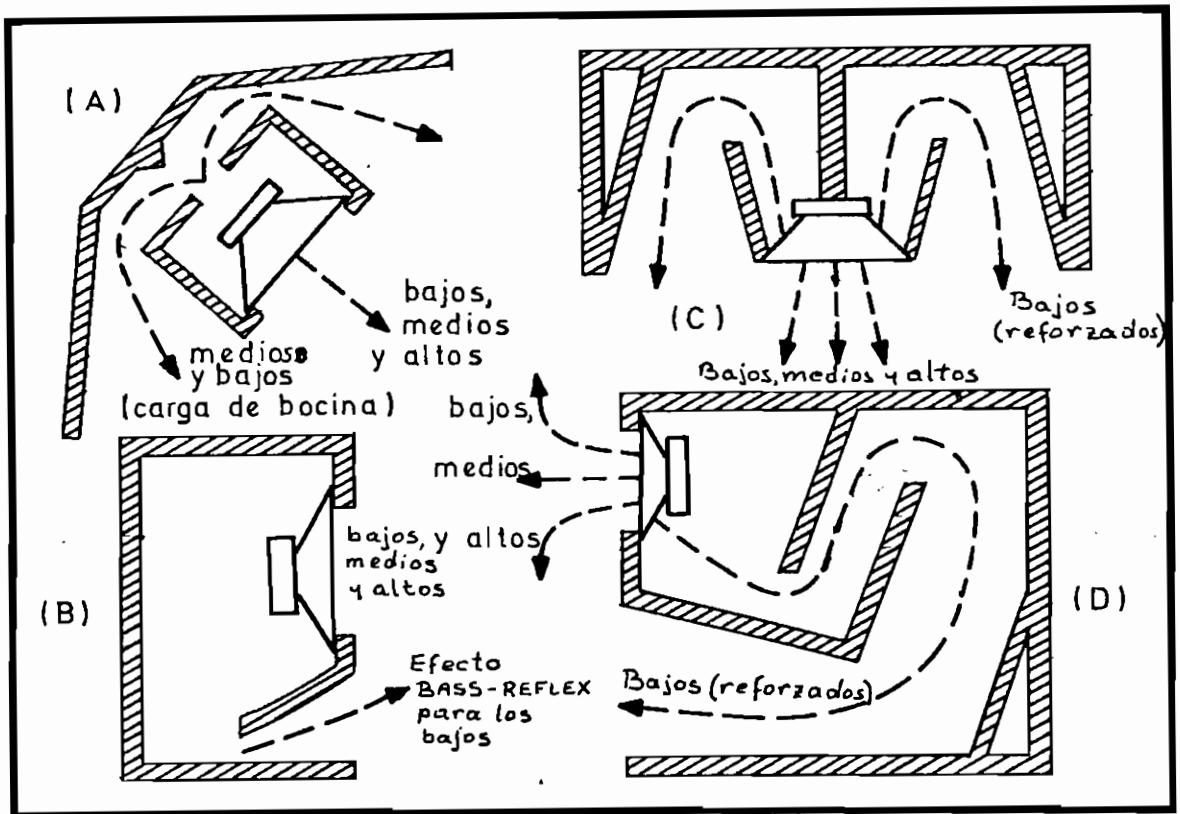


Fig. 3.1.20 - BAFLES COMBINADOS DE RADIACION DIRECTA E INDIRECTA.

En la figura (B) se tiene una versión del recinto reflector de bajos con bocina; en este caso, la abertura está cargada con una bocina.

En la figura (C) se tiene un recinto de bocina doblada. Al no tener carga de bocina, el resultado son mejores bajos que agudos y medios.

Finalmente, en la figura (D) aparece un laberinto acústico. El mejor funcionamiento del altavoz se obtiene a una frecuencia inferior a la de su resonancia; por ello, la respuesta es mejor para los bajos que para los medios y los agudos.

3.2. EQUIPOS DE SONIDO Y SISTEMAS DE DISTRIBUCION DEL MISMO

3.2.1. SISTEMAS DE SONIDO

3.2.1.1. Nociones Generales

Un sistema de sonido está integrado, generalmente, por un amplificador, una o más bocinas y uno o más micrófonos. En ocasiones se emplean, además de los micrófonos o en vez de éstos, tocadiscos, tacacintas u otros dispositivos de entrada.

Al utilizar un micrófono de alta impedancia (por ejemplo, uno de cristal o de cerámica), es necesario que la longitud del cable desde el micrófono al amplificador sea relativamente corta. Cuando se usan cables cuya longitud es excesiva, se introduce demasiada pérdida y se trastornan las características de frecuencia. El cable puede recoger, adicionalmente, zumbidos y ruidos. Gracias al empleo de un micrófono de baja impedancia puede tolerarse una mayor longitud del cable.

Cuando es necesario dejar una distancia considerable entre el micrófono y el amplificador, se usa un preamplificador, que se instala, generalmente, cerca del micrófono, para permitir la transmisión de una señal más fuerte a la línea que conduce hasta el amplificador. Esta técnica se ilustra en la Fig.3.2.1.

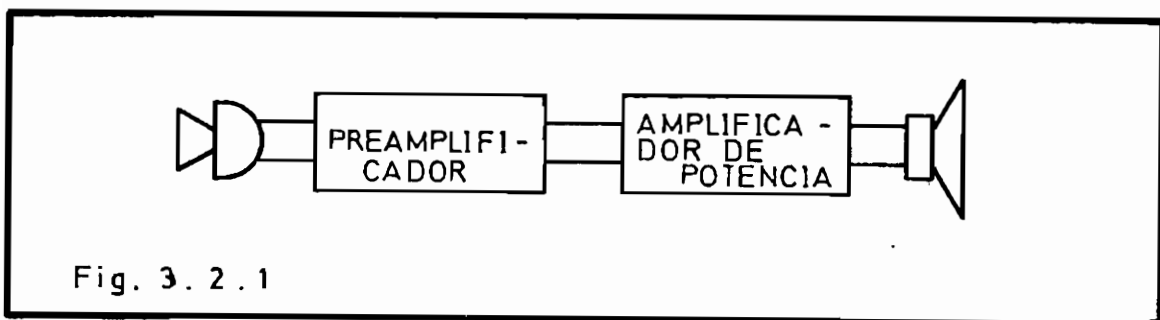


Figura 3.2.1 : El amplificador de potencia y el micrófono pueden estar a varios kilómetros de distancia, si se emplea un preamplificador situado cerca del micrófono.

Cuando se usa el tipo de amplificador apropiado, es posible separar el micrófono y el amplificador de potencia principal algunas decenas de metros o aún varios kilómetros.

En caso de que sea necesario separar el micrófono y la bocina una distancia considerable, debe prestarse atención a las pérdidas en la línea y a los niveles de la transmisión de la señal.

Si una bocina y un amplificador están separados por unos 17 a 35 metros entre sí, frecuentemente se alimenta la salida del amplificador a la línea de la bocina a un nivel de baja impedancia, de manera que no se necesite en el puesto de la bocina un transformador correspondiente. La longitud admisible en la línea de bocina está limitada por la pérdida que se introduce mediante la línea.

Por ejemplo, cuando la línea está siendo alimentada de las terminales de salida de 4 ohms del amplificador, a un nivel de señal de 6 volts, solamente será de 4.5 watts la potencia consumida por una bocina de 4 ohms en la terminal de una línea con una resistencia de cd equivalente a 4 ohms; la bocina consumirá, en cambio, 9 watts si estuviera conectada directamente a las terminales del amplificador. De esta manera, se pierde en la línea la mitad de la potencia disponible.

Con el fin de evitar esto, se alimenta la señal a la línea con una impedancia más alta, generalmente de 500 ohms. En el sitio que se encuentra la bocina se usa un transformador que corresponda. El circuito se muestra en forma esquemática en la figura 3.2.2

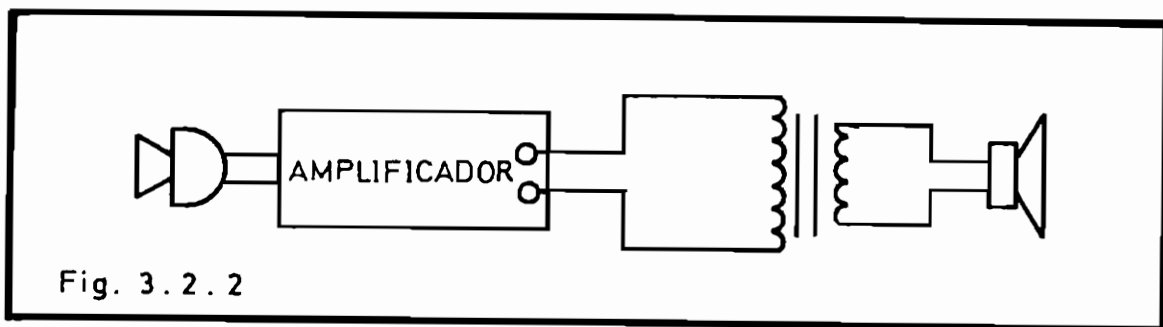


Figura 3.2.2 : Pueden emplearse líneas de bocinas más largas utilizando circuitos de alta impedancia.

Ahora bien, si usamos los mismos niveles de potencia que los empleados en el ejemplo anterior, el voltaje aplicado

a la línea será aproximadamente de 67 volts. La resistencia de 4 ohms de la línea motiva una caída de, aproximadamente, medio volt, de tal manera que en la terminal de la línea se dispone casi el 99.2% en vez de sólo el 50% de la energía. Si el transformador correspondiente es de 90% de eficiencia, se disipará menos del 11% de la potencia disponible en la línea y el transformador correspondiente.

A causa de los niveles de potencia extremadamente bajos en las líneas de micrófonos, son insignificantes las pérdidas ocasionadas por la resistencia. Las pérdidas que se deben a fugas en el aislamiento, capacidad y desigualdades en la impedancia son las que tienen importancia y limitan la longitud práctica de los cables de entrada.

Las pérdidas en las líneas de alimentación de las bocinas se vuelven siempre más importantes a medida que se alimentan más bocinas de la misma línea. Mientras más grande sea el flujo de corrientes a través de la línea, mayores serán tanto la caída de voltaje como la pérdida de potencia.

En las instalaciones de bocinas múltiples modernas se utiliza frecuentemente una técnica conocida como el sistema de sonido a voltaje constante. Al hacer uso de esta técnica, un amplificador suministra una señal de nivel rms constante a la

línea y el nivel de sonido en cada puesto de bocina queda determinado por el ajuste del voltaje entregado a la bocina. El voltaje se arregla al nivel deseado mediante la selección de tomas en el transformador igualador de la línea.

El amplificador está proyectado para suministrar una señal de 25, 70 o 140 volts a la línea, sin que importe la carga presente a través de su salida mientras no se excede su valor nominal de potencia. Las bocinas pueden conectarse a la línea, o desconectarse de ella, sin afectar el nivel de sonido de las bocinas que queden conectadas aún a la línea.

De manera parecida, pueden conectarse focos y aparatos eléctricos a un circuito de alambrado doméstico, o desconectarse de él, sin molestar otros dispositivos que estén conectados al circuito. El nivel de voltaje del circuito de iluminación permanece esencialmente constante, aunque estén prendidas una o veinte lámparas.

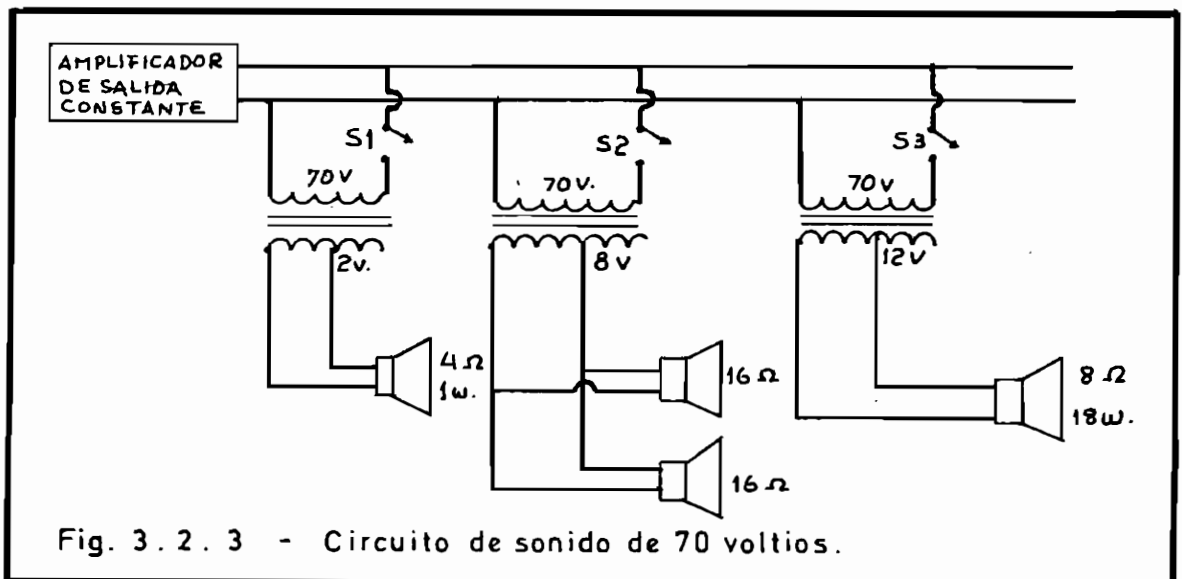
3.2.1.2 Sistemas para reforzar el sonido:

La forma de sistema de sonido que se usa más comúnmente es el sistema de refuerzo de sonido, ordinariamente llamado sistema de sonido público. En su forma más simple está constituido por un micrófono, un amplificador y una bocina. En una for-

ma más compleja puede utilizar varios micrófonos, así como otros dispositivos de entrada, alimentados a través de equipos mezcladores y de interconexión, a un sólo amplificador o a una batería de amplificadores que alimenten a varias bocinas. El sistema puede ser portátil, móvil o estacionario.

Los micrófonos y bocinas de un sistema de reforzamiento de sonido se instalan, comúnmente, en el mismo salón o área general; por ejemplo, en teatros, salones de baile, clubes nocturnos y estadios. El amplificador o los amplificadores pueden alcanzar potencias de salida desde quinientos hasta setecientos watts y, por lo común, se instalan en el mismo local. Las bocinas muchas veces están conectadas permanentemente al sistema.

Además de los sistemas electrónicos para el refuerzo del sonido, es muy frecuente el uso de los megáfonos de potencia.



Estos son utilizables en donde sólo se ha de reforzar la voz humana y en donde se necesita aparatos muy portátiles. Las aplicaciones típicas de dichos megáfonos se encuentran en la extinción de incendios, servicios marítimos y para dirigir a las multitudes.

Un megáfono de potencia está constituido por un micrófono de carbón, muy sensible, una eficiente bocina en forma de cuerno y una batería formada por varias celdas para luz de mano; todos estos componentes están combinados en un sólo ensamblaje accionado por medio de un sólo botón de presión o por un gatillo, cuya forma es la de un megáfono. Las unidades más potentes usan una batería externa.

Los megáfonos de estado sólido ofrecen varias ventajas sobre los tipos más antiguos con micrófonos de carbón. Son menos pesados y suministran más salida de potencia, por lo cual la duración de sus baterías es más larga. Algunos de estos megáfonos cuentan con un sistema de sirena.

3.2.1.3. Sistemas de compaginación:

El sistema de compaginación consiste en los mismos componentes principales que un sistema para el refuerzo del sonido. Sin embargo, las bocinas están distribuidas generalmente, sobre

superficies mayores, a fin de permitir la transmisión de la voz del orador hacia muchas áreas, ya sea simultáneamente, o de manera selectiva.

En las plantas industriales se usa un sistema de compaginación para comunicarse con el personal, en cualquier parte, de un sólo edificio, o en un grupo de edificios. El micrófono está situado, generalmente, en el conmutador telefónico; de este modo, quien opera los teléfonos puede localizar al personal por medio del sistema de sonido. Quien desea que se localice a otra persona llama a la operadora y ésta, a su vez, hace la llamada por el sistema sonoro. En algunos casos el sistema de compaginación está enlazado con el sistema telefónico; por tanto, al marcar en el disco cierto número es posible que cualquier persona hable por el sistema de compaginación directamente desde un aparato telefónico.

Si todas las bocinas se activan a la vez de manera que se escuche la voz de la persona que habla en todas las áreas, eso significa que, por lo común, las bocinas están conectadas en paralelo, a través de una línea de 500 a 600 ohms. o por una línea de audio de nivel constante a través de transformadores igualadores apropiados. En la Fig. 3.2.4 se muestra un diagrama de bloque de un sistema compaginador típico.

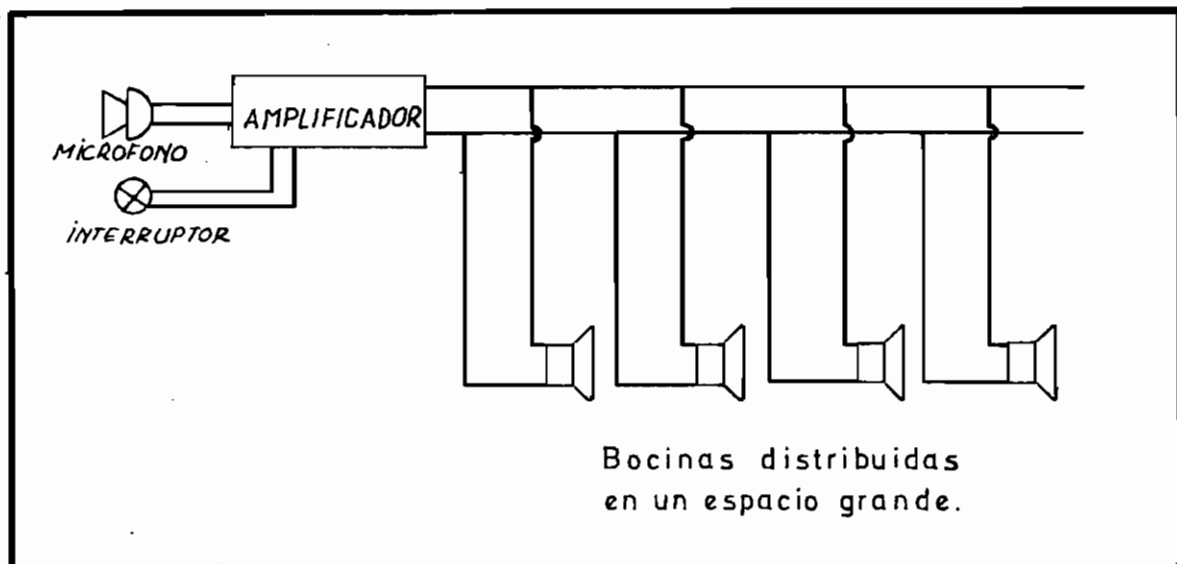


Figura 3.2.4 Sistema de compaginación típico. Todas las bocinas se hacen funcionar simultáneamente.

En aquellos casos en que se opera un gran número de bocinas simultáneamente, quizá sea necesario emplear una potencia de audio muy considerable. Entonces, podrá ser útil un amplificador de alta potencia o varios amplificadores, alimentados desde un sólo micrófono, y que a su vez alimentarán, cada uno de ellos a un grupo de bocinas. Cuando se utilizan amplificadores apropiados de tipo de salida constante, se les puede apilar con las entradas y salidas en paralelo, con el fin de obtener una salida de potencia incrementada.

Generalmente se dejan prendidos los amplificadores, pero el micrófono queda desconectado, ordinariamente, hasta que el operador acciona un interruptor para activar el micrófono.

Para evitar que se distraiga el personal en todas las áreas, existen algunos sistemas de compaginación que cuentan con medios para activar bocinas selectivas, individualmente o en grupos.

Un micrófono y un preamplificador pueden usarse para alimentarse cualquiera de varios amplificadores de potencia, alimentando cada uno de ellos su propia hilera de bocinas, como se muestra en la Fig. 3.2.5, la salida del preamplificador puede conectarse a la entrada del amplificador de potencia deseado; para ello basta la operación del interruptor selector o de presión apropiado. Se activarán así únicamente las bocinas asociadas al amplificador de potencia seleccionado. Los amplificadores de potencia pueden estar situados en diferentes partes de la planta cerca de las bocinas que alimentan, o bien pueden estar colocados en un sólo sitio, según quede determinado por las consideraciones hechas con respecto al alambrado del sistema.

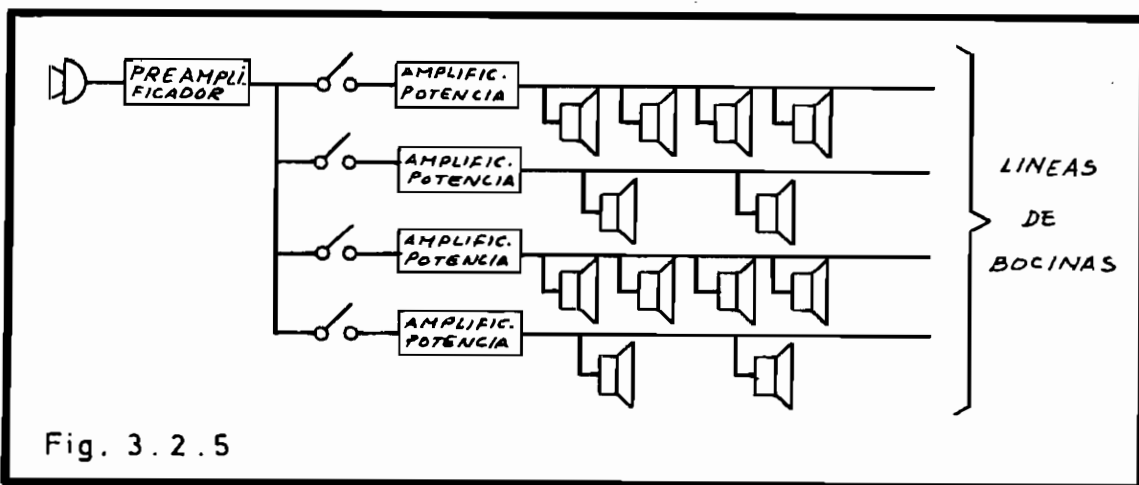


Fig. 3.2.5

La salida de un sólo amplificador o de una batería de amplificadores puede conmutarse selectivamente a cualquiera, a una combinación, o a todas las líneas de alimentación de varias bocinas. En los amplificadores convencionales debe aplicarse una carga artificial en calidad de sustituto para cada línea de bocinas. Cuando una línea de bocinas está desconectada del amplificador, por medio de un dispositivo selector (o relevador), el resistor de carga fantasma queda conectado a través de la salida del amplificador. Esto es necesario para mantener una relación de impedancias apropiada. Existen otras posibilidades para el arreglo de los circuitos. Sin embargo, el circuito que se ilustra en la Fig. 3.2.6 sirve para describir el principio básico.

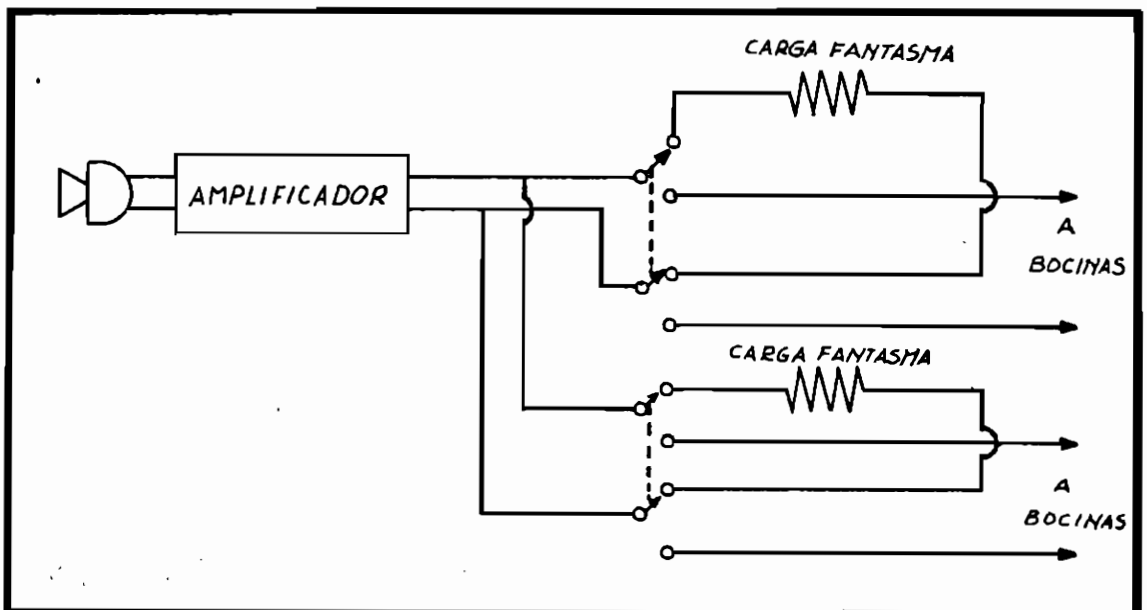


Fig. 3.2.6 : Los resistores de carga fantasma impiden que se dañe el amplificador y mantienen las relaciones de impedancia

al estar desconectadas las bocinas.

Si se emplean amplificadores de salida constante, se evitan los problemas que pueden plantear los resistores de carga artificial y la igualación de la impedancia. La salida del amplificador queda conectada a las líneas que alimentan grupos de bocinas, o bocinas individuales, a través de interruptores selectores, o relevadores. El amplificador está proyectado de tal manera que, todas, una parte, o ninguna de las líneas alimentadoras de bocinas puedan quedar conectadas al amplificador a través de los interruptores o los relevadores, sin que se afecte el nivel de salida del amplificador.

La cantidad de potencia, necesaria para la compaginación depende de la superficie a cubrirse, de la acústica, del nivel de ruido que existe en el ambiente, etcétera. En algunos casos pueden dar servicio satisfactorio unas cuantas bocinas que funcionen a alto nivel. En otros, talvez sea preferible operar un mayor número de bocinas a un nivel inferior.

Existe la posibilidad de ajustar individualmente el nivel de cada bocina en un sistema compaginador. Utilizando amplificadores convencionales puede equiparse cada sitio de bocina con su propio control de volumen, en forma de un atenuador en L o en T. Para evitar manejos no autorizados puede instalarse un

atenuador de tipo fijo, que está constituido por resistores fijos. Puede ajustarse el nivel del volumen modificando los valores de los resistores o cableando resistores para que entren o salgan del circuito.

Dentro de ciertos límites, el uso de amplificadores convencionales puede cambiar el nivel del volumen en los sitios de las bocinas individuales; para ello hay que emplear una selección de atenuadores en los transformadores igualadores de línea, tal como se ilustra en la Fig. 3.2.7.

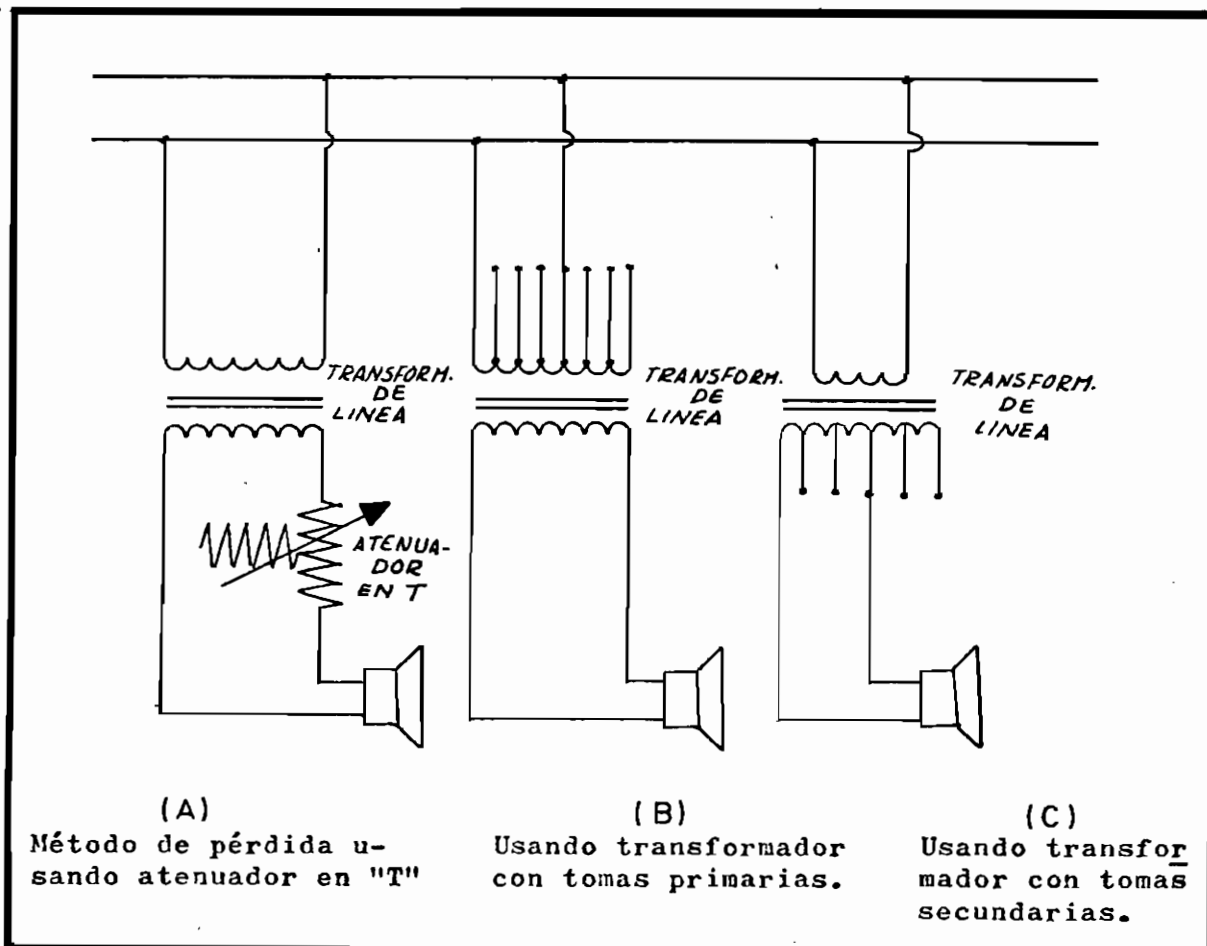


Fig. 3.2.7 - METODOS PARA CONTROLAR EL NIVEL DE VOLUMEN DE LAS BOCINAS INDIVIDUALES.

Cuando se utilizan amplificadores de salida constante se efectúa el ajuste del nivel del volumen mediante la selección de atenuadores igualadores de línea. Existen en el mercado transformadores proyectadores específicamente para este uso, que permiten el ajuste del nivel de volumen de las bocinas en grados próximos a los 2 dB.

3.2.1.4. Sistemas de distribución del sonido:

Un sistema de radio o de música centralizado representa una forma típica de distribución de sonido. Fundiona de manera similar a la radiofusión, excepto que el auditorio es cautivo y está limitado a quienes se encuentren dentro del alcance audible de las bocinas, que están conectadas, mediante alambres, al sistema.

Los sistemas de esta clase se usan ampliamente en plantas industriales, hoteles, escuelas, hospitales y en otras instituciones. En la mayoría de los casos se instalan dispositivos de entrada tales como sintonizadores de radio, tocadiscos, micrófonos y reproductores de cintas, además de consolas de amplificadores y control, en un punto central. Se emplean alambres para conectar la salida de los amplificadores directamente a las bocinas diseminadas en varias partes de la planta o institución o a través de un tablero o consola de control.

Es posible energizar las bocinas individualmente, en grupos, o todas juntas, de modo intermitente o continuo. Algunos sistemas están proyectados para manejar simultáneamente más de un programa. Es posible combinar equipos de intercomunicación con un sistema de distribución de sonido.

Eso, en una forma sencilla pero muy empleada, puede consistir en un sistema de un sólo canal, con todas las bocinas conectadas en todo momento. Es opcional dotar cada bocina con controles de volumen individuales. Solamente se maneja un programa cada vez. El alambrado exterior es extraordinariamente sencillo.

Un sistema de canal único, más complicado, puede equiparse, de acuerdo con el diagrama de la Fig. 3.2.8 con un tablero central de interruptores o consola, en cuyo punto es posible encender o apagar las bocinas individuales para desconectarlas o conectarlas al circuito, según se desee.

En los hoteles, escuelas, hospitales y otras instituciones, muchas veces es conveniente disponer de más de un programa en cada puesto de bocina. Aunque el control puede centralizarse en un tablero de conmutador, o consola, el sistema de hecho consta de tantos sistemas como canales haya, excepto que puede hacerse un uso común de ciertos componentes.

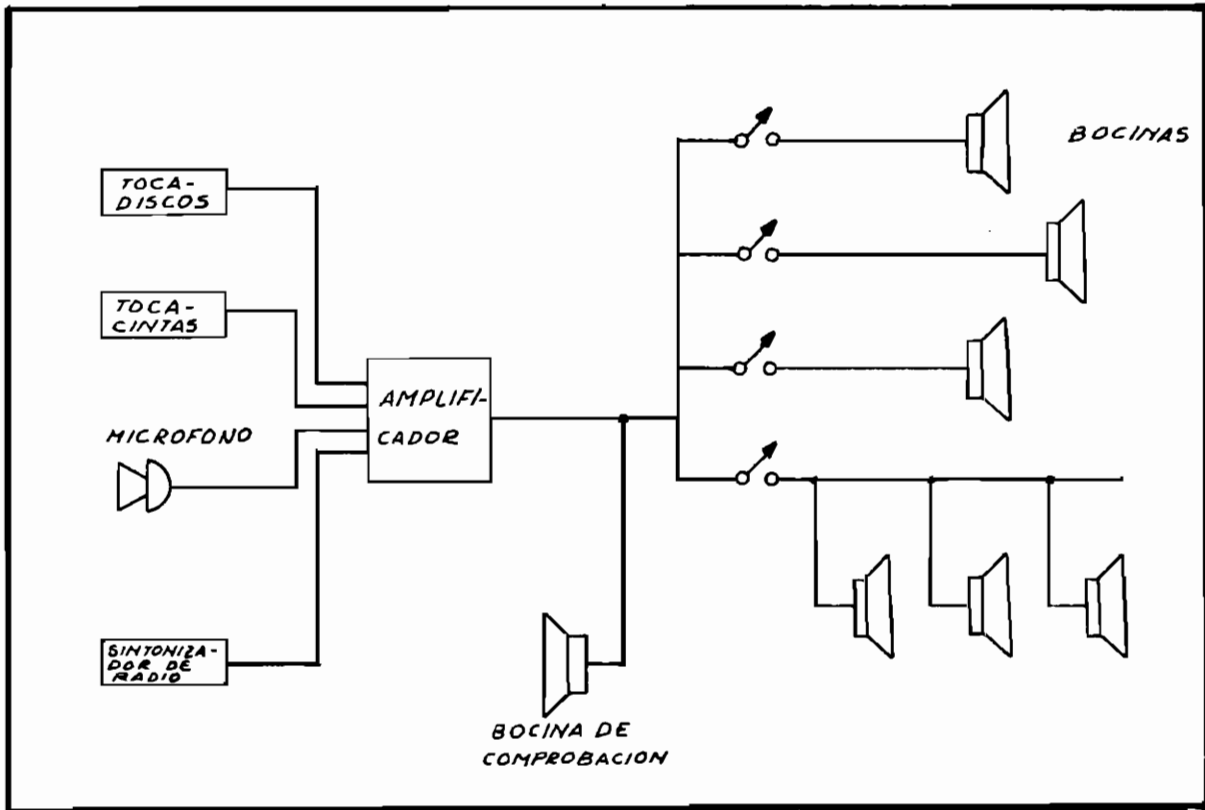


FIGURA 3.2.8 Diagrama en bloques de un sistema de distribución de sonido de un sólo canal.

En la Fig. 3.2.9, se ilustra un sistema de ésta naturaleza.

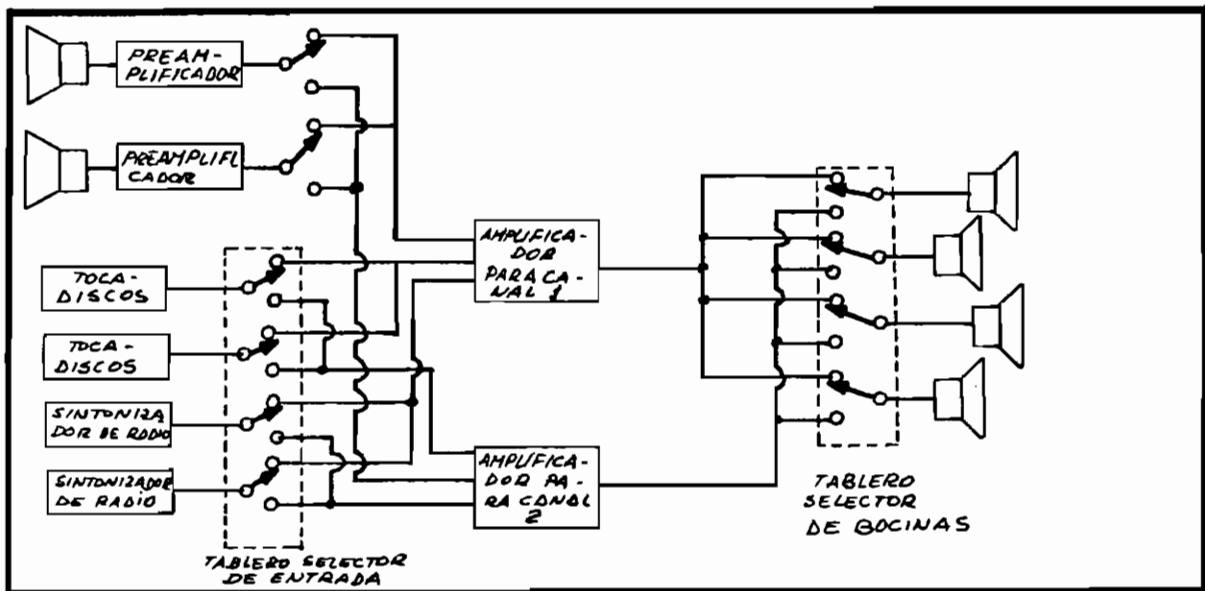


Fig. 3.2.9 - DRIAGRAMA EN BLOQUES DE UN SISTEMA DE SONIDO DE DOS CANALES

En algunos sistemas, particularmente en hoteles, se efectúa la selección de canales o de programas en los puestos de bocinas individuales, tal como se ilustra en la siguiente figura. En otros se hace la selección de los programas en el punto de control central. Especialmente, en los sistemas de sonido escolares, se combinan los dispositivos de intercomunicación en dos sistemas de sonido para permitir la comunicación en dos sentidos entre la oficina y los diversos salones de clase.

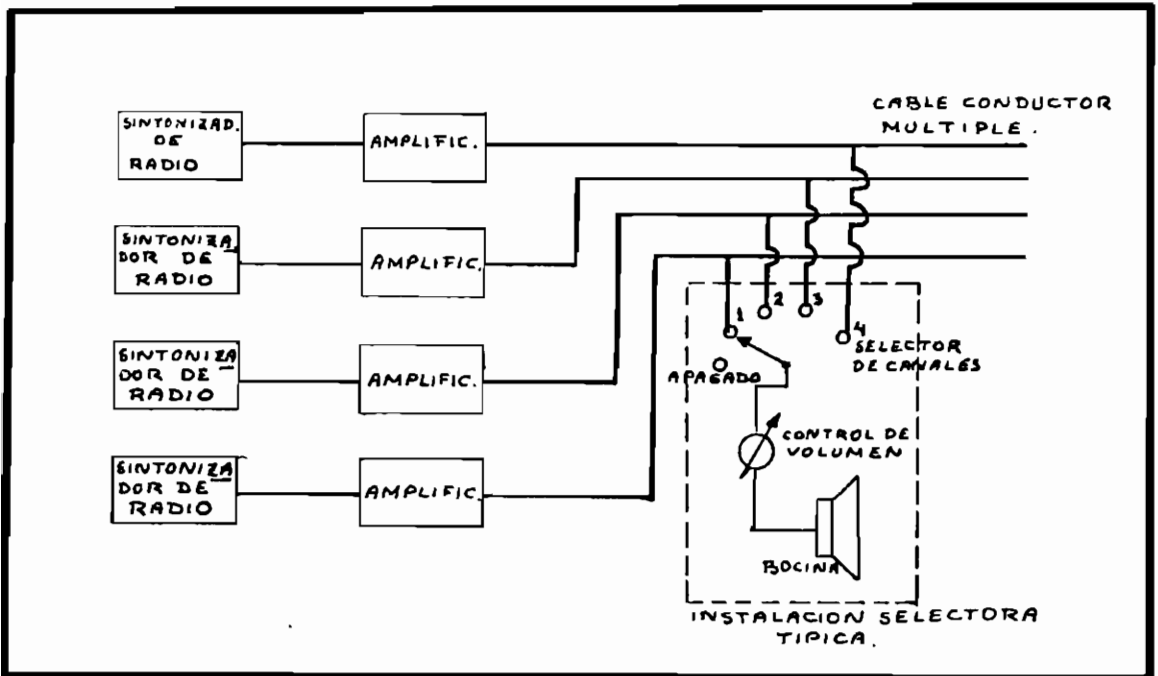
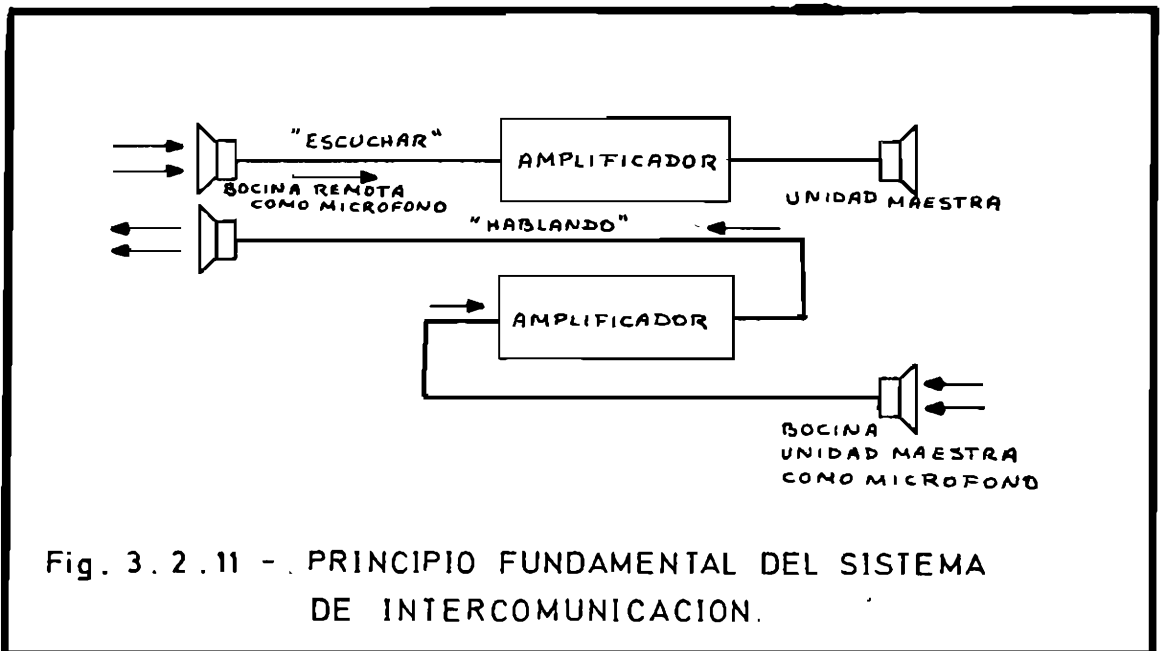


Fig. 3.2.10 : Sistema de distribución de sonido utilizado en donde puede seleccionarse los programas en los puestos de bocinas.

3.2.1.5. Sistemas de intercomunicación:

Los sistemas para obtener respuestas, o de intercomunicación, como se les conoce más comúnmente, utilizan las bocinas, ya como micrófonos ya como altoparlantes. Por lo general, la comunicación en dos sentidos se presenta, cuando se cuenta con ella, sobre base simplex en la cual la comunicación solamente es posible en una sólo dirección cada vez que se hable. En la Fig. 3.2.11 que se presenta a continuación, se ilustra el principio fundamental.



En un sistema de intercomunicación sencillo, la bocina que se encuentra en la unidad maestra, o de control, está conectada, normalmente, a la salida del amplificador, a fin de que actúe como bocina. La entrada del amplificador está conectada

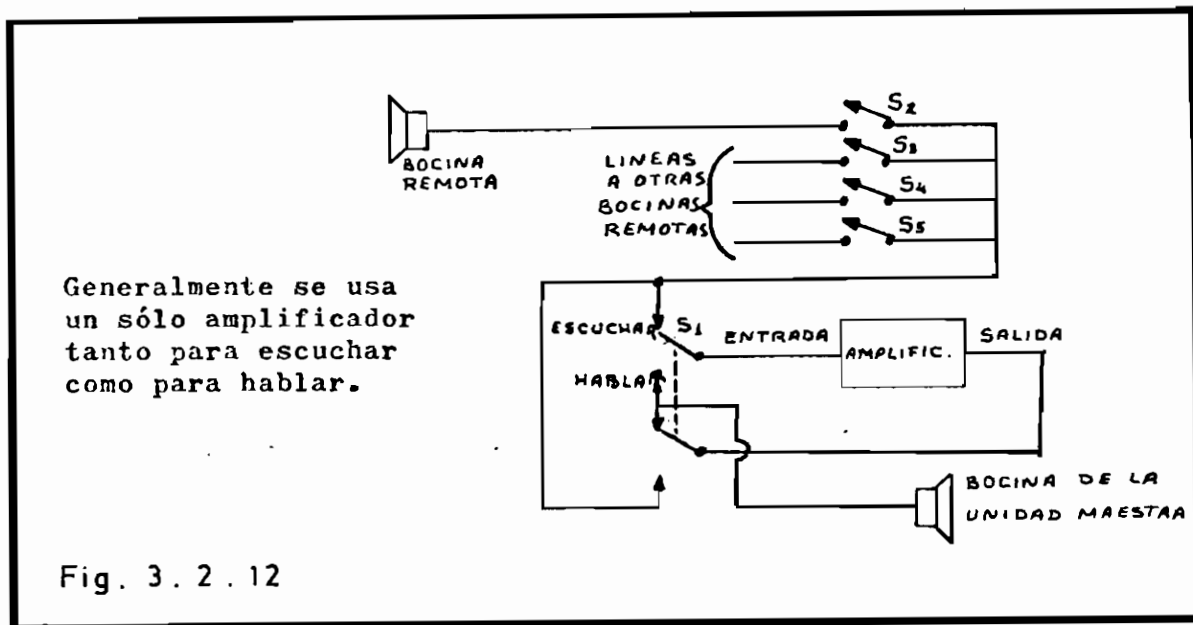
a una bocina alejada que funge, normalmente, como micrófono. Una persona situada cerca de la unidad maestra puede, de esta manera, escuchar sonidos que se originen en los alrededores cercanos de la bocina remota.

Con el fin de hablar al personal que se encuentre al alcance de la bocina remota, la persona próxima a la unidad maestra activa un interruptor que invierte el circuito; entonces, la bocina de la unidad maestra queda conectada a la entrada del amplificador y funciona, en tal caso, como micrófono. La bocina remota está conectada a la salida del amplificador cuando ésta actúa como bocina. Los sonidos que emanen de las proximidades de la unidad maestra se escucharán en la bocina remota.

Generalmente se cuenta con más de una bocina remota. Cada una de ellas puede conectarse individualmente al circuito; basta usar el interruptor selector de la unidad maestra.

Existe un gran número de variaciones. Por ejemplo, en la unidad maestra puede usarse un micrófono o un audífono telefónico manual convencionales en vez de utilizar la bocina como micrófono. Las bocinas alejadas pueden hacer uso de botones de presión para hacer señales o para iniciar llamadas al personal al alcance de la unidad maestra.

Ordinariamente se emplea un sólo amplificador para enviar y recibir, como en la Fig. 3.2.12. El interruptor S_1 trasfiere los circuitos de entrada y salida.



Los interruptores S_2 , S_3 , etcétera, pueden activarse para seleccionar la bocina remota que se desee.

A veces se utilizan amplificadores separados. Un sistema puede estar constituido por una unidad maestra y una bocina remota, una unidad maestra y hasta cientos de bocinas remotas, o varias unidades maestras, cada una de ellas con sus propios grupos de bocinas remotas. Algunas de las bocinas remotas pueden unirse a varias unidades maestras o solamente a una, tal como se muestra en la Fig. 3.2.13.

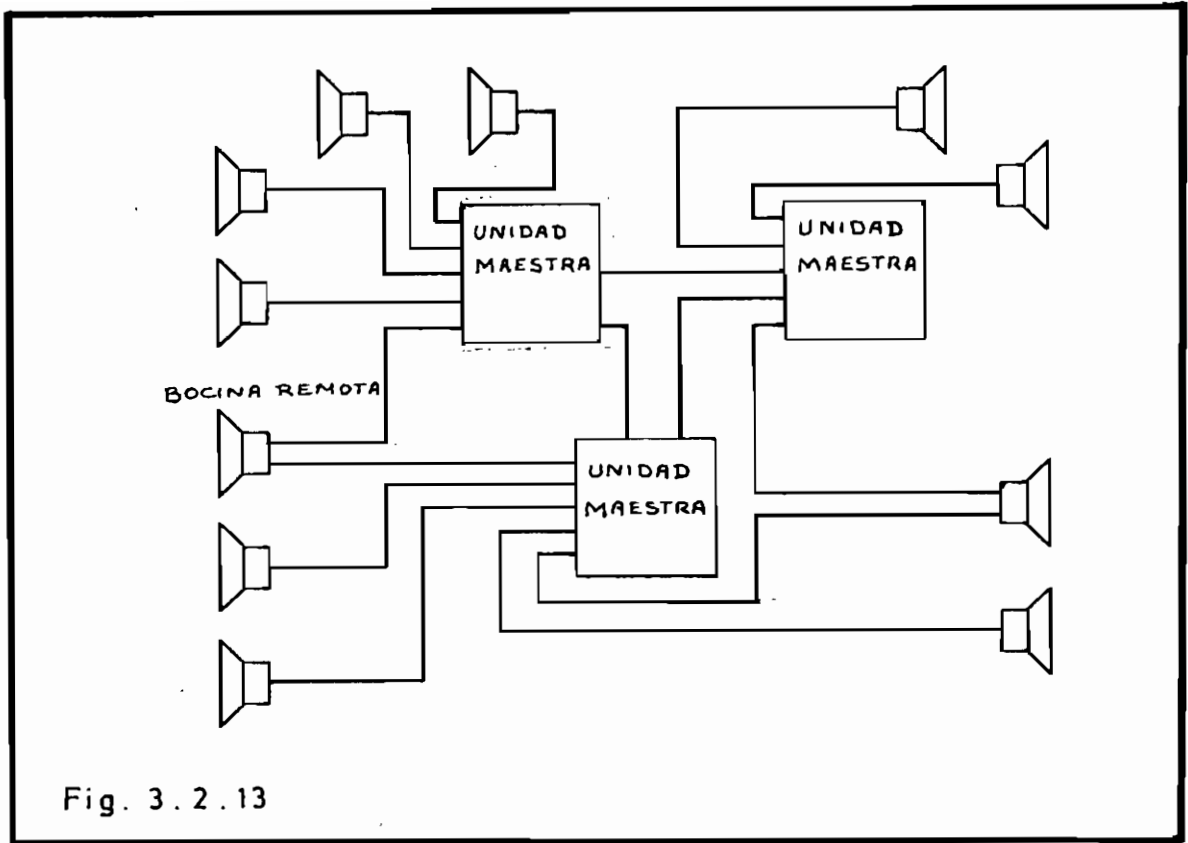


Fig. 3.2.13

La mayoría de los sistemas de intercomunicación emplean alambres para la conexión de una unidad a otra. Existen sistemas de intercomunicación inalámbricos que, en realidad, son transmisores y receptores de radio de baja potencia que usan las líneas de corriente, en vez del espacio, como medio de transmisión. El sistema de intercomunicación que usa alambres es mucho más empleado, porque permite una mayor reserva, mayor flexibilidad y, cuando está instalado de manera adecuada, mayor ausencia de ruidos. Véase Fig. 3.2.14.

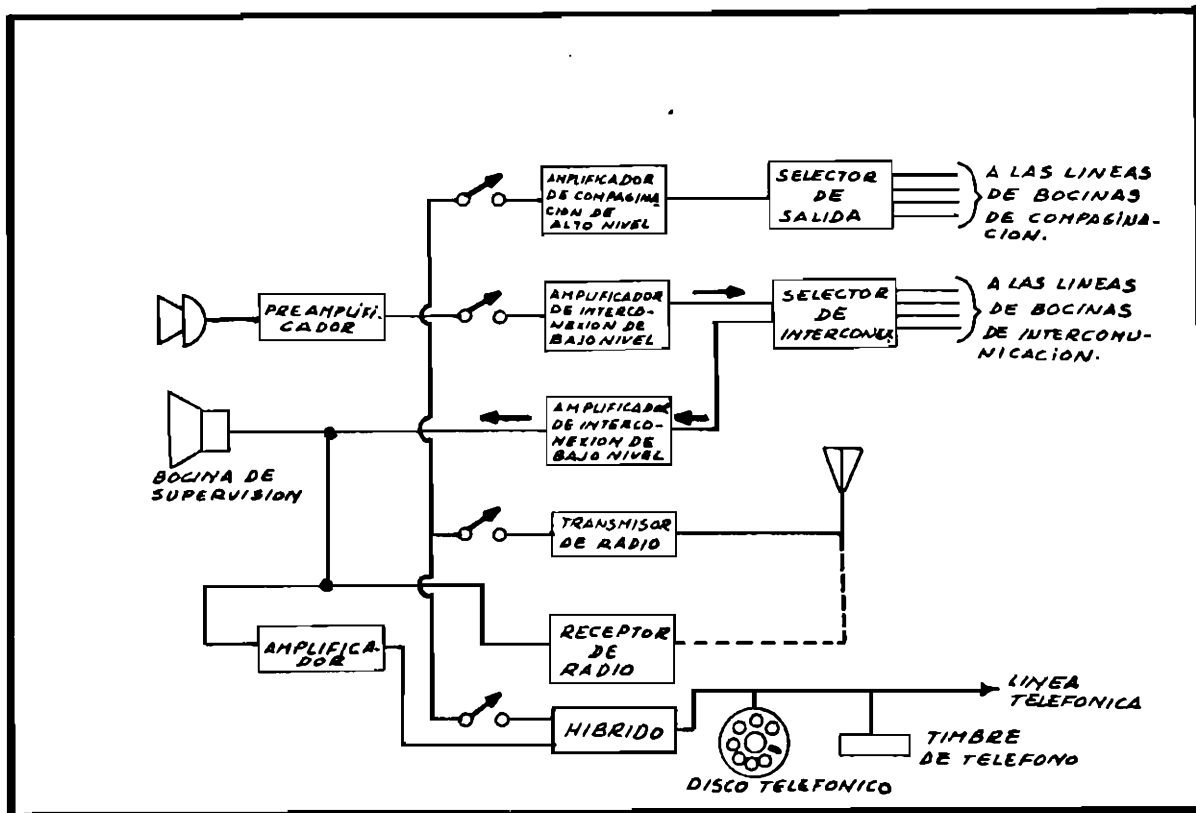


Fig. 3.2.14 Diagrama simplificado de un sistema integrado.

3.2.1.6. Sistemas de sonido integrados:

Algunos sistemas de sonido combinan medios de compagnación y de intercomunicación y, en algunos casos, circuitos de radio en dos direcciones y telefónicos. Todos estos medios pueden integrarse para formar un sólo sistema que utilice muchos componentes para fines comunes y permita el control desde uno o varios puntos.

Por ejemplo, en los patios ferroviarios, un jefe de patio puede contar con una consola de control que le permite localizar

al personal en áreas muy amplias, mantener intercomunicación individual con el personal que se desplaza a pie (gracias a bocinas remotas, que pueden ser desde una hasta cien), comunicarse por radio de dos canales, con las tripulaciones de las locomotoras y con el personal a pie, que lleva walkie-talkies (trascceptor portátil), y sostener conversaciones telefónicas sin hacer uso del instrumento telefónico habitual. La figura pasada, ilustra un sistema de esta naturaleza, en forma de diagrama de bloques.

En las plantas industriales o en aquellas instituciones en que es ventajoso centralizar las comunicaciones pueden usarse sistemas parecidos.

Los circuitos básicos para cada función son sencillos. En la práctica, los circuitos se vuelven complejos, pero están lejos de ser totalmente incomprensibles. Existen componentes y ensamblajes normales empacados que permiten la construcción e instalación de sistemas integrados complejos, sin que sea necesario recurrir al empleo extenso de aparatos especiales.

3.2.1.7. Sistemas de sonido teatrales:

Cuando las películas sonoras se introdujeron por primera vez, la mayoría de los teatros se equiparon con sistemas sono-

ros de sonido grabado a una velocidad de 33 revoluciones por minuto. Los discos se tocaban del centro hacia el borde exterior, exactamente lo opuesto al uso en el disco fonográfico común.

El sonido sobre la película no tardó en desplazar al primitivo sistema de sonido sobre disco. El sonido está disponible en forma de pista sonora en uno de los bordes de la película. Cada proyector está equipado con una cabeza de sonido montada debajo de la abertura para las imágenes y arriba del magazín de la película inferior.

Además del sonido sincronizado que se obtiene de la película, están los teatros equipados, en su mayoría, con tocadiscos o tocacintas para permitir la reproducción de música durante los intermedios.

Con el advenimiento del sonido estereofónico los sistemas de sonido teatrales se han vuelto mucho más complejos. Aunque muchas películas siguen suministrándose con una sola pista de sonido óptica, hay muchas que tienen pistas de sonido magnéticas sencillas y múltiples.

Es obvio que las pistas de sonido grabadas magnéticamente suministran una reproducción de sonido en una escala mucho

más amplia. La película se trata para ofrecer una o más tiras angostas de material ferroso que sirven como pistas magnéticas de sonido. En los sistemas de sonido estereofónico hay en el proscenio tres o más bocinas. A medida que la acción se desplaza de un lado a otro de la pantalla, se conserva la ilusión haciendo que el sonido emane del sitio de los acontecimientos y que no proceda de toda el área de la pantalla. Cada bocina o conglomerado de bocinas se alimentan desde su propio canal de sonido. Para esto se necesita utilizar una cadena separada de amplificadores para cada pista de sonido.

La cantidad de potencia de audio necesario depende de las dimensiones del teatro, de la acústica y de la eficiencia de las bocinas utilizadas.

3.2.1.8. Sistemas de sonido para conciertos al aire libre:

Se necesita una cantidad de potencia de audio enorme para reforzar los sonidos de los conjuntos de " rock and roll " y de solistas que ejecuten sus números al aire libre ante el público numeroso. Se requiere una gran potencia de audio porque no existe paredes para reflejar el sonido hacia los oyentes (y también porque la gran intensidad del sonido es uno de los principales atractivos de la música de rock an roll). La cantidad necesaria de potencia de audio puede obtenerse gracias a un nú-

mero de amplificadores de alta potencia. Se usan más las bocinas que tienen forma de cono y no las bocinas de cuerno rentrante (aunque son mucho más eficientes), con objeto de obtener una respuesta de frecuencia adecuada. Algunos ingenieros de sonido están construyendo sus propios cuernos de fibra de vidrio, de dimensiones gigantescas, atraídas por bocinas de forma de cuerno que pueden usarse en los sitios en que se necesiten niveles de sonido bastante alto sobre grandes superficies.

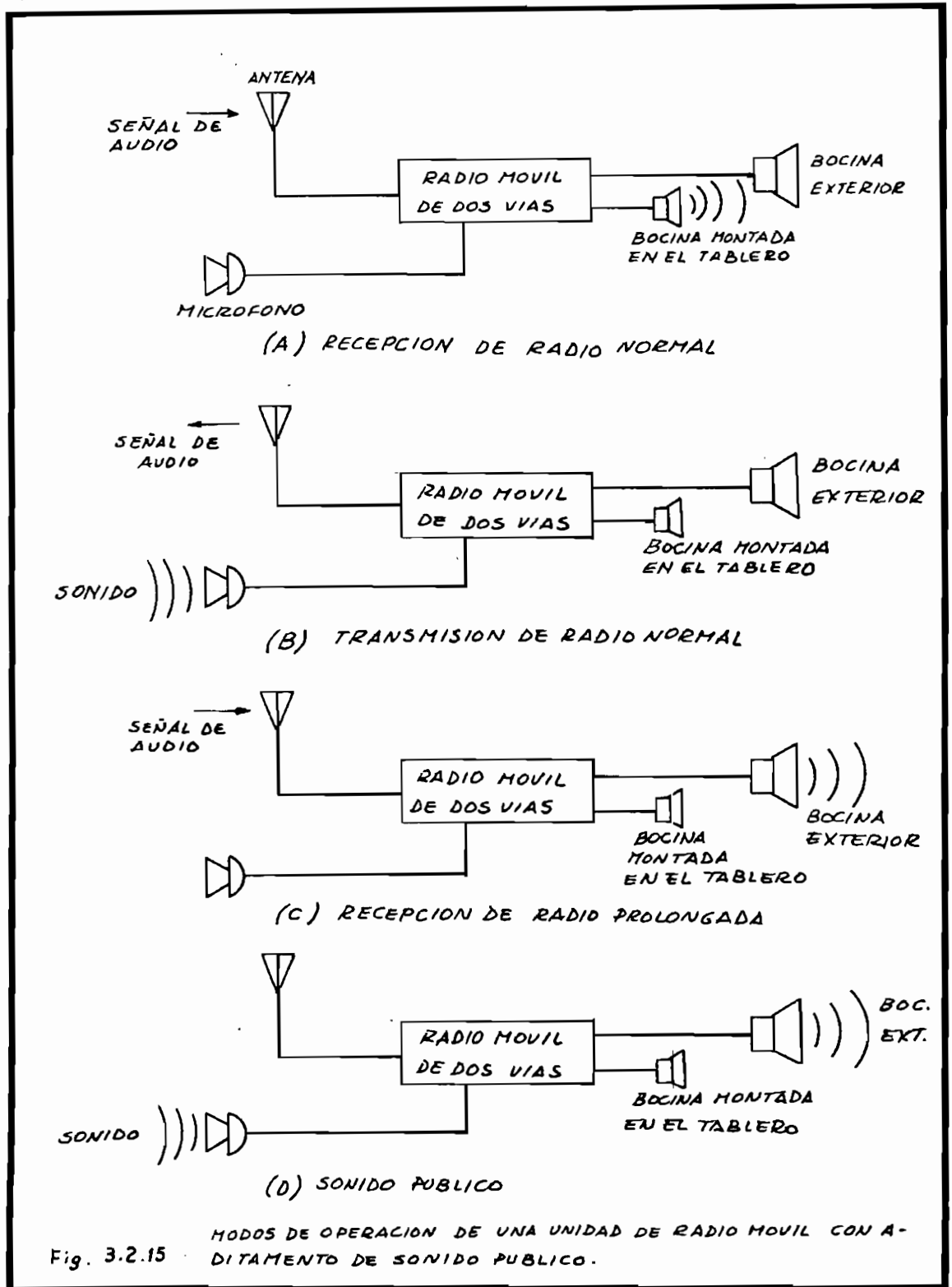
3.2.1.9. Sistemas de sonido móviles:

Los sistemas de sonido para uso público se usan ampliamente en automóviles y camiones para fines de propaganda mercantil y política. También los emplean las organizaciones policíacas para dirigir el tránsito y para el control de las multitudes. Los primeros sistemas de sonido móviles a base de bulbos, consumían cantidades considerables de corriente de baterías y su eficiencia era muy baja. La batería del vehículo enviaba energía directamente sólo a los calentadores de los bulbos del amplificador. El voltaje de placas se suministraba a través de un dinamotor (combinación de motor y generador de CD) o de una fuente de poder de tipo de vibrador. Los amplificadores actuales de estado sólido funcionan alimentándose directamente de la batería del vehículo y son muy eficientes en términos de los watts de salida con respecto a la corriente de la batería.

Algunas unidades de radio móviles de dos canales tienen un sistema de sonido público incorporado. Además de la bocina montada en el tablero empleada para recepción de radio, se usa también una bocina exterior. Esta bocina puede usarse para reproducir transmisiones radiofónicas y la voz de una persona en el vehículo. Esta bocina exterior también puede usarse como el transductor para una sirena electrónica. La figura que viene a continuación, muestra los diversos modos de operación de una unidad de radio móvil que cuente con medios para sonido público incorporados.

La capacidad de potencia de salida de la sección amplificadora de audio de una unidad de radio móvil va desde 3 watts. Esto es muchas veces bastante suficiente para excitar una bocina externa sencilla. Cuando se necesitan dos o más bocinas, puede agregarse un amplificador de audio para incrementar, pero su entrada debe quedar conectada al enchufe de la bocina exterior para sonido público de la unidad de radio móvil, tal como se verá después de la Fig. 3.2.15.

Aunque se acostumbra usar el micrófono de la unidad de radio móvil como micrófono para servicio de sonido público, puede emplearse uno inalámbrico o walkie-talkie (cuando lo permitan los reglamentos) en calidad de micrófono portátil, en el exterior del vehículo. Las señales de radio emitidas por el



micrófono inalámbrico o walkie-talkie, son interceptadas por la unidad móvil y convertidas en señales de audio para excitar las bocinas exteriores.

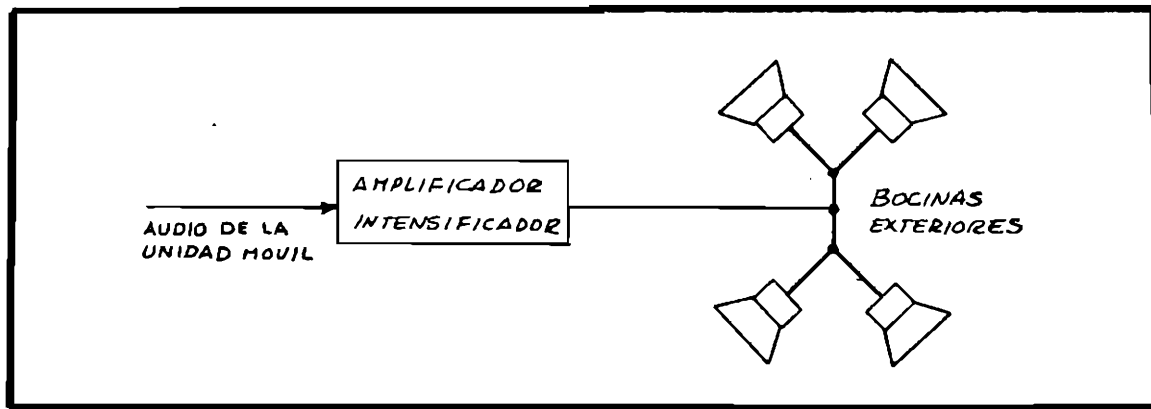


Fig. 3.2.16 AMPLIFICADOR INTENSIFICADOR CON UNIDAD DE RADIO MOVIL

No se necesita una licencia para esta operación móvil de sonido público cuando se emplea un micrófono inalámbrico de tipo aprobado para transmitir a un radio fm de auto de 88 a 108 MHz la banda de difusión que alimente la salida de audio al sistema de bocinas externas. Tampoco se necesita una licencia cuando se usa un walkie-talkie de banda de 26.96 hasta 27.26 MHz (que funcione a menos de 100 mW de entrada) para transmitir a un receptor de banda civil que, a su vez, excite el sistema de bocinas.

Sin embargo, si se necesita una licencia, para estación, cuando se usa un walkie-talkie en una frecuencia asignada a otro y diferente a la frecuencia disponible para la operación sin licencia. Se trata de evitar que haya interferencias con otras transmisiones de radio. Dicha utilización es legal, ordinaria-

mente, durante situaciones en las que imperen condiciones de emergencia, tal como prestar auxilio a víctimas de inundaciones, el control de multitudes, etcétera. Bajo ninguna circunstancia se permite que un canal de radio (destinado a las comunicaciones) se use para la transmisión de cualquier forma de material de diversión.

Los equipos móviles de sonido público se usan también a bordo de helicópteros, para combatir incendios y para fines de control de la delincuencia. Es obvio que se requieran amplificadores de alta potencia y bocinas de gran eficiencia.

3.2.1.10. Sistemas estéreo.

Es muy importante, al llegar a este punto, hacer algunas consideraciones sobre la forma y causas por las que nuestros órganos sensoriales perciben el efecto estereofónico. Hablamos de órganos sensoriales y no oído de una manera explícita porque, en general, también intervienen en la percepción de este efecto la vista y el conocimiento, dando origen a un proceso psicológico complejo que se traduce en la sensación de "relieve sonoro".

Considerando coordenadas polares y tomando como centro la posición del oyente, precisamos la distancia a que se halla el manantial sonoro y además su posición con respecto a los

planos horizontal y vertical que pasan por la cabeza del oyente.

Estas coordenadas quedan determinadas merced al efecto binauricular por:

1. Diferencia de tiempo en la llegada a los dos oídos.
2. Diferencia de intensidad con que es percibido el sonido por ambos oídos.
3. Diferencia de fase entre las ondas sonoras que alcanzan los oídos.

a) Estéreo de dos canales:

Los elementos esenciales que constituyen un amplificador estereofónico son: amplificadores de control, amplificadores de potencia y altavoces. Existen muchas formas de combinar estos elementos y vamos a considerar las más importantes.

En la Fig. 3.2.17 representamos el sistema estereofónico formado por elementos totalmente independientes. En él vemos que es preciso agregar un nuevo componente: el adaptador estereofónico que debe coordinar la acción de los dos canales monofásicos.

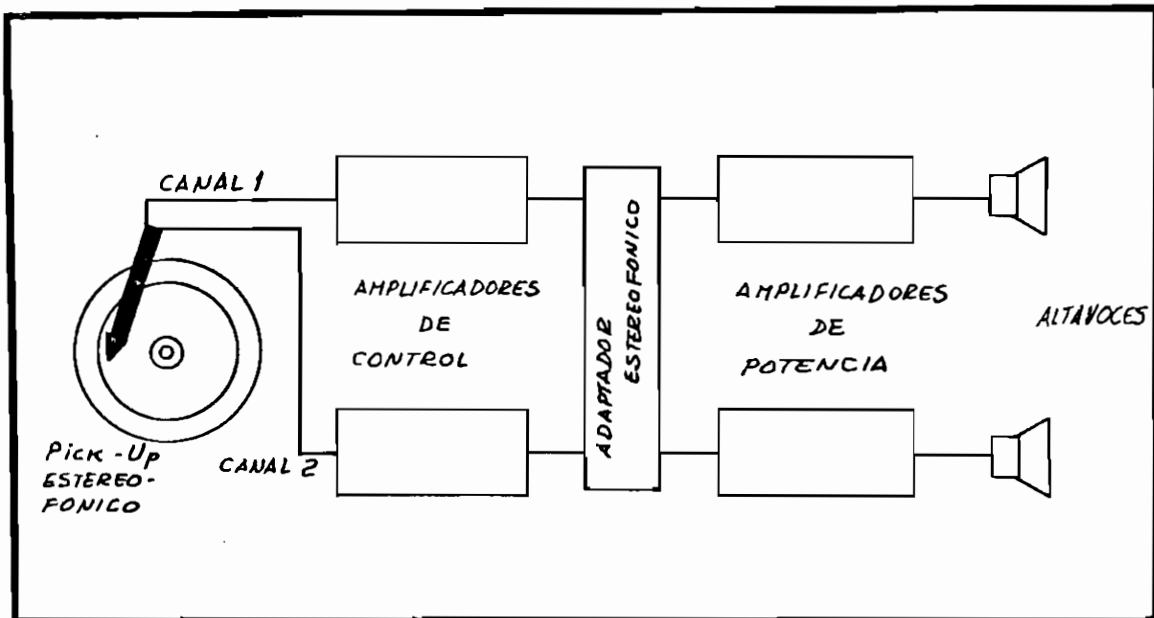


Fig. 3.2.17 SISTEMA ESTEREOFONICO CON COMPONENTES INDEPENDIENTES.

En general, la experiencia demuestra que los sistemas formados por componentes independientes son de calidad superior a aquellos de los que haremos mención a continuación, en que los distintos elementos se agrupan en diversas formas en unidades combinadas. Aunque a primera vista parece que la calidad de los elementos constitutivos podía ser la misma, fuesen independientes o integrados en las citadas unidades combinadas, la realidad es que, al constituir éstas, el fabricante debe resolver problemas de espacio, distribución, cableado, etc., que en muchos casos le obligan a sacrificar ligeramente la calidad del componente a fin de obtener economía en el conjunto.

En las Figs. 3.2.18 y 3.2.19, y en la 3.2.20 se representan posibles distribuciones conseguidas a base de elementos

combinados, formando el sistema cada vez con menos unidades. En el caso correspondiente a la Fig. 3.2.20, el amplificador estéreo está formado por una sola unidad. Este último resulta más económico y menos voluminoso, ventajas dignas de ser tenidas en cuenta. Además, el cableado es más reducido por la proximidad de los elementos constitutivos.

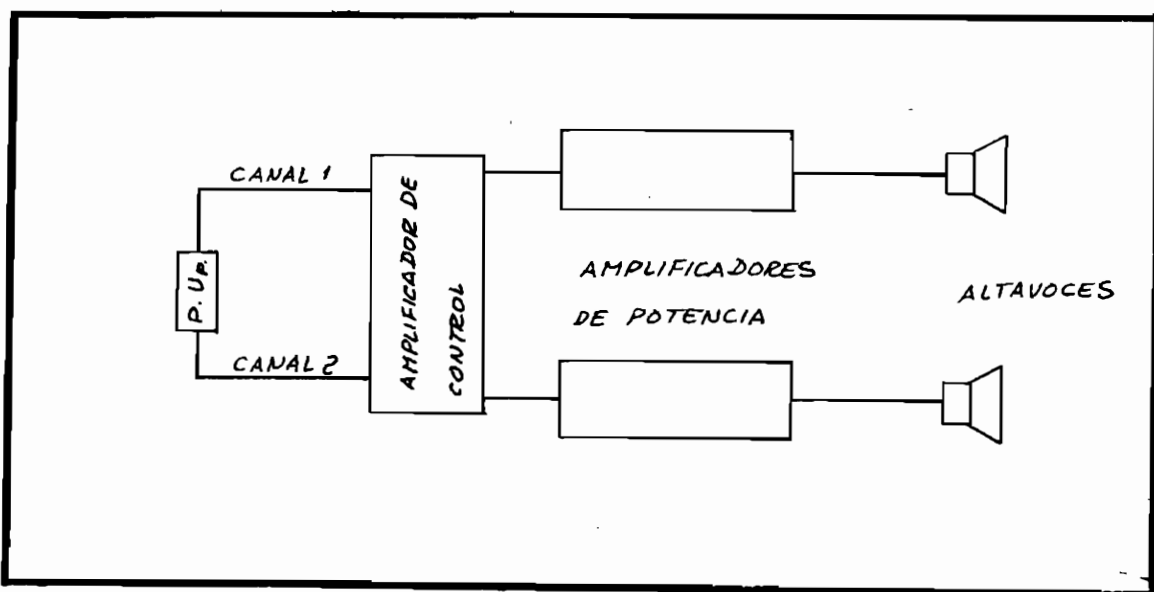


Fig.3.2.18 Sistema estéreo con amplificadores independientes para cada canal, pero con una sola unidad de amplificador de control estéreo.

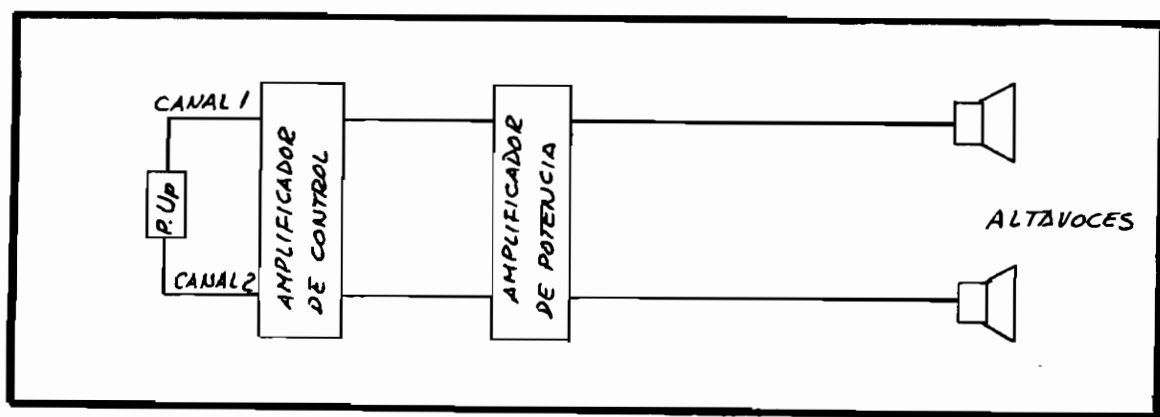


Fig.3.2.19 Sistema con un sólo amplificador de control y uno sólo de Potencia estéreo.

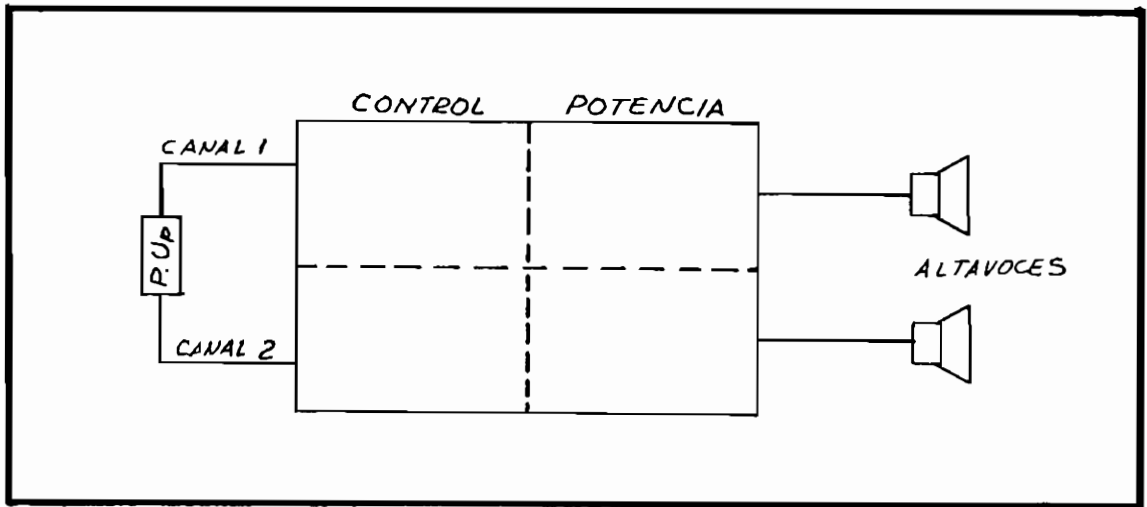


Fig. 3.2.20 Amplificador estereofónico constituido por una sólo unidad.

Desde el punto de vista de manejo, resulta más sencillo que el sistema de unidades independientes por tener todos los elementos de control en un mismo mueble; además, el consumo de energía es menor que el correspondiente a un sistema formado por componentes análogos independientes.

No todo son ventajas en el sistema integrado de una sólo unidad. Citemos entre sus principales inconvenientes el que el fallo de uno de sus elementos lo deja fuera de servicio, mientras que si fueran independientes podría seguir actuando el sistema en monofonía.

Es evidente que el construir un sólo bloque con todos los componentes ha de restar flexibilidad al sistema.

Es necesario mencionar la posibilidad de integrar los altavoces junto con los restantes elementos. Aunque se han desarrollado en la actualidad sistemas que incorporan los dos altavoces en un mismo mueble los resultados obtenidos con ellos, aunque satisfactorios, no alcanzan a los que se pueden conseguir con altavoces espaciados, dispuestos en las posiciones más adecuadas dentro de una misma habitación. El altavoz es un elemento esencial en la cadena sonora y es muy importante que el mueble en el que se ha de colocar haya sido diseñado especialmente para dicho altavoz, de acuerdo con sus características mecánicas y eléctricas.

Resumiendo lo anterior diremos que hoy día podemos agrupar los sistemas estereofónicos de dos canales en los tres grupos siguientes:

1. Sistemas estereofónicos simplificados a base de elementos reducidos, montados en equipos portátiles, que incluso pueden comprender un fonocaptor doble con una sólo cadena sonora y una toma para elemento exterior. Estos sistemas son muy económicos.

2. Sistemas estereofónicos completos con dos cadenas sonoras, integrales, montados en grupos portátiles que contienen todos los elementos de amplificación, con altavoces separados,

que pueden situarse a distancia y en posición conveniente. Con estos sistemas se consiguen resultados muy satisfactorios y su costo resulta relativamente bajo.

3. Sistemas estereofónicos de alta calidad, bien sea contenidos en muebles o constituidos por elementos separados. Estos sistemas proporcionan reproducciones excepcionales, pero su costo resulta elevado.

b) Estéreo de cuatro canales:

Cuando se precisa un sonido más "real" debe recomendarse el sistema cuorafónico.

Es preciso anotar que el sonido en un recinto cerrado (como un teatro de conciertos) llega hasta el oyente no solamente desde el frente del lóbulo de radiación de los parlantes, sino que el sonido escuchado es una resultante de la entrega directa del parlante y de las ondas reflejadas y reverberadas en las paredes, piso y techo. Este sonido reflejado es lo que determina el comportamiento acústico de una habitación o sala; después de hacer un recorrido más largo que el sonido directo, el sonido reflejado llega hasta el oyente una fracción de segundo más tarde. Cuando esta demora es más larga, dará la impresión de un eco; si es pequeña, simplemente ayudará a armonizar los

instrumentos, impartiendo una sensación de presencia. Esta presencia es creada ya en principio por el sistema estéreo de cuatro canales.

Para un mejor tratamiento de estos sistemas, es conveniente pensar en una clasificación de los mismos.

El estéreo de cuatro canales añade dos canales a los que forman el estéreo simple. Normalmente se colocan dos parlantes delante y dos detrás del sitio de la audiencia.

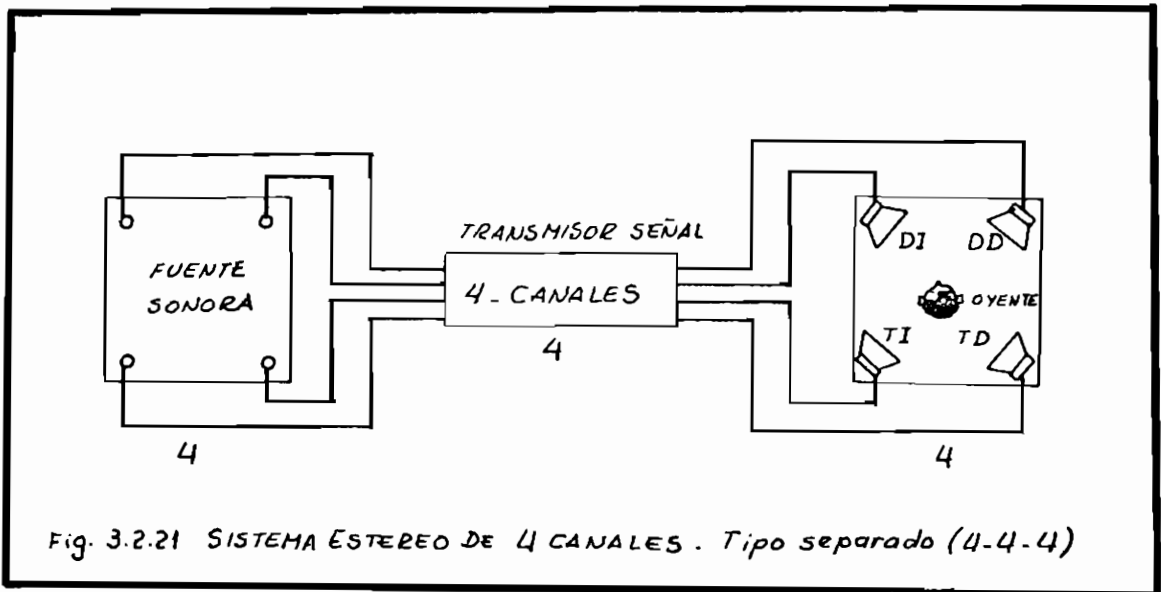
Existen, entonces, sistemas separados y sistemas matriciales.

1. Tipo separado:

Cada uno de los cuatro canales está completamente separado desde la fuente sonora hasta los parlantes. Esto significa que no hay problema de mezcla o de separación de las señales.

Fig. 3.2.21.

En el sistema separado pueden, generalmente, usarse cintas de carrete abierto de cuatro pistas y cartuchos de ocho pistas así como discos cuadrafónicos CD.



a) Cintas: es posible grabar y tocar con cintas de carrete abierto o de cartucho. Para esto, sin embargo, se requiere una grabadora con capacidad de cuatro pistas. Esto significa tocar o grabar las cuatro pistas al mismo tiempo, lo cual es diferente del "estéreo de cuatro pistas" de tipo convencional que usa sólo dos pistas al mismo tiempo.

b) Discos de tipo separado: A este tipo de sistema se le llama CD - d . . Usa un alcance de frecuencia de 30 Hz a 45.000 Hz, con la zona de 30 a 15.000 Hz reservada para las señales del canal principal (canal 1 + canal 2 y canal 3 + canal 4). Esta zona es similar a la usada en el estéreo convencional.

Existen además, juegos especiales de señales, compuestos por $C_1 - C_2$ y $C_3 - C_4$, que se alimentan en la sub-zona (20.000 a 40.000 Hz). Esta zona no puede ser escuchada por el oído humano, por lo que un demodulador debe usarse para traer el resto de estas dos señales substraídas al campo auditivo con el fin de tener la reproducción completa de sonido de cuatro canales. Esta operación es similar a la efectuada durante la demodulación del sistema FM estéreo.

Entonces, para la grabación y reproducción del sonido en cuatro canales, se necesitan, un cartucho con capacidad de acción de 20-45.000 Hz y un demodulador. Este sistema además, puede aceptar discos ordinarios estéreo de dos canales.

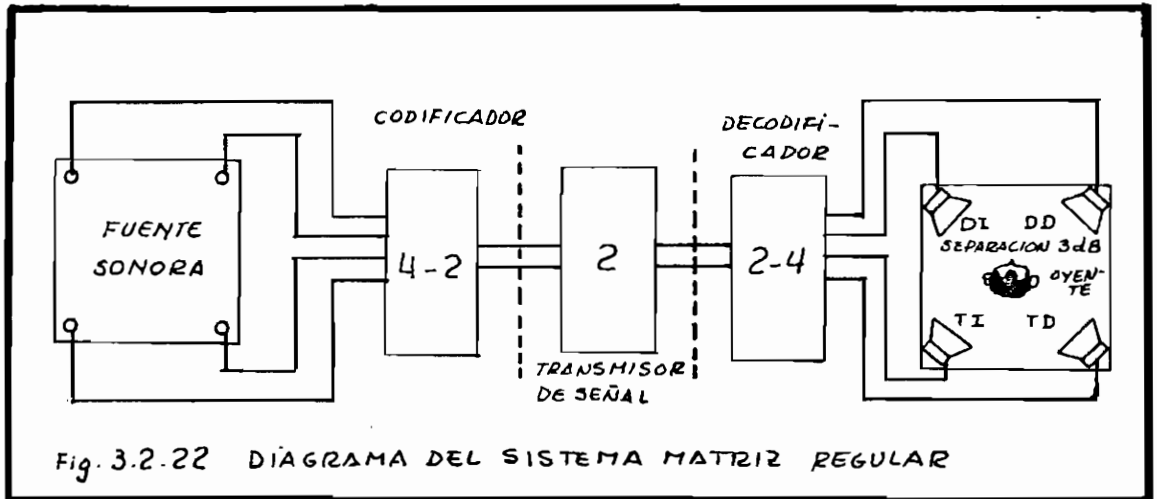
c) Tipo separado FM: Este sistema no está estandarizado aún, sin embargo, hay muchas soluciones en la etapa experimental. Una de estas soluciones usa dos emisoras diferentes. No existen aún emisoras de 4 c-anales en una estación.

2. Tipo Matriz:

Por las razones anteriores, se han desarrollado sistemas del tipo Matriz. Esto significa que las cuatro fuentes sonoras originales son canalizadas a través de las rutas de los dos canales y luego reproducidas como cuatro canales otra vez.

Existen dos tipos de sistemas matriciales: el tipo regular y el de matriz SQ.

a) Matriz regular: La matriz regular funciona por medio de la combinación y la substracción de señales para mezclar los cuatro canales en dos durante la etapa de codificación, después los separa en cuatro durante la decodificación. Este proceso se puede ver en el diagrama de la Fig. 3.2.22.



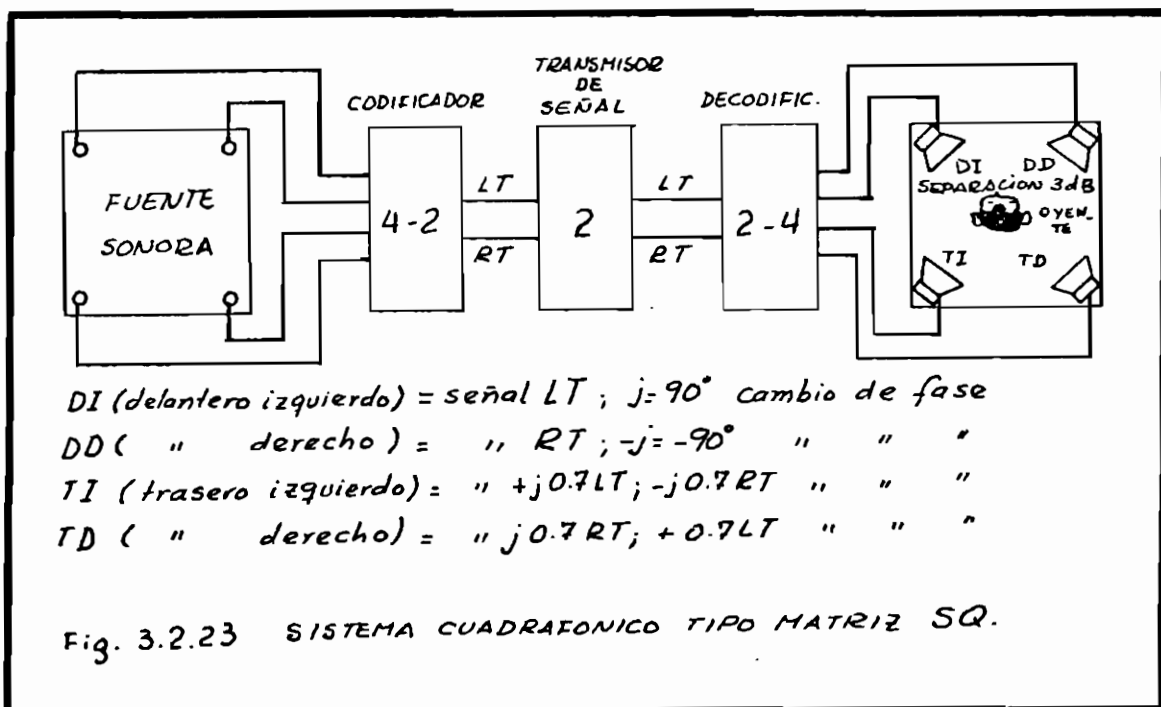
La separación de los canales es sin embargo, únicamente de 3 dB, comparado con aproximadamente 20 dB de los sistemas separados, de donde la estabilidad y claridad de los canales es a menudo inferior. Los beneficios de este sistema son: economía, compatibilidad con los sistemas estereofónicos existentes y facilidad de operación.

b) Matriz SQ: Este sistema de matriz de 4 canales es

incompatible con cualquier otro sistema de matriz, siendo su proceso de codificación / decodificación completamente distinto. Es decir, que se requiere un decodificador SQ para reproducir los programas de matriz SQ.

Como indica la Fig. 3.2.23, el codificador no mezcla las señales LT y RT, sino que las pasa tal como son a los altoparlantes delantero izquierdo y delantero derecho. Pero mezcla las señales LT y RT para los dos altoparlantes traseros. La diferencia entre matriz SQ y matriz regular es muy importante, cuando se tiene en cuenta las características de diafonía.

Por ejemplo, cuando sólo existe un canal delantero izquierdo, se apreciará una diafonía de 3 dB en los canales izquierdo y derecho traseros.



3.2.2. Dispositivos de entrada.

3.2.2.1 Micrófonos:

El micrófono es un transductor electroacústico que convierte la energía acústica en energía eléctrica. Los principios fundamentales de los micrófonos disponibles ordinariamente, no han cambiado durante este siglo. Sin embargo, se han realizado perfeccionamientos considerables, principalmente en la última década, con respecto al tamaño y al peso. Los micrófonos originales de condensador (electrostáticos) eran de una capacidad de calidad de audio sorprendentemente alta y encontraron una aceptación magnífica, no obstante el hecho de que su precio era elevado. Sin embargo, presentaban problemas de mantenimiento causados por la humedad y el maltrato físico de que se les hacía objeto. Más recientemente, desde la introducción de los preamplificadores más compactos y de nuevas técnicas de proyección, ha vuelto a surgir el micrófono de condensador como un transductor electroacústico de primerísima calidad.

El micrófono de cristal y el de cerámica son generadores eléctricos. Estos producen energía eléctrica cuando las ondas sonoras originan un esfuerzo físico. El cristal posee propiedades piezo eléctricas y origina un voltaje eléctrico débil cuando se le somete a un esfuerzo. El micrófono de cristal es liviau

no, poco costoso y su respuesta de frecuencia es aceptable. Algunos están proyectados para responder al sonido de la voz; el tipo de celda de sonido cuenta con excelentes características de alta fidelidad. Es un dispositivo de alta impedancia y, por consiguiente, la longitud del cordón del micrófono queda limitada, a menos que se usen transformadores de líneas. Cuando se usa un micrófono a una distancia considerable del amplificador principal, se recomienda el uso de un preamplificador. Cuando se utiliza un micrófono de cristal es esencial que no se recargue su salida con una resistencia cuyo valor sea demasiado bajo. Por ejemplo, si se deriva un resistor de 100.000 ohms a través de la salida de un micrófono de cristal, se desplomará abruptamente la respuesta de baja frecuencia. Siempre deberá terminarse a una impedancia mínima de un megaohm. También deberá protegerse al micrófono de cristal contra los efectos del calor. Se afecta la respuesta de frecuencia y el cristal mismo puede resultar dañado si se deja el micrófono durante un tiempo demasiado prolongado expuesto al calor de la luz solar.

Los micrófonos de cerámica son parecidos a los de cristal y se les puede usar indistintamente. El micrófono de cerámica puede resistir humedades y temperaturas más altas que el micrófono de cristal, gracias a su construcción a base de titanato de bario y de cerámica.

Los micrófonos magnéticos, de cinta y dinámico, funcionan sobre principios magnéticos, pero difieren en construcción. El micrófono magnético es parecido a un receptor telefónico. De hecho, es posible usar un receptor telefónico como un micrófono magnético. Consiste en un polo magnético; dicha pieza cuenta con sus devanados asociados y un diafragma. El movimiento del diafragma adyacente a las piezas del polo causa un cambio en el flujo magnético, lo cual produce la generación de una corriente eléctrica. El micrófono magnético es, por consiguiente, lo mismo que el micrófono de cristal, como un generador eléctrico activado por el sonido.

El micrófono de cinta, o de velocidad, se encontró entre los primeros de alta fidelidad. Utiliza una tira metálica delgada suspendida en un campo magnético. La deformación que sufre la cinta por el efecto de las ondas sonoras hace que el micrófono genere un voltaje eléctrico. Su uso está difundido ampliamente en la radiodifusión y en otros usos como en interiores. En exteriores se usa micrófonos modificados especialmente que son bastante insensibles al efecto del viento.

El micrófono de carbón es sencillo y su fabricación es barata. El movimiento de un diafragma hace que varíe la presión contra los gránulos de carbón y que de esta manera se origine un cambio en la resistencia eléctrica en la masa de los gránulos

de carbón. Este micrófono no genera un voltaje eléctrico, sino modula una corriente eléctrica que ya fluye a través de él. Por lo tanto, es un micrófono de resistencia variable. La salida del micrófono de carbón es más alta que la de cualquier otro micrófono de tipo comercial. Desgraciadamente, su respuesta de frecuencia no es tan buena como la de otros tipos e introduce ruidos y silbidos a causa de la acción de la corriente eléctrica que fluye a través de las partículas de carbón sueltas, se le usa ampliamente en sistemas de sonido portátiles y móviles, así como en las comunicaciones de radio. El micrófono de carbón es un dispositivo de baja impedancia y necesita energía eléctrica para su excitación, tal como se ilustra en forma esquemática en la figura siguiente.

La construcción de un micrófono dinámico es parecida a la de una bocina dinámica. Tiene un diafragma, en vez de un cono, que está fijado a un carrete móvil suspendido en un campo magnético. A medida que el diafragma es flexionado por el sonido, se mueve la bobina dentro del campo magnético y hace que el micrófono genere una corriente eléctrica.

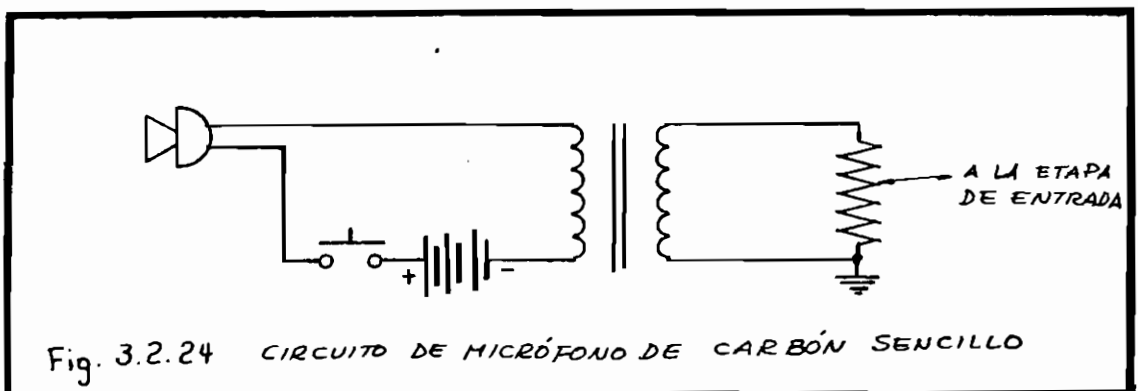


Fig. 3.2.24 CIRCUITO DE MICRÓFONO DE CARBÓN SENCILLO

Mientras los micrófonos de cristal, cerámica y de condensador, son dispositivos de alta impedancia, los micrófonos de carbón, cinta, magnéticos y dinámicos son dispositivos clasificados en la categoría de baja impedancia. Las impedancias de los micrófonos de cristal, cerámica y de condensador, se valoran nominalmente en megohms, mientras que el grupo de micrófonos magnéticos se valoran ordinariamente en la escala de los 30 a 50 ohms. En los casos en que se alimenta un micrófono de baja impedancia a un circuito de alta impedancia, se incluye un transformador igualador, ya sea en el ensamblaje del micrófono o en calidad de accesorio externo. Muchos micrófonos dinámicos tienen un transformador que está incorporado y un interruptor que permite obtener salidas del micrófonos de 30 a 50 ohms, 200 a 250 ohms. de 40.000 ohms o más. La impedancia de salida normal aceptada para los transformadores de micrófonos para la radio difusión es de 150 ohms. El nivel de salida de los micrófonos de cristal, cerámica, condensador, dinámico y de cinta, es extremadamente bajo en comparación con el del micrófono de carbón. En la Fig. 3.2.25 se ofrecen varios esquemas de circuitos de micrófonos.

Cuando se usa la categoría magnética del micrófono en la proximidad inmediata al amplificador, puede conectarse a tierra un lado de la línea del micrófono y el circuito puede encontrarse a alta impedancia. Sin embargo, cuando es necesario separar

un micrófono y su amplificador asociado por una distancia próxima a los 17 metros, o más, es mejor que se use la salida del micrófono a baja impedancia, ya sea de 30 a 50 ohms o 125 a 250 ohms, llevando la línea como línea balanceada. Una línea balanceada es una línea en la que ninguno de los extremos de la misma está conectada a tierra. La línea puede estar conectada a tierra en un centro eléctrico, a la toma central de un transformador, si así se desea. Esto disminuye la captación de zumbido y ruido en la línea misma del micrófono. La Fig. 3.2.25-A muestra un ejemplo de una línea balanceada y en la B se ilustra una línea de micrófono no balanceada.

Si se emplean micrófonos de condensador es indispensable usar un preamplificador en el micrófono mismo. Los preamplificadores de estado sólido modernos, que toman su energía de pequeñas celdas de mercurio, pueden ser insertados en la base del micrófono, sin que se añada mucho al peso del aparato. La impedancia de salida del preamplificador de un micrófono de condensador es, ordinariamente, de 125 a 250 ohms, o de 500 a 600 ohms.

Los micrófonos de cristal y de cerámica se usan, generalmente, cerca del sitio en donde se encuentra el amplificador. Cuando se usan a distancias superiores a los 17 metros es aconsejable usar un preamplificador y alimentar éste al amplifica-

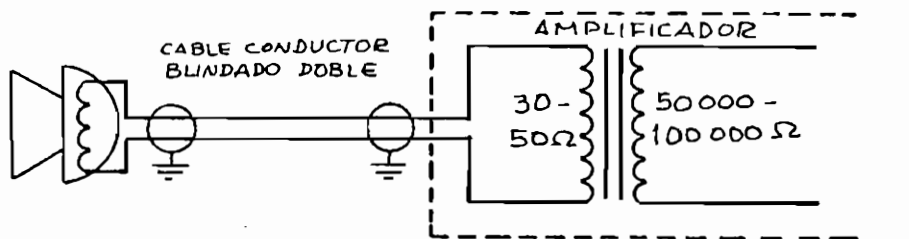
dor principal, a baja impedancia. Debe tenerse cuidado al cortar los alambres para micrófonos que se usen con micrófonos de cristal y de cerámica, para tener la certeza de que toda la línea esté forrada o blindada. En un sitio de corte deberá colocarse la protección trenzada sobre el aislamiento recién puesto que cubre el corte del conductor interior, de tal manera que no existan fugas eléctricas en el blindaje, pues podrían captarse zumbidos y ruidos a través de estos sitios. Existen en el mercado dispositivos de corte de tipo de conector que protegen automáticamente.

En muchos casos podrá ser preferible utilizar micrófonos direccionales, como el de tipo cardioide. Algunos cuentan con ajustes que permiten la modificación del patrón de captación y existen otros baffles desmontables que alternan las características de captación. Existen muchos micrófonos con enchufes de desconexión rápida situados en la base del micrófono que permiten que el cambio del ensamblaje del micrófono sea fácil, para darle servicio.

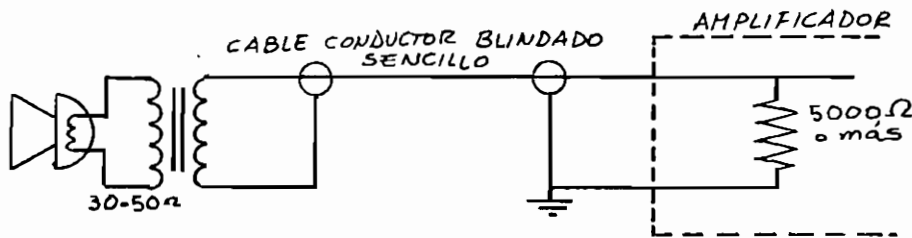
El nivel de salida de los micrófonos de cristal, cerámica, cinta y dinámicos, es muy bajo; éste varía entre -50 y -85 dB a menos de 1 volt. Mientras el nivel de salida del micrófono de condensador es extremadamente bajo, siempre se le usa con un preamplificador para elevar la señal hasta el nivel próxi

mo a los -50 dBm. La salida de un micrófono se tasa en voltaje, potencia o en términos de salida efectiva, en dB. Los micrófonos de tipo de cristal se tasan nominalmente en dB abajo de 1 volt, mientras que el valor nominal de los micrófonos dinámicos puede tasarse en dBm, con un miliwatt como referencia.

Puede afirmarse, en general, que los micrófonos cuya respuesta de frecuencia es extremadamente amplia, tiene niveles de salida más bajos, mientras que los micrófonos proyectados principalmente con una banda de frecuencias angosta, tiene salidas más altas.

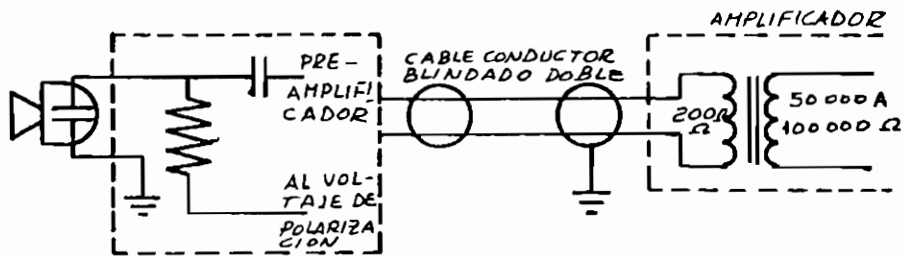


(A) MICROFONO DINAMICO DE BAJA IMPEDANCIA

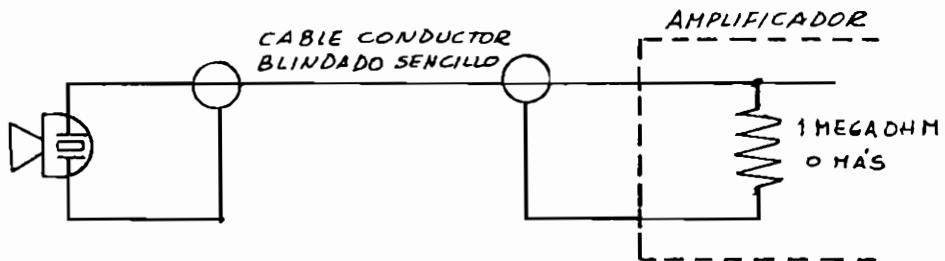


(B) MICROFONO DINAMICO O DE CINTA, DE ALTA IMPEDANCIA.

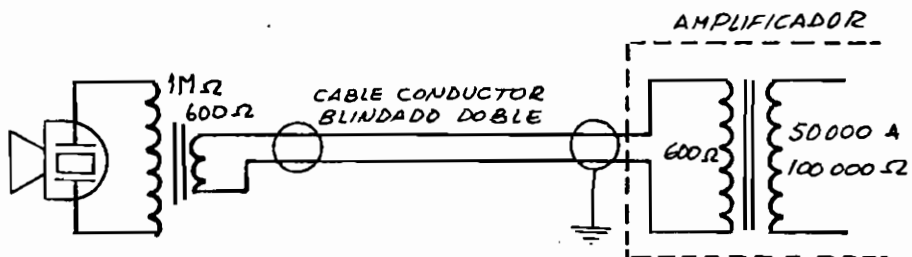
Fig. 3.2.25 (parte 1) DIVERSOS CIRCUITOS DE MICRÓFONOS



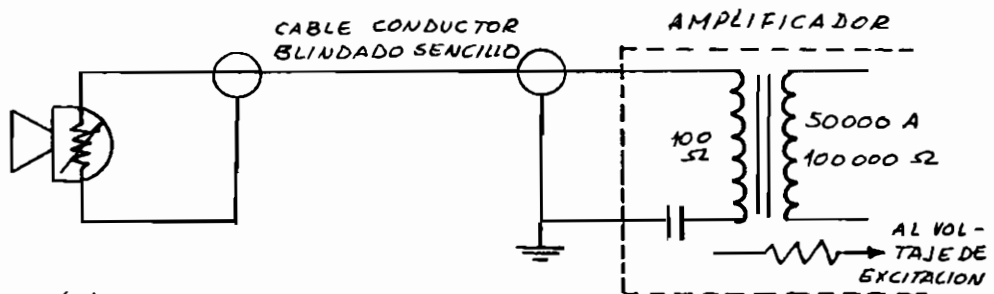
(C) MICROFONO DE CAPACITOR



(D) MICROFONO DE CRISTAL



(E) MICROFONO DE CRISTAL EQUIPADO CON ENTRADA DE BAJA IMPEDANCIA



(F) MICROFONO DE CARBON

Fig. 3.2.25 (parte 2) DIVERSOS CIRCUITOS DE MICROFONOS

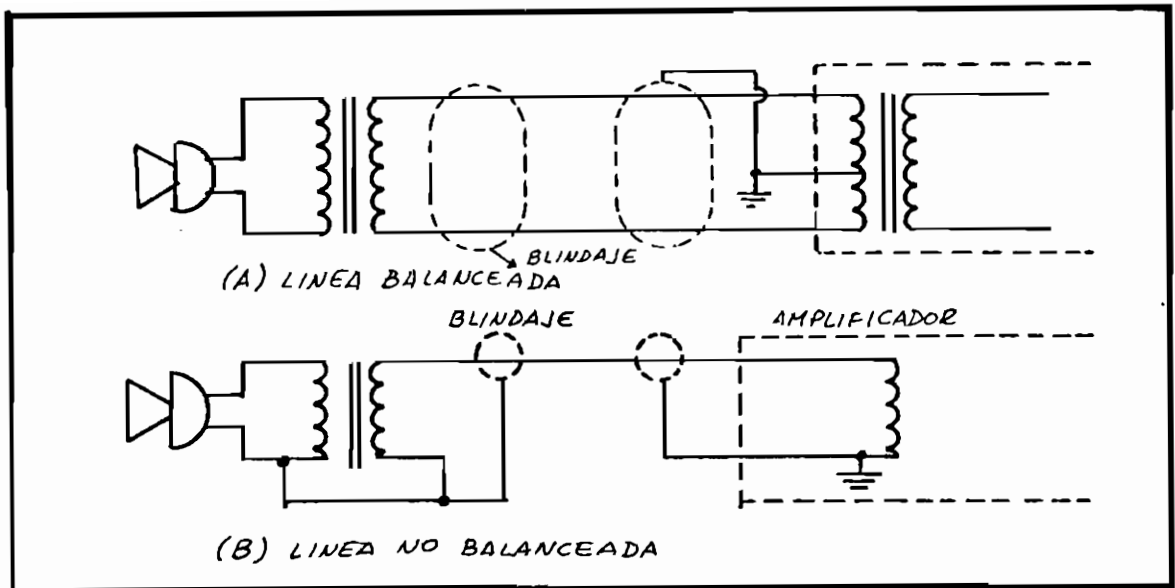
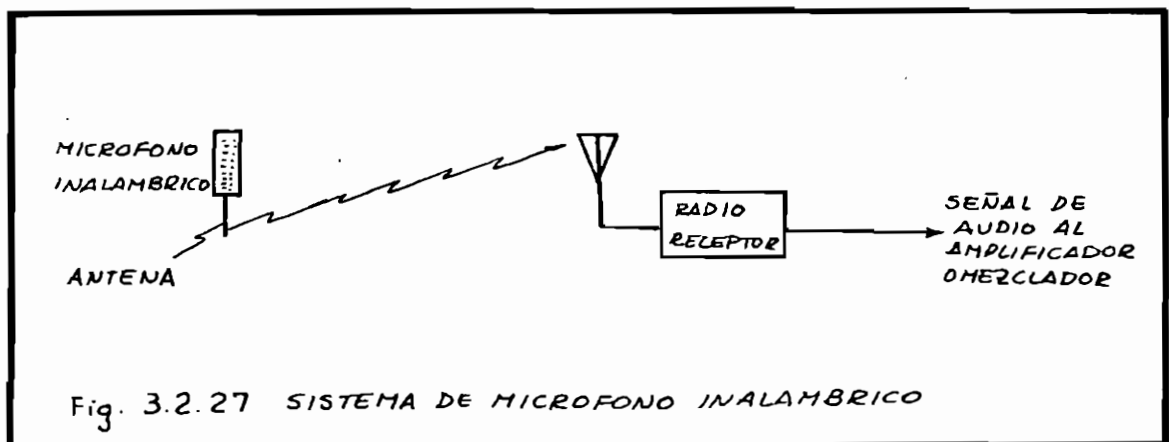


Fig. 3.2.26 LINEA BALANCEADA Y NO BALANCEADA

Los micrófonos inalámbricos se usaron en el pasado y ahora están en vías de desarrollo otros nuevos. Este tipo de micrófono no necesita la presencia de un cable entre el micrófono y el amplificador. En el interior del micrófono, o de su base, está incorporado un transmisor de radio pequeño. Puede ser un dispositivo exterior que porta la persona o se le puede colocar en la bolsa al usuario del micrófono. Aquí, una vez más, el mi-



crófono es parecido o idéntico a los que se usan en otras partes.

La salida del micrófono se utiliza para modular un transmisor de radio y es captado por el receptor en el sitio en donde se encuentre el amplificador, como se muestra en la pasada figura.

a) Patrones de captación de los micrófonos:

Por lo general son los micrófonos omnidireccionales o unidireccionales. Los micrófonos omnidireccionales captan indistintamente el sonido desde todas las direcciones. El patrón de captación de un micrófono unidireccional típico es el que se muestra en la Fig. 3.2.28. Obsérvese que la captación de sonido procedente del fondo queda reducida sustancialmente. Este se conoce como patrón cardioide debido a que su forma se parece a la de un corazón.

Los micrófonos omnidireccionales poseen ventajas tales como su construcción, por lo general, más resistente; su respuesta de frecuencia es mejor que la de los micrófonos direccionales; están ausentes los "saltos" de respiración que frecuentemente resultan del uso de un micrófono direccional. Sin embargo, el patrón de un micrófono direccional tiende a aumentar la distancia de trabajo entre la fuente del sonido y el micrófono y a reducir el ruido de fondo y la retroalimentación del sistema de sonido.

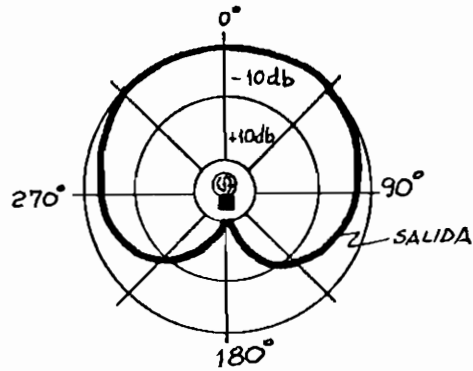


Fig. 3.2.28 PATRON POLAR DE
UN MICROFONO
UNIDIRECCIONAL

b) Valores nominales de los micrófonos:

El comprador de micrófonos o el proyectista de sistemas de sonido tienen que ocuparse de la respuesta de frecuencia y de la sensibilidad del micrófono.

La sensibilidad o nivel de salida de un micrófono, es el nivel de la potencia de audio eléctrica que sale del micrófono en presencia de un nivel de sonido determinado que penetra al mismo. La sensibilidad y el nivel de salida son, fundamentalmente, la misma medida, pero en escalas diferentes. El voltaje de salida del micrófono es aproximadamente proporcional a la presión ejercida por el sonido sobre el micrófono.

El umbral de sonido medio del oído humano se define como 0 dB spl (Sound- pressure level, o sea, nivel de sonido-presión) = 0.0002 dinas/centímetro cuadrado. Deberá recordarse que una dina por cm^2 = un microbar.

El nivel de salida del micrófono es el voltaje de salida, expresado en dB, siendo un volt = la presión de sonido de una dina por cm^2 o (74 dB spl). Por lo tanto, un nivel de salida de un micrófono, que sea igual a -80 dB indica que obtiene un nivel eléctrico de 80 dB abajo de un volt, suministrado por el micrófono, cuando se pronuncia hacia el micrófono una fuerza de sonido equivalente a una dina / cm^2 .

Algunos fabricantes indican en sus listas los niveles de salida a 10 dinas / cm^2 en vez de hacerlo a una dina / cm^2 . Un micrófono cuyo valor nominal es de -60 dB a 10 dinas / cm^2 tiene un nivel de salida de -80 dB a una dina / cm^2 . Adicionalmente ocurre una caída de 6 dB en el nivel de salida cuando el micrófono está terminado a su impedancia característica, en el amplificador.

c) Micrófonos para sistemas estereofónicos:

El método clásico consiste en usar un micrófono por canal para captar el sonido. En el caso de estéreo de dos cana-

les, se usan dos micrófonos, para una fuente sonora común, separados unos 20 cms. con el fin de simular la posición de los oídos humanos. Las características de captación y de frecuencia de los micrófonos utilizados deben estar acordes con la naturaleza del programa a registrar.

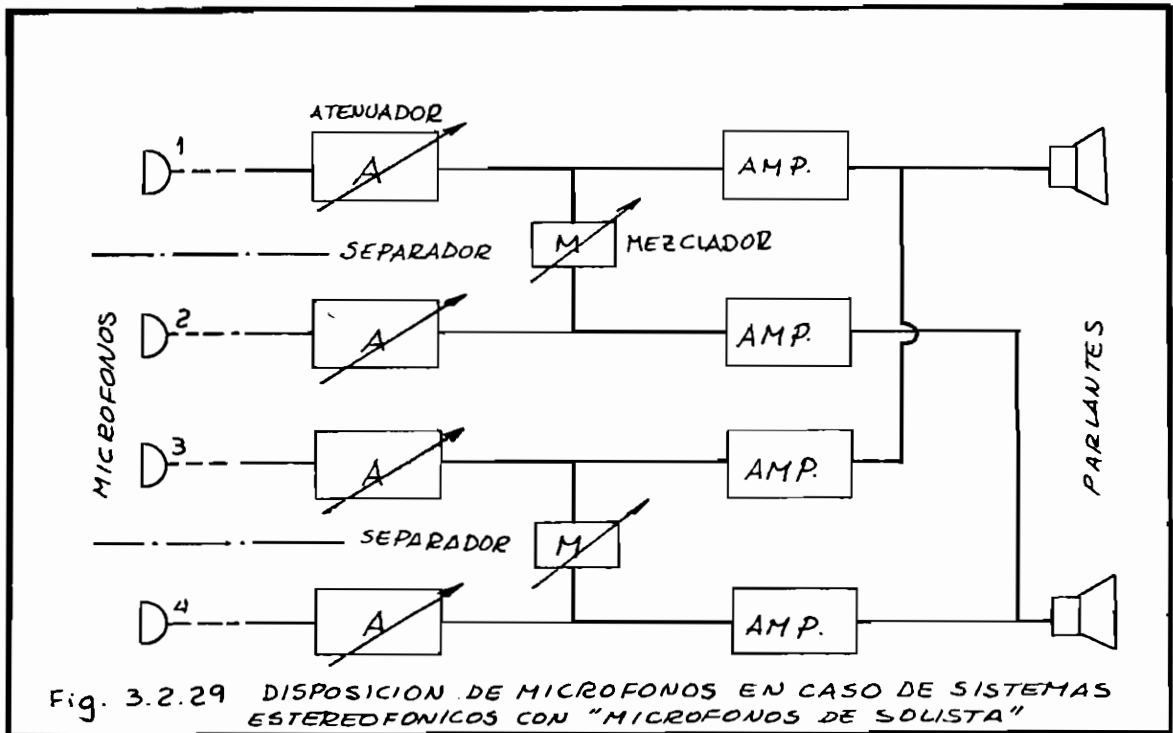
La experiencia ha demostrado que un micrófono de condensador tiene una característica de frecuencia lo suficientemente lineal y de anchura de banda adecuada para este fin. Desde luego tienen el inconveniente de proporcionar un nivel de salida extremadamente bajo, fácil de solucionar con un buen preamplificador de bajo ruido.

Se puede variar la separación de los micrófonos, ampliándose a unos 125 cm. e incluso más en algunos casos, de acuerdo con las dimensiones del manantial sonoro. Con ello se consigue recalcar el efecto de diferencias de tiempo, intensidad y fase entre las ondas sonoras que alcanzan ambos micrófonos. Desde luego, en este caso, la posición de escucha óptima es con parlantes cuya ubicación es función de la de los micrófonos y de la posición del oyente.

A veces, la extensión del manantial sonoro a las características especiales del programa a registrar harían que la separación de los micrófonos resultase excesiva para una captación

adecuada; ello obliga a utilizar en estos casos, uno o más micrófonos adicionales, que suelen denominarse "micrófonos de solistas", que se colocan en puntos especiales (por ejemplo, próximos a los solistas en el caso de una orquesta, de ahí su nombre) y sus salidas se mezclan en forma apropiada con las de los micrófonos principales, correspondientes a los canales estereofónicos.

El esquema de la Fig. 3.2.29 muestra la disposición clásica de un sistema estereofónico de registro, con "micrófonos de solista.



La señal de salida del (o de los) micrófonos, según hemos dicho, se mezcla con las de los canales estereofónicos, u-

tilizando atenuadores que se ajustan en forma conveniente. A fin de destacar la separación de los canales se colocan elementos apropiados, como pequeñas pantallas separadoras; que hacen, en cada pareja de micrófonos, el efecto de una "cabeza artificial".

Utilizando micrófonos con diagramas de captación en "forma de 8", puede conseguirse un registro basado en la diferencia de intensidad captada por los dos micrófonos. La colocación de éstos no difiere de lo dicho anteriormente, pero sí en que se consigue el efecto estereofónico por una distinta característica de los micrófonos.

Una técnica muy generalizada actualmente, es la denominada "Mid-Side" (MS o Lauridsen), que se basa en el empleo de micrófonos muy especiales, que contienen dos cápsulas totalmente idénticas y colocadas una sobre otra, siendo orientable una de ellas (generalmente la superior). Cada cápsula posee dos membranas sensibles a las variaciones de presión y puede utilizarse con dos características de captación diferentes, una de ellas en "forma de 8" y otra en cardioide.

La cápsula microfónica, en la mayoría de este tipo de micrófonos, incluye dos amplificadores acoplados por transformador, pudiendo actuar sin distorsión sensible en toda la banda

de frecuencias de los 40 Hz a los 15 KHz.

La utilización de la unidad se realiza en la siguiente forma. Uno de los micrófonos se orienta hacia el manantial sonoro y el otro, paralelo al mismo; aprovechando sus diferentes diagramas de captación, pueden conseguirse resultados muy superiores a los que se obtienen con otros micrófonos.

El colocar los dos micrófonos uno sobre otro en el sistema MS, tiene por finalidad no provocar ninguna diferencia en el tiempo de retransmisión, cuando el manantial sonoro se mueve en un plano horizontal.

Dadas las características de captación de sus dos elementos, las tensiones de salida de ambos micrófonos, para un sonido producido por un manantial sonoro que se mueve en círculo al rededor del elemento serán las representadas en la Fig. 3.2.30

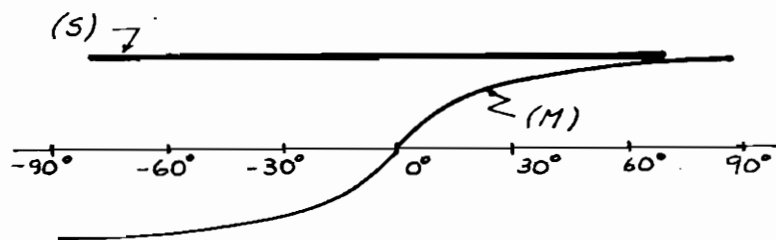
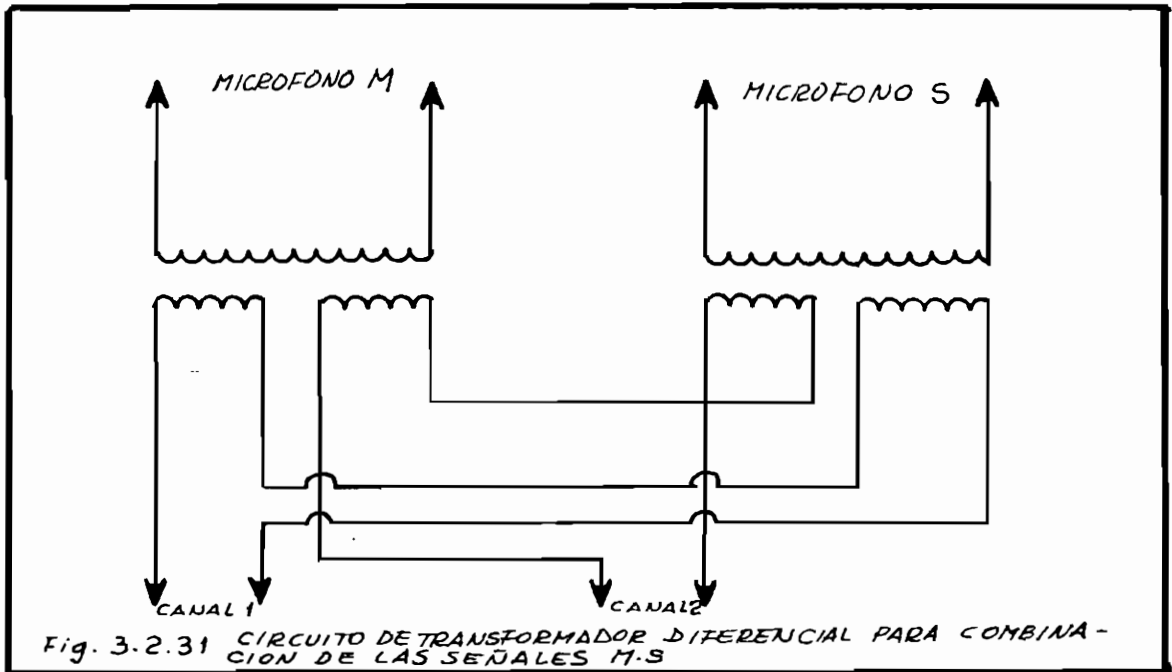


Fig. 3.2.30 TENSION DE SALIDA DE LOS DOS MICROFONOS MS DE UN ELEMENTO "MID-SIDE".

En ellas vemos una señal rectilínea que corresponde al micrófono de diagrama "en forma de 8" (al que se denomina micrófono S, "side" o lateral), mientras la otra señal es la que proviene del micrófono de diagrama en cardioide (llamado "M", mid o central).

La combinación de las dos señales, que provienen de ambos micrófonos, puede conseguirse utilizando transformadores. Para ello se usa un transformador diferencial que opera sobre la suma de ellas ($M + S$) o sobre la diferencia ($M - S$). El circuito empleado se representa en la Fig. 3.2.31.



Colocando sobre la salida de ambos canales, dos altavoces idénticos, se escuchará el manantial sonoro en un punto medio entre los dos reproductores, para la posición 0° , mientras que

para las posiciones extremas (-90° y $+90^{\circ}$), solamente reproducirá señal en el canal 1 o 2.

El inconveniente esencial de este micrófono es su elevado precio, al menos actualmente.

Otros elementos microfónicos dobles son del tipo electrodinámico y actúan en toda la banda de 80 Hz a 15 KHz, con un rendimiento del orden de los 25 microvoltios por microbario.

Existen, además, ensamblajes en soportes con brazos móviles en cuyos extremos están montados los micrófonos idénticos.

d) Las técnicas microfónicas en estereofonía:

En el punto c) se ha dado un vistazo general tanto a los diferentes tipos de micrófono utilizados en la estereofonía, como a las diversas formas de utilización de los mismos. En este punto se van a reunir y esquematizar estas diversas formas de empleo, según los diferentes sistemas en uso, que tienden a conseguir un registro de calidad óptima.

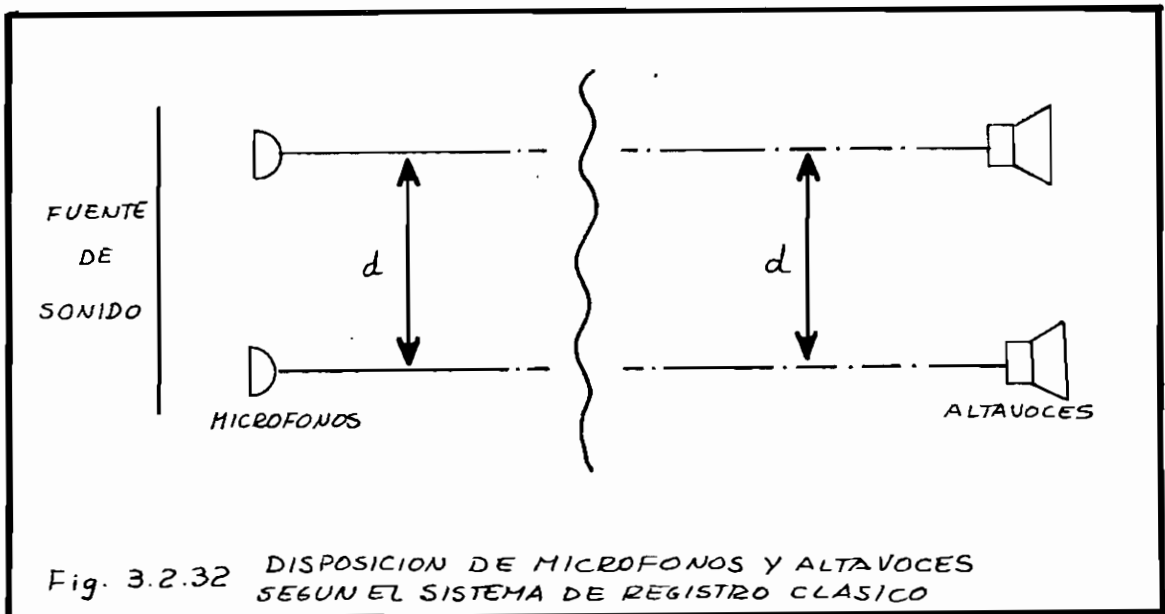
1. Técnica de diferencia de intensidades y de tiempos.

Ya se indicó que la "estereofonía con auriculares" fue

desplazada en parte con la necesidad de una mayor separación entre los micrófonos de registro. Esto dió origen a la denominada técnica microfónica de "intensidad - tiempo", ya que se caracteriza (debido a la gran separación de los micrófonos) por una diferencia, tanto en el tiempo en que llega el sonido a cada uno de ellos, como en la intensidad de dicho sonido captado por ambos.

Dentro de esta técnica, una primera forma de utilización fue la que se conoce con el apelativo de "registro clásico" en la que tanto los micrófonos como los parlantes se hallan distanciados igualmente (distancia variable de acuerdo con las características del manantial sonoro), según se muestra en la Fig.

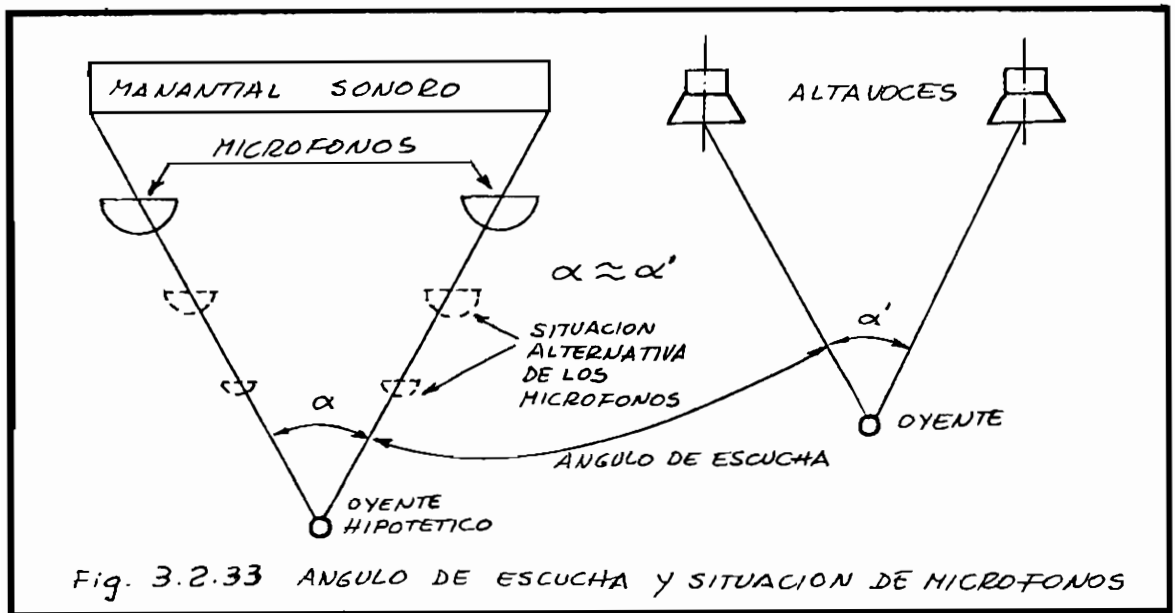
3.2.32



Este sistema presenta algunos inconvenientes importantes.

Debido a la diversidad de manantiales sonoros, la distancia entre micrófonos y altavoces debe variarse constantemente, lo cual, en cuanto a los últimos es prácticamente imposible, por lo que se ha llegado a una utilización del 50%, variando sólo la distancia entre micrófonos.

La posición óptima de los micrófonos se halla íntimamente ligada con la posición del oyente respecto a los altavoces, de acuerdo con el principio del "ángulo de escucha" expuesto en la Fig. 3.2.33



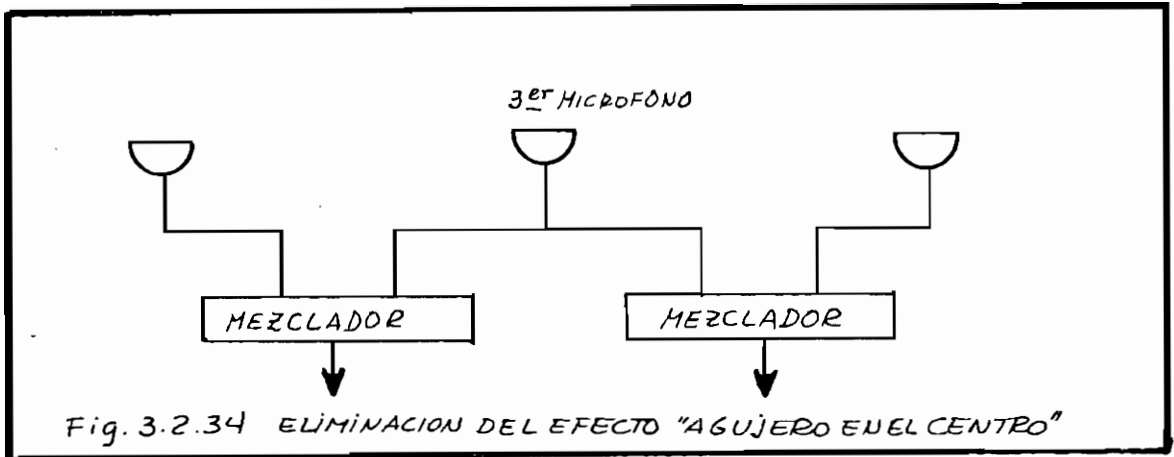
El valor óptimo del ángulo de escucha es de 30° a 45° .

El inconveniente de separar demasiado ambos micrófonos es la aparición de un efecto perturbador que se conoce con el nombre de "agujero en el centro", que consiste, esencialmente,

en una marcada diferenciación entre los sonidos de los canales y una confusión de la onda reverberante sobre la onda directa. Por otra parte, existe una pérdida notable de direccionalidad y de claridad en el caso extremo de acercarse demasiado los micrófonos.

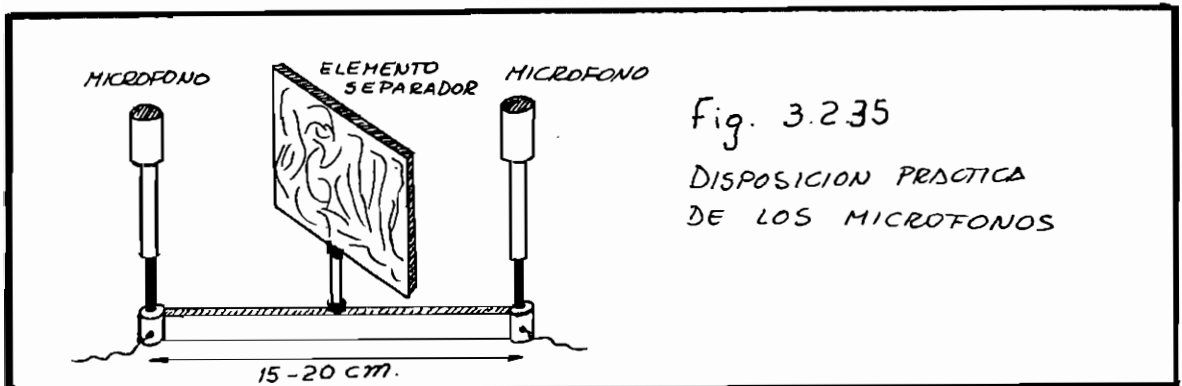
Una consecuencia de la distancia entre los micrófonos, es que existe una diferencia en el tiempo de llegada a cada uno de ellos de la onda sonora. En la reproducción, esta diferencia producirá el efecto de direccionalidad, en el caso de ser superior a 3 milisegundos, por lo que los micrófonos deberán separarse al menos 1 metro, puesto que siendo la velocidad del sonido de 340 m/seg. esta distancia equivale aproximadamente a 3 milisegundos. Pero, es inconveniente, que sea muy notable el efecto de diferencia de tiempo ya que la mente humana interpreta como sonidos diferentes aquellos que le llegan con separación superior a los 100 milisegundos. Esto equivale, aproximadamente a unos 17 metros.

Aún sin llegar a separaciones de este orden, (que anulan el efecto estereofónico), aparece el fenómeno de "agujero en el centro". Este efecto puede atenuarse utilizando un tercer micrófono, cuya salida puede mezclarse con la de los canales estereofónicos, según la Fig. 3.2.34.



2. Técnica de diferencia de intensidades:

La disposición de micrófonos es, esencialmente, la misma que en el caso de registro binaural, es decir con una separación de 15 a 20 cm. Generalmente los micrófonos utilizados poseen un diagrama en forma de 8. Uno de los micrófonos se dirige hacia la parte derecha del manantial sonoro y el otro a la izquierda, con ángulos tales que queda cubierta por ambos la parte media del manantial sonoro. Como los micrófonos se hallan próximos uno al otro, el efecto predominante es la diferencia de intensidades y no la de tiempo. El empleo de un elemento separador entre ambos (ver Fig. 3.2.35) incrementa el efecto de diferencia de intensidad.



Otra forma de empleo de esta técnica (que suele denominarse registro "stereosonic"), consiste en utilizar dos micrófonos bidireccionales dispuestos sobre un mismo eje vertical, en forma tal que sus diagramas de captación quedan normales entre sí. Esta disposición se muestra en la figura 3.2.36.

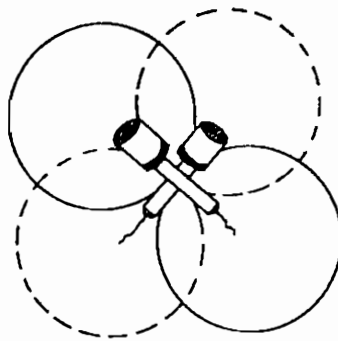
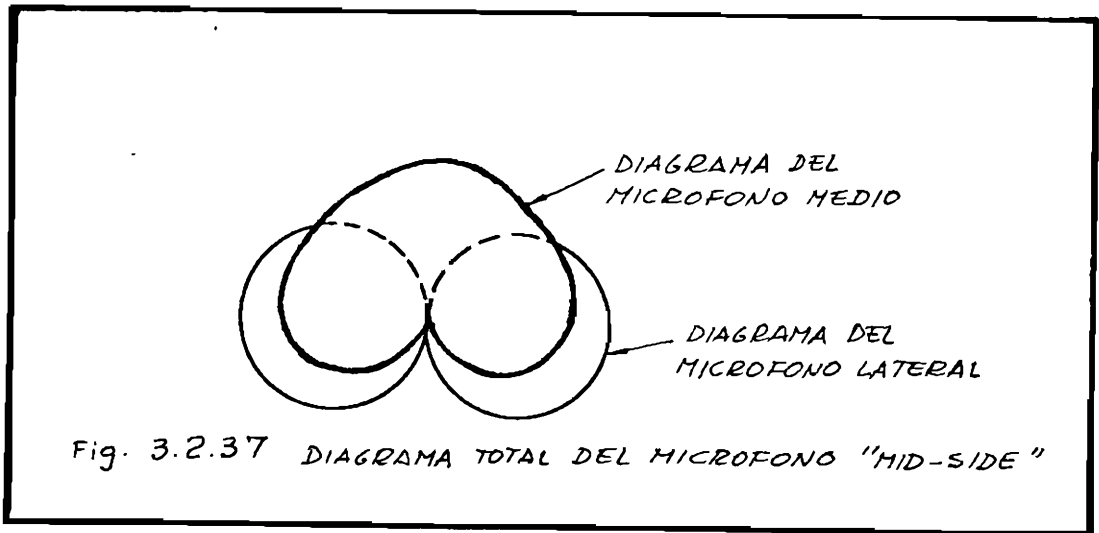


Fig. 3.2.36
DISPOSICION DE
MICROFONOS EN
EL SISTEMA
"STEREOSONIC"

3. Técnica de registro "Mid - Side".

En el literal anterior se mencionaron los micrófonos que se utilizan en esta técnica, y la forma de disponer los dos micrófonos ("medio" y "lateral") que los constituyen, para conseguir un registro de calidad. Como se dijo, el micrófono "lateral" tiene un diagrama en forma de 8 y el "medio" en forma de cardioide. Colocando el primero de ellos paralelo al manantial sonoro y el segundo normal al mismo, se consigue un diagrama total como se muestra en la Fig. 3.2.37.

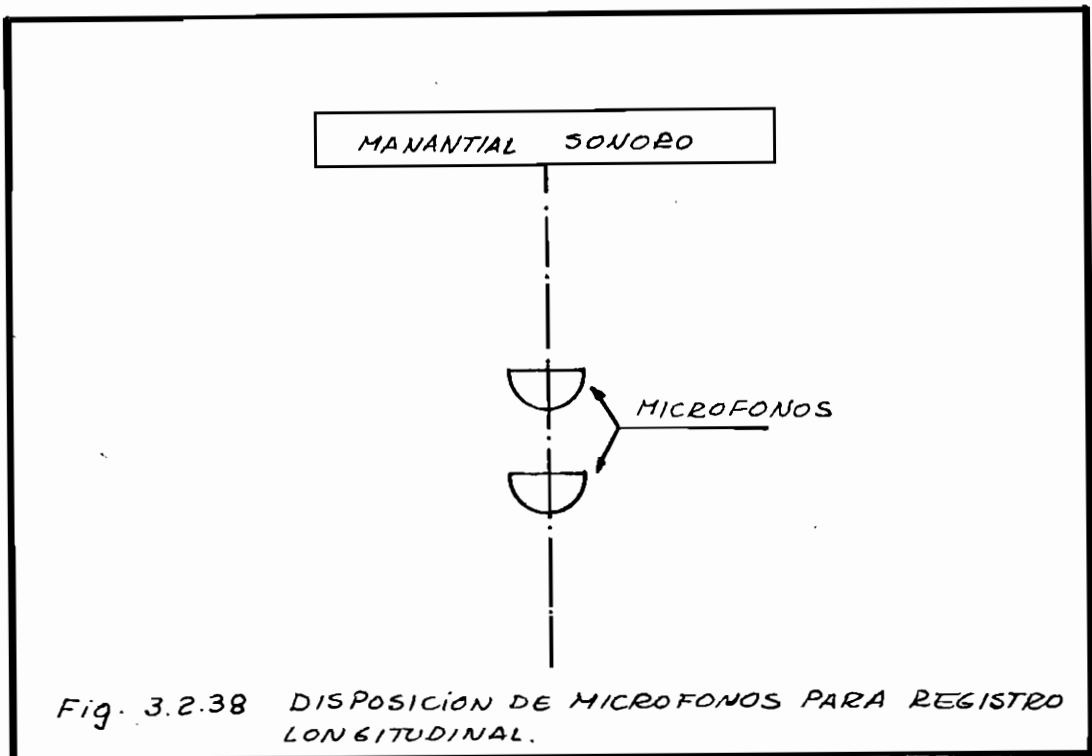


El micrófono "medio" capta todo el sonido de las partes izquierda, derecha y central, mientras el "lateral" tiene un elemento traductor que hace que la señal captada por él sea más bien una diferencia de los sonidos de la izquierda y de la derecha.

Mediante una disposición de transformadores de salida adecuada (ver Fig. 3.2.31), puede conseguirse eliminar el efecto de agujero en el centro, puesto que uno de los micrófonos capta la información central que se combina con las de izquierda y derecha.

4. Técnica de registro longitudinal:

Consiste en colocar uno de los micrófonos detrás del otro, como se muestra en la Fig. 3.2.38. De ahí su nombre de técnica longitudinal.

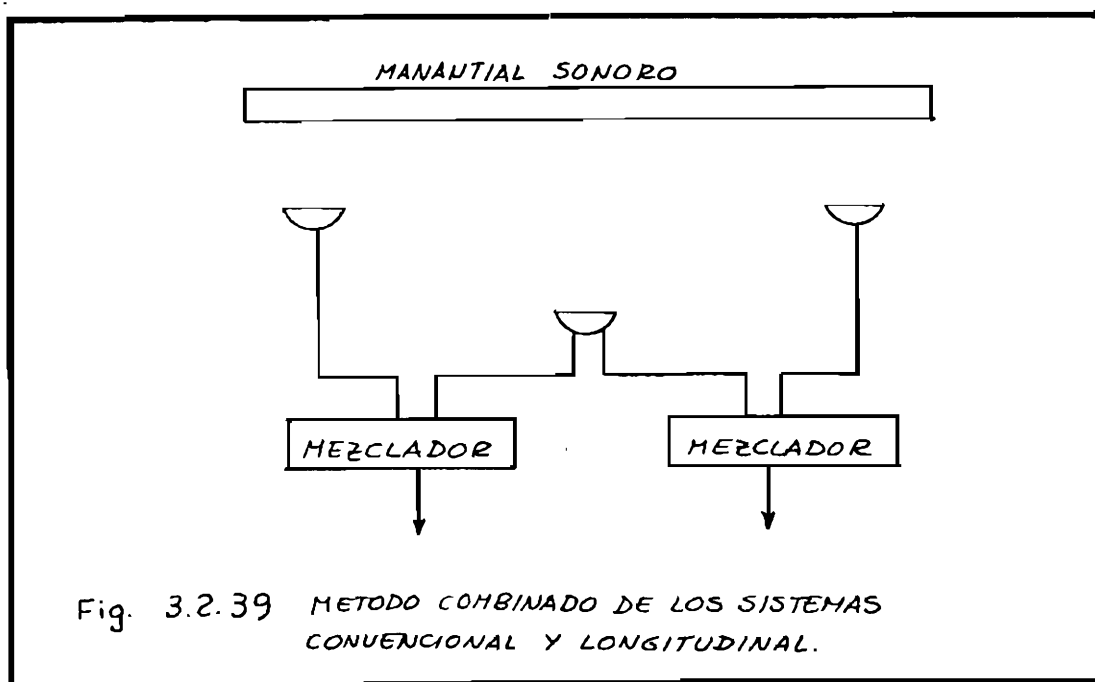


Con esta disposición se consiguen dos efectos: diferencia en los tiempos de llegada a cada micrófono; y, diferencia en la relación de sonidos directo y reverberado.

Ambos efectos dan origen a la sensación tridimensional, es decir, a la estereofonía, sin embargo, existe el inconveniente de que cada uno de los altavoces suministra una versión diferente del sonido original.

Existe la posibilidad de introducir técnicas consistentes en la combinación del registro "longitudinal", con dispositivos microfónicos. Por ejemplo, podemos disponer tres micrófonos en la forma que se muestra en la Fig. 3.2.39, consistente en

situar dos de ellos a la derecha e izquierda, respectivamente, del manantial sonoro, pero a igual distancia del mismo, según la forma convencional y disponer un tercero en el centro pero más alejado del manantial sonoro, y cuya señal se puede mezclar con las procedentes de los dos primeros de forma que por ambos canales surge información del centro del manantial sonoro, eliminándose o al menos atenuándose el efecto perturbador de "agujero en el centro" que antes se mencionó.



5. Técnica de parejas múltiples:

A veces se necesita emplear no solamente dos micrófonos sino varias parejas de ellos, siempre con la precaución de que cada una de las diferentes parejas tenga un diagrama de captación también diferente, a fin de registrar el sonido en la forma

deseada. En la Fig. 3.2.40 se muestra uno de estos casos correspondiente al ya conocido empleo de "micrófonos de solistas".

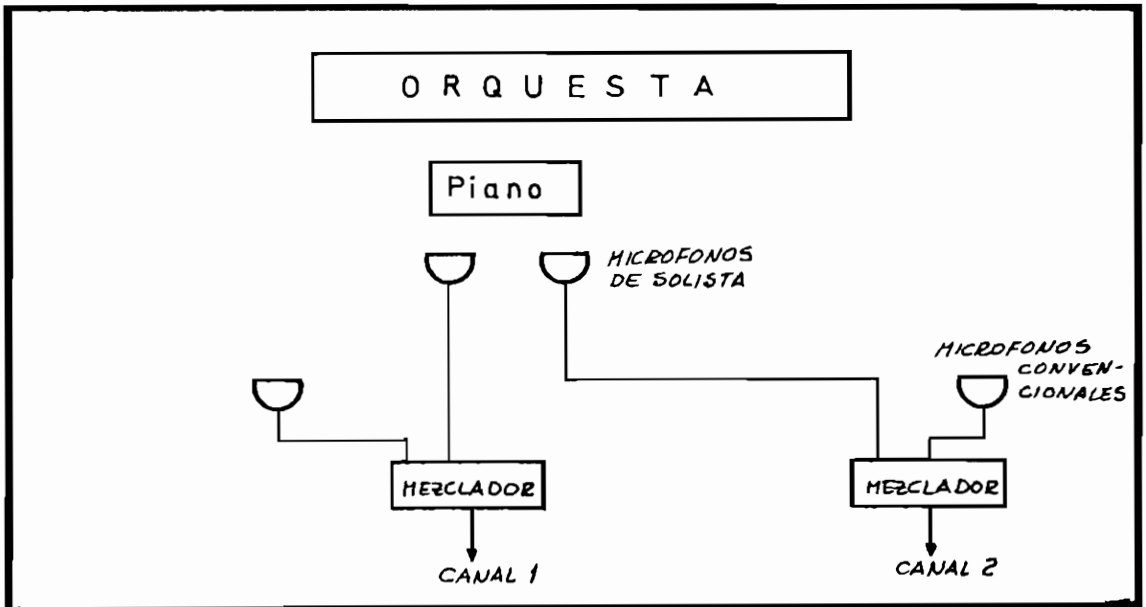


Fig. 3.2.40 DISPOSICION DE MICROFONOS CON TECNICAS DE PAREJAS MULTIPLES.

Para una mejor utilización del dispositivo de la figura, el par de micrófonos de solista será de captación cardioide, mientras la otra pareja convencional será omnidireccional y situada más hacia atrás, con lo que se consigue una notable proporción de sonido reverberado, que en estos casos resulta agradable al oído, y aumentar la sensación de profundidad.

La elección de las diferentes parejas de micrófonos es importante, pues según su posición deben poseer diagramas de captación especiales, adaptándose los de una pareja a los de los diferentes micrófonos; no hacerlo así puede dar origen a una inadecuada reproducción de la parte central del conjunto.

6. Puesta en fase:

El problema de la corrección de fase es tan importante en lo que afecta a los micrófonos como a los restantes elementos de la cadena estereofónica. Existe una gran probabilidad de que aparezcan defasajes si se utilizan micrófonos de tipos diferentes.

Para juzgar sobre este punto, es conveniente colocar ambos micrófonos próximos entre sí y registrar sobre una cinta un tono emitido por un generador de sonido.

Reproduciendo este registro por medio de un sistema estereofónico, y si el sonido parece surgir de un punto medio entre ambos altavoces, la situación es correcta, pero si el sonido surge de un punto indefinido, es que no están en fase apropiada y será necesario, para conseguir esto, invertir los terminales de uno de los micrófonos.

3.2.2.2. Sintonizadores de radio.

Frecuentemente se usan los programas de radio como transmisores de música, noticias y otras informaciones, o de pasa-

tiempo, tanto en los sistemas de distribución de sonido como en los sistemas de localización, en las plantas.

La selección de un sintonizador de radio depende: 1) Del ciclo de servicio que debe prestar; 2) De que se necesita recepción AM o FM, o ambas; 3) De la distancia de las estaciones que deberán recibirse; 4) Del número de estaciones que se deseen; y 5) de las necesidades de fidelidad de audio.

Un sintonizador que ha de estar encendido continuamente y que sólo se desconectará para fines de mantenimiento u operación durante 12 a 16 horas al día, tiene que estar diseñado y construido con apego a normas diferentes a las de un receptor que sólo ha de funcionar durante 4 o 5 horas cada vez.

3.2.2.3. Tocadiscos.

Aunque está muy difundido el uso de los tocacintas magnéticos, siguen usándose mucho los tocadiscos como fuente de programas en muchos sistemas de sonido. Como los cambia-discos pueden operarse ya sea al modo manual (para tocar un disco solamente), o al modo automático (para tocar varios discos, en consecuencia), se les usa mucho más frecuentemente en los sistemas de sonido que los tornameses manuales para reproducción individual. La mayoría de los cambiadiscos pueden usarse para

que toquen discos de 16, 33 1/3, 45, y 78 rpm.

Existe en el mercado una gama muy amplia de cambiadiscos entre las que puede hacerse la elección. También existe en el comercio una amplia diversidad de cartuchos fonográficos (captador con aguja). Los tipos magnéticos poseen la mejor respuesta de frecuencia, pero su nivel de salida es muy bajo, apenas de unos cuantos milivots. Los tipos de cristal, por otra parte, suministran señales de salida hasta de 3 volts. Ambos tipos están proyectados para alimentar una entrada de amplificador de alta impedancia. La mayoría de los cartuchos son estereofónicos pero es posible alambrearlos para que suministren una señal monoaural cuando se estén tocando discos monoaurales o estereofónicos.

3.2.2.4. Tocacintas.

Los reproductores de cintas se están utilizando en los sistemas de sonido industriales en calidad de fuentes de programas y también para dar avisos especiales que se hayan grabado previamente. En los aeropuertos, por ejemplo, es práctico hacer uso de avisos grabados en cintas, hechos por locutores profesionales; este sistema se prefiere a los anuncios hechos en el momento y que a veces resultan ininteligibles.

Existen en el mercado ensamblajes para el transporte de cintas, que pueden estar montados en un soporte. Es necesario que haya un preamplificador que contiene, ordinariamente, redes igualadoras para incrementar la entrada de bajo nivel de la cabeza de reproducción, hasta un nivel apropiado para alimentar, adecuadamente, el sistema de sonido.

3.2.3. Pre - amplificadores.

Un sistema de amplificadores en una instalación hi-fi consta de dos partes: el pre-amplificador que incluye todos los controles para regular el tono, volumen y balance de los canales, y el amplificador de potencia para activar los altoparlantes. Se puede optar por unidades de pre-amplificador y amplificador de potencia separados, por una combinación de ambos que comúnmente se llama amplificador, o bien por un receptor, es decir, una combinación de sintonizador, pre-amplificador y amplificador de potencia.

Como en cada grupo se pueden encontrar unidades de gran rendimiento, no se trata de diferencias en la calidad de sonido sino de una mayor flexibilidad en cuanto a economía y comodidad.

Esta es la razón por la que una combinación de dos o tres unidades en una sola será más económica que los aparatos sepa-

rados. Baste pensar sobre el costo del chasis, cubiertas, unidades de suministro de energía (es decir, el conjunto de transformador - rectificador en cada unidad, el cual suministra la corriente necesaria para el funcionamiento de los circuitos). Aún más, un amplificador integrado o receptor economiza espacio y elimina las conexiones de cables, muchas veces problemáticas.

3.2.3.1. Funciones del preamplificador:

Se encuentra más difícil de entender las funciones del preamplificador y su necesidad, que no las del amplificador de potencia, el cual después de todo es el que origina la potencia. El preamplificador puede considerarse como un tablero de conmutadores ... donde se selecciona la fuente de sonido a ser reproducida, se determina el modo del sonido (estéreo o monofónico), es influenciado el color de sonido con sus controles de tono, se regula el volumen y el balance de los canales, y se llevan las señales hasta un nivel de voltaje con el que el amplificador de potencia pueda funcionar.

Las diferentes fuentes de sonido son conectadas a las entradas del preamplificador: la tornamesa a las entradas del fondo, el sintonizador a las entradas de sintonizador, el deck de cinta (o muchas veces "monitor"), y una fuente auxiliar como deck de cassette a las entradas "aux". Muchos amplificadores

también tienen entradas para micrófonos.

3.2.3.2. Ecualización de fono:

Observemos la señal de fono en su trayecto del preamplificador. Primeramente, entra en un circuito llamado amplificador ecualizador. Para entender su función, debemos conocer las peculiaridades de los discos fonográficos. Cuando se corta el disco maestro, los sonidos altos son sobre-enfatizados ("reforzados") mientras que los bajos son suprimidos en parte. Esto se debe hacer para obtener un surco con suficiente modulación en el alcance alto para que la aguja "sienta" y, por otra parte, sin excesivas ondulaciones de bajos (porque estos requieren un surco más ancho). Técnicamente, el corte de un disco no es plano pero permite una curva de respuesta de frecuencia como la que se muestra en la Fig. 3.2.41 llamada curva RIAA. Por lo tanto, la audioseñal desarrollada por el cartucho fotocaptor sería igualmente desfigurada si pasa tal como es. La curva RIAA debe ser "ecualizada" primeramente para obtener un sonido natural y ésta es la función del amplificador de ecualización.

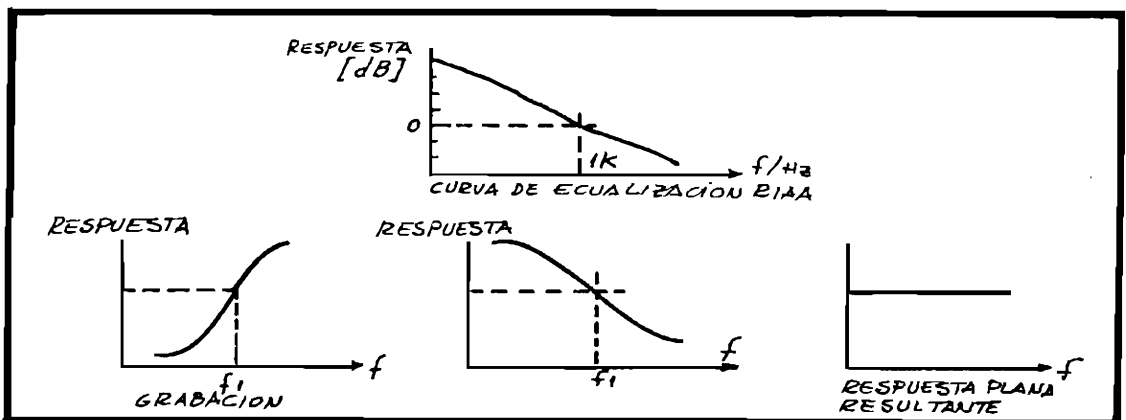
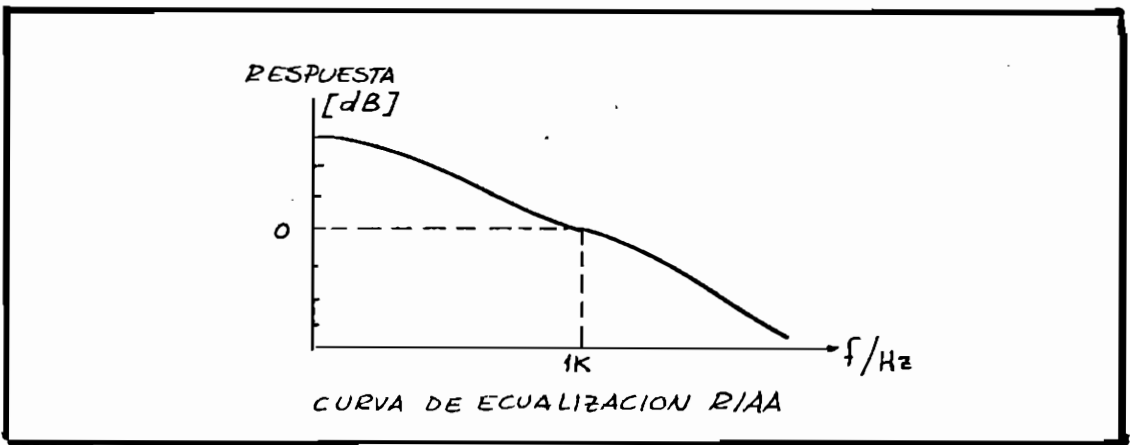


Fig. 3.2.41 ECUALIZACION



3.2.3.3. Entradas:

Debido a que las entradas de fono tienen que ser ecualizadas éstas son llamadas entradas "no lineales" ya que son opuestas a las entradas "lineales" tales como las de cinta, sintonizador, micrófono o señales auxiliares. Muchos amplificadores de alto grado tienen dos o tres pares de entradas de fono que permiten conectar simultáneamente dos o más tornamesas o deck de cartuchos para su fácil comparación. Además, la sensibilidad e impedancia de las entradas de fono son muchas veces conmutables para acomodar cartuchos de diferentes características. A este respecto, hay otro valor que muchas veces se encuentra en las especificaciones del pre-amplificador y que es de importancia, es el nivel máximo de señal que el amplificador puede aceptar a través de las entradas de fono sin sobrecargarse, es decir, sin distorsión. Este debe ser como mínimo 10 veces el valor del nivel del cartucho fonocaptor.

Las conexiones del deck de cinta y sintonizador general-

mente no ofrecen dificultades porque sus características eléctricas están muy bien estandarizadas. Pero los micrófonos de otras marcas deben tener una impedancia igual a la de entrada de micrófono amplificador, con una tolerancia de aproximadamente + - 20 por ciento.

La conmutación entre las diferentes fuentes de sonido se efectúa generalmente con un selector de programa, que muchas veces es una perilla giratoria con cinco o más posiciones. El sonido de la cinta, sin embargo, es conmutado a "on" y "of" con un interruptor llamado monitor de cinta de dos posiciones: "source" y "play" (o cinta). Para la reproducción de la cinta se pasa a la posición "play" y para todas las otras fuentes de programa debe estar en la posición "source". Cuando se graba con un deck de cabezales de grabación y reproducción independientes (un deck de 3 cabezales) este interruptor proporciona dos formas de monitorar la calidad de grabación.

En la posición "source", el sonido original puede escucharse a través de los altoparlantes; en la posición "play", sin embargo, se reproducen los sonidos ya grabados en la cinta. Conmutando de una a otra posición, el sonido grabado puede ser fácilmente comparado con la fuente de sonido y se pueden hacer los reajustes necesarios.

3.2.3.4. Controles de volumen, balance y tono:

Los controles de volumen y balance de un pre-amplificador estéreo se explican más o menos por sí mismos. Nótese, sin embargo, que el control de balance, cuando se gira hacia la derecha no aumenta el volumen del canal de la derecha pero sí reduce el volumen del de la izquierda. Además, los controles de volumen y balance no afectan las señales suministradas al deck para la grabación.

Generalmente, no es muy difícil diferenciar a un novato de un profesional - basta ver cómo opera los controles de tono de sus amplificadores. El principiante mostrará gran deleite en su habilidad de aumentar los bajos y suprimir los altos o viceversa, operará estos controles infinidad de veces y se sentirá satisfecho con una acentuación pesada de los bajos. El oyente más adelantado en hi-fi, sin embargo, usará los controles de tono adecuadamente y muy cerca del nivel neutral, excepto cuando hace pruebas. El verdadero propósito de los controles bajos y altos en un amplificador hi-fi radica no en el manejo de potencia dictatorial del principiante sino en la habilidad para compensar algunas faltas en el material del programa, del cuarto de escucha, y en cierto grado de los altoparlantes. Sin embargo con buenos discos LP o cintas tocadas en un buen equipo en una sala de estar de cualquier familia, no se requieren si-

quiera los ajustes de control de tono.

¿Cómo trabajan los controles de tono - y los filtros de altos y bajos y el interruptor de sonoridad provistos en la mayoría de los amplificadores?

En su forma más simple - como se encuentra en las radios portátiles, etc. - un control de tono es una combinación de un capacitor con una resistencia, y éste corta las partes altas del espectro de sonido. Lo más apropiado para los sistemas hi-fi es el tipo CR pasivo que refuerza o reduce las frecuencias por encima o por debajo de un punto de "inversión" de la manera que ilustra la Fig. 3.2.42. Para un control aún más preciso, se tiene que introducir técnicas de realimentación negativa (NFB) lo cual requiere circuitos mejor elaborados con transistores, etc. Las características de respuesta de frecuencia que se pueden obtener están ilustradas en la Fig. 3.2.43.

En muchos amplificadores, los controles de tono actúan simultáneamente en los canales de la izquierda o derecha, lo cual es suficiente si son para uso doméstico; en otros, hay botones separados (generalmente botones concéntricos) para controlar separadamente los canales de la izquierda y derecha lo cual es muy cómodo en cuartos donde es dificultoso escuchar.

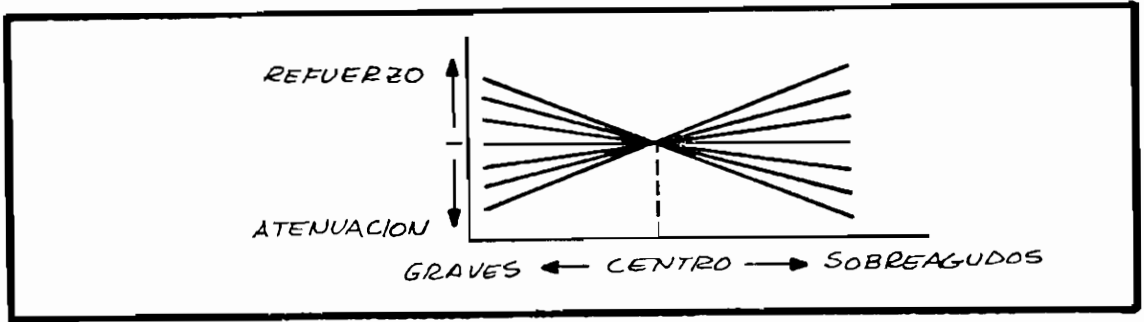


Fig. 3.2.42 CONTROL DE TIPO CR

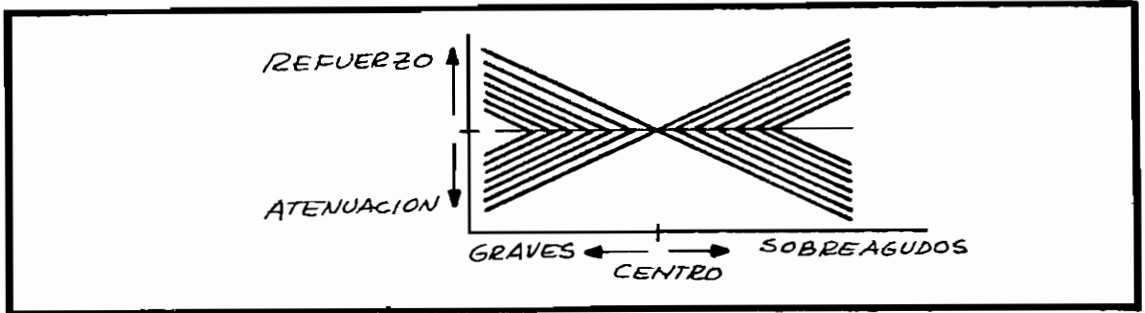


Fig. 3.2.43 CONTROL DE TIPO NFB (REALIMENTACION NEGATIVA)

3.2.3.5. Filtros, contornos de sonoridad, audio - silenciador:

Los filtros de bajos y altos (también conocidos como filtros pasa altos o de bajos y filtro de ruidos o pasabajos respectivamente) tienen las funciones que se muestran en la Fig. 3.2.44. El filtro de bajos está diseñado para cortar (o más precisamente para atenuar varios decibelios) el espectro por debajo de un punto entre 100 y 50 Hz. Esto tiene el efecto de cancelar los zumbidos bajos y el ruido de fondo generado por las tornamesas. El filtro de altos, por otra parte, atenúa las frecuencias sobre 8,000 o 10.000 Hz, esto según el caso, para eliminar los ruidos de siseo de los discos, cintas, FM, etc.

Es una práctica mala, sin embargo, el usar estos filtros indistintamente porque juntamente con el ruido pueden cancelar parte del espectro musical deseado. Uselos sólo cuando es necesario.

El interruptor de sonoridad en un amplificador no debe ser confundido con el control de volumen. Una descripción más exacta de su función sería "compensación del contorno de sonoridad corregido fisiológicamente". Fig. 3.2.45.

Este nombre nos da una idea de la deficiencia del oído humano. Indudablemente, las mediciones demuestran claramente que el aparato del oído humano está muy lejos de la perfección de un aparato hi-fi. En su contra está la insensibilidad a los tonos demasiado altos y bajos cuando el volumen es en general suave. El interruptor de sonoridad que es una especie de control de tono, vence esta deficiencia humana reforzando estos sonidos extremos a un volumen bajo. Este deberá por lo tanto ser disminuído cuando se escucha a volúmenes altos.

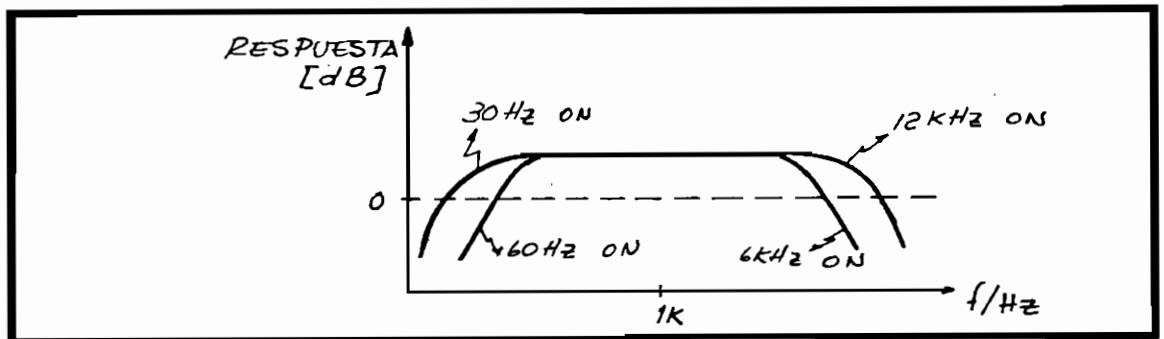


Fig. 3.2.44 CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO

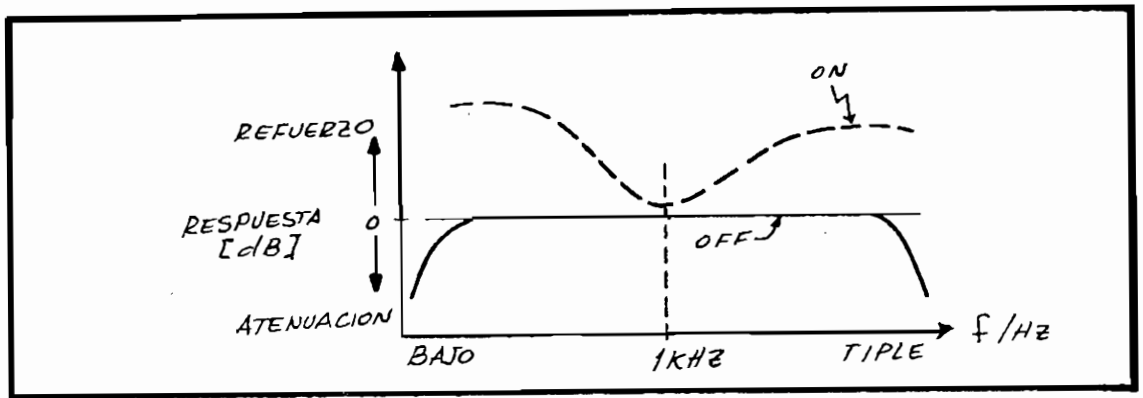


Fig. 3.2.45 FUNCION DEL INTERRUPTOR DE SONORIDAD

3.2.4. Amplificadores.

3.2.4.1. Introducción y criterios de calidad:

Existen numerosas maneras de especificación de la potencia de los amplificadores de alta fidelidad. Resultando todo esto muy molesto; y, con la desventaja de que ninguno de los métodos es compatible para realizar comparaciones directas y de terminar que tipo de amplificadores es el más adecuado para tales requerimientos, partiendo de datos como: watts RMS, potencia musical, potencia máxima, potencia continua, watts IIF (alta fidelidad), watts IPPT (Potencia máxima instantánea), watts mas 1 db (distorsión), etc.

Recientemente se ha empezado a clasificar los amplificadores de una manera normalizada, basándose en watts RMS o fuerza continua como un método de especificación estricto, aunque no generalizado.

Es importante anotar el proceso de medición de la potencia del amplificador: básicamente el punto crítico de la calidad de un amplificador está en la temperatura de trabajo ; para lo cual se hace una simulación del calentamiento al que se sometería en aplicaciones prácticas, mediante un trabajo continuo con un tercio de la potencia total durante una hora, antes de someterse a su calificación. Experimentalmente se ha comprobado que esta temperatura es mayor que la producida a una potencia más alta o en condiciones normales.

Por lo tanto, en base de lo anterior, se puede deducir que la calidad de un amplificador depende principalmente de su respuesta frente a la temperatura de trabajo. Y el modo de disipación del calor será, entonces, motivo de importancia en la elección del equipo.

Claro está, que a más de la temperatura, es de interés la respuesta de frecuencia de dicho amplificador, que precisamente establece el efecto de la temperatura sobre su funcionamiento y su rendimiento.

Para los equipos de baja potencia, el problema de temperatura no es el punto más importante a tratarse. Normalmente, casi todos los amplificadores de potencias bajas utilizan su chasis como disipador del calor de sus transistores. Siendo

lo suficientemente grandes para disipar pequeñas cantidades de calor.

Obvio es entonces, pensar en que el aumento de potencia de un amplificador está directamente relacionado al aumento del calor a disiparse. Es por esto que los amplificadores de potencias medianas y principalmente de potencias altas, utilizan aletas de disipación en sus paneles de transistores de potencia. Es normal también, el uso de otros métodos para disipar el calor como: el uso de un número mayor de transistores de salida, por ejemplo, que se traduce en menos calor por transistor (y es la temperatura del transistor y no la de los disipadores la que hay que tomar en cuenta). Otra forma, no muy común por su costo, es la utilización de ventiladores integrantes en el amplificador, que se incluyen normalmente en equipos de alta potencia combinados con disipadores.

Pero, durante esa hora de funcionamiento a una tercera parte de la potencia, los amplificadores se calientan más de lo que se calentarían en amplificaciones normales. Entonces, la predisposición de la mayoría de los amplificadores ante esta temperatura es crítica por criterios de diseño; siendo, sin embargo, motivo de la calidad de un amplificador, ya que ese "calor adicional" puede ser observado como una respuesta más lineal del mismo y un mayor rendimiento y tiempo de vida, ya que cada

diez grados, aproximadamente, de reducción de temperatura, aumenta al doble la vida útil de un transistor, junto con sus correspondientes polarizaciones.

Otra consideración de importancia para una categorización a simple vista, es la del tamaño del amplificador, variable de acuerdo al uso de modos de disipación del calor como: más aletas de disipación o aletas de tamaño mayor en lugar de añadirse ventiladores o transistores de salidas adicionales, aunque esto es muy relativo.

Algunos de los amplificadores ya tienen, obviamente, la construcción pesada que se requiere para pasar esta prueba de $1/3 P \times 1$ hora. Pero, existen amplificadores de muy buena respuesta que no cumplen esta condición.

Entonces nace espontáneamente la pregunta de que si $1/3 P \times 1$ hora corresponde realmente a una amplificación normal de funcionamiento. Pero de ser ésta una realidad, entonces los amplificadores que no lo cumplan también fallarían en someterse a aplicaciones prácticas posibles. La solución se presenta ahora con ayuda de sensores de temperatura para evitar daños en el amplificador, de modo que estos circuitos protectores lo desconectarían al producirse sobrecargas de calor.

Sin embargo, hay la tendencia a evadir esta prueba de calidad, mediante circuitos que aparten los transistores de salida de los sensores de calor para retardar la reconexión, cosa que aumenta las probabilidades del amplificador a resistir esa prueba de calor, limitando al margen de protección de los sensores contra daños de amplificador y el tiempo de vida del mismo.

Hay además, otra tendencia basada en la práctica, sobre el hecho de que el hacer funcionar a un amplificador a su potencia menos eficiente se consigue un pico mayor en la producción de calor: en condiciones normales en un sistema de buen diseño, un amplificador generalmente produce un 10% de su potencia. Pero cuando se utilizan altoparlantes ineficientes y se ajustan los sonidos graves a un máximo, lo mismo que el volumen se hace que el amplificador funcione alrededor de un 40% de su potencia total.

De ahí, que, lo ideal sería utilizar un amplificador que tenga capacidad de entregar más potencia que la requerida, por lo menos en una décima parte.

Otra consideración importante es la relacionada con la carga. Normalmente, los parlantes son identificados con un valor nominal estandarizado en 4,8 y 16 ohmios. Pero hay que tomar en cuenta que este valor varía con la frecuencia, así por

ejemplo un parlante de 4 ohmios puede tener un valor real hasta de 8 ohmios para altas frecuencias y bajar su impedancia a valores de 3 ohmios para frecuencias bajas. Significa esto que se podría conectar dos o hasta tres altoparlantes de 8 ohmios en paralelo y confundir a un amplificador con una carga que podría ser menor de 2 ohmios a algunas frecuencias.

Las clasificaciones de fuerza, ahora en relación con la carga de 4 ohmios también pueden dar lugar a otros problemas. Los amplificadores de transistores y en general todo tipo de amplificador transmite más fuerza a cargas de 4 ohmios que a cargas de 8 ohmios, y transmite una fuerza mayor a cargas de 2 ohmios. Pero, como los aumentos de potencia se traducen en aumentos del calor, hasta un amplificador que pudiera funcionar bien y de manera indefinida a una tercera parte de su potencia con 8 ohmios, se podría quemar a una tercera parte de su potencial de fuerza mayor con 4 ohmios.

Existe sin embargo, la tendencia a una clasificación de categorías en base a los 4 ohmios de carga. Aunque la mayoría de los altoparlantes son modelos de 8 ohmios, y en menor grado los de 4 ohmios, esta clasificación es bastante acertada para evitar los problemas mencionados. Además, hasta un altoparlante de 8 ohmios presenta una carga de 4 ohmios, en el caso de hacer funcionar un altoparlante principal y otro remoto en parale

lo con el anterior: la impedancia se reduce a la mitad (4 ohmios).

3.2.4.2. Especificaciones de los amplificadores:

Como ya se mencionó anteriormente, las formas de especificación de un amplificador son numerosas, a continuación se da rán las principales:

a) Potencia de salida continua:

Esta especificación está relacionada con la potencia máxima (en watts) que el amplificador puede desarrollar desde ca da uno de sus canales (con todos sus canales operando), sin exceder su distorsión armónica nominal. Normalmente medida con una señal de 1 KHZ.

Las potencias nominales sin la correspondiente aclaración de la distorsión armónica no tienen ningún sentido ni significa do y deben ser rechazadas como motivos de calidad de un amplifi cador. Además, las impedancias de carga (4,8, o 16 ohmios) tam bién deberían especificar en el cuadro del amplificador, por las razones mencionadas anteriormente.

La forma correcta como deben ser especificadas las cua-

lidades de un amplificador puede ser expresada con el siguiente ejemplo de un buen equipo.

Potencia de salida continua ... 40 W / 40 W (a menos del 1% de distorsión armónica, dentro de 8 ohmios de carga).

b) Potencia musical o potencia dinámica:

Es una especificación que disfraza la verdadera potencia de un amplificador; y que, normalmente, se la encuentra en los avisos comerciales y publicitarios. De valor dudoso, porque está medida bajo condiciones que no son de uso corriente.

Generalmente esta potencia está dada como una suma de los canales de amplificador, desafortunadamente sin valores de distorsión. De ahí la importancia de juzgar a un amplificador por su potencia nominal continua (punto anterior).

La potencia musical proporciona, sin embargo, información sobre la potencia disponible temporalmente del amplificador cuando se reproducen los picos de volumen en la señal musical, no muy alejados de sus valores de potencia continua.

c) Respuesta de frecuencia:

Este punto tiene referencia con las audiofrecuencias más altas y bajas que el amplificador puede reproducir de las señales de entrada suministradas a sus entradas (AUX) y a un watt de potencia de salida.

Concretamente, la respuesta de frecuencia nominal, debe estar acompañada por un valor en decibeles, que indique la variación de la respuesta desde el nivel standard de cero decibeles a 1 KHZ sobre el alcance de frecuencia dado.

Siendo mejor un amplificador cuanto menores sean esos valores en dB. El mismo amplificador, sin embargo, puede tener una respuesta de frecuencia de 20 a 18.000 HZ 1 dB o 20 a 25.000 HZ 3 dB.

Como ejemplo de especificación se puede pensar en un equipo de primera calidad.

Respuesta de frecuencia de 15 a 40.000 HZ 1 DB (a través de las entradas (AUX)).

d) Ancho de banda de potencia:

Esta especificación es poco común, debido a la importancia que tiene; y, solamente en los equipos de buen diseño apare

ce con primera prioridad.

Es un valor importante que relaciona la potencia de salida y la frecuencia (banda de audio).

Ancho de banda de potencia será, entonces el alcance de audiofrecuencia (en HZ) sobre el cual el amplificador podrá desarrollar por lo menos la mitad de su potencia nominal de salida, sin exceder su distorsión armónica nominal.

Por ejemplo, si la potencia continua de salida de un amplificador es de 20 watts por cada canal al 1% de distorsión armónica; un ancho de banda de potencia de 20 a 30.000 HZ significa que el amplificador desarrollará 10 watts a 20 HZ y a 3.000 HZ sin más distorsión que el 1% especificado. Fig. 3.2.

46.

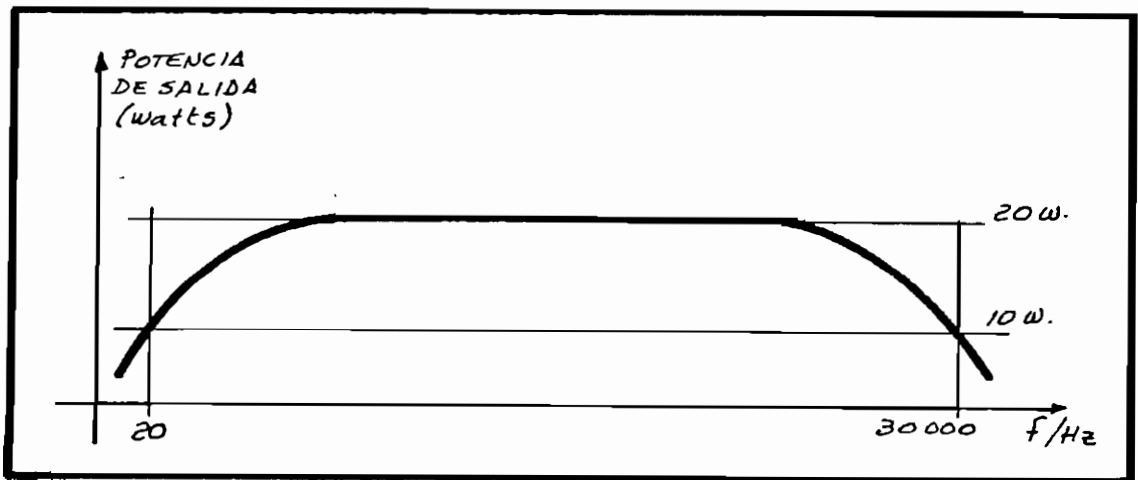


Fig. 3.2.46 ANCHO DE BANDA DE POTENCIA

e) Relación de señal a ruido:

Esta especificación, establece la relación entre la señal (deseada) y el ruido (indeseado), desarrollados por el amplificador con su control de volumen en máximo y con el de graves y sobreagudas en posición plana (normal).

Obviamente, cuando más grande sea el valor de esta relación, menor será el zumbido y el ruido producidos por efectos de no linealidad en la amplificación.

Las relaciones de señal a ruido, deberán ser indicadas individualmente para cada una de las entradas de los amplificadores.

Por ejemplo: FONO (MAG) 65 dB, AUX 70 dB. A 65 dB nominal, significa que únicamente 1/2.000 de la señal será ruido y 75 dB significaría 1/6.000.

f) Factor de amortiguamiento: F.A.

Se define al factor de amortiguamiento, matemáticamente, como a la relación de la impedancia de carga (es decir, la impedancia de la bobina de voz del altoparlante) respecto de la resistencia interna del amplificador:

$$\text{F.A.} = \frac{\text{Z carga}}{\text{Ri (amplificador)}}$$

Por ejemplo, si la impedancia del altoparlante es de 8 ohmios y la resistencia interna del amplificador es de 0.1 ohmios (valor típico), el factor de amortiguamiento es de: 80.

Se puede definir, también, al factor de amortiguamiento como la medición de la habilidad de un amplificador para amortiguar, es decir, controlar los movimientos residuales innecesarios de los altoparlantes, causados por fuerzas que no son las señales de audio deseadas.

El orden aceptable de este factor está sobre 20, siendo mejor un equipo cuanto mayor sea este factor, ya que implica mayor pureza en la reproducción del sonido.

g) Nivel de entrada, impedancia de entrada:

El nivel de entrada se refiere al nivel mínimo de la señal de entrada suministrada al amplificador de potencia, desde el cual saldrá al máximo nivel. Este deberá ser de aproximadamente 100 milivoltios a 1 voltio, y estar próximo al valor de la entrada del amplificador.

Sin embargo, hay que anotar que este nivel de entrada sólo es importante si se usan preamplificadores y amplificadores de potencia separados.

La impedancia de entrada sólo está referida a la impedancia de carga del amplificador, como se ve desde la salida del preamplificador. Deberá tener como valor aconsejable mínimo 50 kilohmios cuando se usa un preamplificador transistorizado moderno.

h) Ruido residual:

Se encuentra normalmente en las especificaciones de los amplificadores de potencia. Denota la cantidad de sonido generado por el mismo amplificador independiente del ajuste de su volumen o control de ganancia. Es natural, entonces, que mientras menor sea este valor, el comportamiento del amplificador será mejor en condiciones térmicas altas.

Un buen amplificador no excederá de valores como 5 milivoltios de ruido residual; o, de 3 microwatts de potencia residual.

i) Regulación de salida:

Esta especificación indica el cambio en la salida del amplificador para una conmutación repentina de condiciones de ausencia de carga a carga completa. Describe la variación del nivel de sonido al quitar o agregar salidas

Un buen equipo tiene hasta un 10% de regulación.

j) Sensibilidad:

Es otra manera de dar el nivel de entrada al amplificador (ver punto g), necesario para la reproducción precisa.

Se suele dar el rango del nivel de entrada, por ejemplo, para un buen equipo de 100 milivoltios a 1 voltio.

3.2.4.3. Ganancia de amplificadores.

En aras de la sencillez, la ganancia de un amplificador puede expresarse en decibeles. Este es un patrón de medición mucho más conveniente que la ganancia de voltaje. Por ejemplo, si la salida de un micrófono es de 0.001 volts y la ganancia de voltaje del preamplificador es 1.000, será fácil observar que el nivel de la señal a la salida del preamplificador será de 1 volt, o sea, mil veces mayor que la señal de entrada. Si el amplificador de potencia alcanza una ganancia de voltaje de 70,

se incrementará el nivel de la señal hasta 70 volts.

Hasta ahora nos hemos ocupado de la ganancia de voltaje. Ahora fijaremos nuestra atención en la ganancia de potencia. Si el amplificador de potencia es capaz de suministrar 10 watts de salida con una señal de entrada de un volt y la impedancia de salida es de 4 ohms, observamos que el voltaje en las terminales de las bocinas es de 6.4 volts, lo cual representa sólo una ganancia de voltaje de 6.4 veces. Es aquí en donde el método de la relación de voltaje, para calcular la ganancia del amplificador, puede originar confusiones.

Supongamos ahora que se usa, en cambio el método dB. La ganancia de voltaje es 1.000 aportada por el preamplificador puede expresarse ahora como 60 dB. La ganancia de voltaje equivalente a 6.4 veces, obtenida por el amplificador de potencia, puede expresarse como 16 dB. Hasta estos momentos tenemos una ganancia total de 76 dB a la que se llega sumando la ganancia de dB en cada etapa.

La ganancia de potencia del sistema amplificador en todo su conjunto, puede calcularse fácilmente si expresamos la salida de micrófonos en watts o en dBm, o si se conocen las impedancias de entrada y de salida. El nivel de potencia en la entrada de amplificador de potencia es de 0.004 watts, según se cal-

cula al dividir la impedancia en ohms. entre el cuadrado del voltaje. Un vistazo a una tabla de conversiones de decibeles revela que una ganancia de potencia de 2.500 veces, de 0.004 watts, hasta 10 watts equivale a una ganancia de dB igual a 34. Así vemos que la ganancia total de los amplificadores es de 60 dB más 34 dB, o sea, una suma de 94 dB.

También puede determinarse la salida de micrófonos, expresándola en dBm, restando 34 dBm de 94 dBm, lo que indica que la salida de potencia de micrófonos es de - 60 dBm.

Al comparar la potencia de entrada con la potencia de salida observaremos que tenemos una ganancia de potencia de -- 2 500 000 000 ya que la potencia de salida del micrófono solamente es de 1/100 de microwatt y la potencia de salida del amplificador es de 10 watts. Esto indica que la ganancia de voltaje es de 68 dB, mientras que la ganancia de potencia es de 94 dB. Esto es consecuencia de que no se tomaron en consideración las impedancias.

Cuando las impedancias de entrada y de salida son iguales, es fácil calcular la ganancia de voltaje y la ganancia de potencia en dB. Supongamos que las impedancias de entrada y de salida de un amplificador son, ambas de 100 ohms. Si una señal de entrada al nivel de un volt ocasiona que el nivel de la se-

ñal a la salida del amplificador sea de 100 volts, sabemos que la ganancia de voltaje es de 100: 1, o 40 dB. La potencia de entrada será de 10 miliwatts ($W = E^2 / R$ o $1 \times 1 : 100 = 0.01$). La potencia de salida será de 100 watts ($100 \times 100 : 100 = 100$). La ganancia de potencia será, por consiguiente, de 10.000 : 1 o 40 dB, o sea, lo mismo que la ganancia de voltaje cuando se expresa en dB.

Por otra parte, si la impedancia de entrada es de 100 ohms y la impedancia de salida es de 10 ohms y la ganancia de potencia permanece en 40 dB, el voltaje de salida será solamente de 33 volts más o menos. La ganancia de voltaje será ahora cercana a 30 dB, en comparación con los 40 dB de la ganancia de potencia. De esta manera, es fácil observar la razón por la cual una tabla de dB es una herramienta útil al técnico en sonido.

3.2.4.4. Mediciones de ganancia.

En la Fig. 3.2.47 se ilustra la manera profesional para medir la ganancia. Se alimenta la salida de un generador de señal de audio, cuya impedancia de fuente es de 600 ohms, a través de un "equipo de ganancia" y un transformador igualador (T1), hasta la entrada del amplificador. El equipo de ganancia está constituido por tres o más atenuadores variables conectados en se-

rie, Por ejemplo, el equipo de ganancia puede estar formado por tres atenuadores de escalera de 10 pasos; uno de ellos suministrará 0.1 dB de atenuación por paso; el segundo tendrá pasos de 1 dB y el tercero de 10 dB. Esto permite variar el nivel de entrada sobre una escala de 111 dB en pasos de 0.1 dB.

El transformador T2 sirve para igualar la salida de 600 ohms del equipo de ganancia a la entrada del amplificador (50, 150, 250 ohms, etc.). La salida del amplificador se termina en una carga fantasma de 600 ohms (R4) a través del transformador T2 que transforma la impedancia de salida del amplificador hasta 600 ohms.

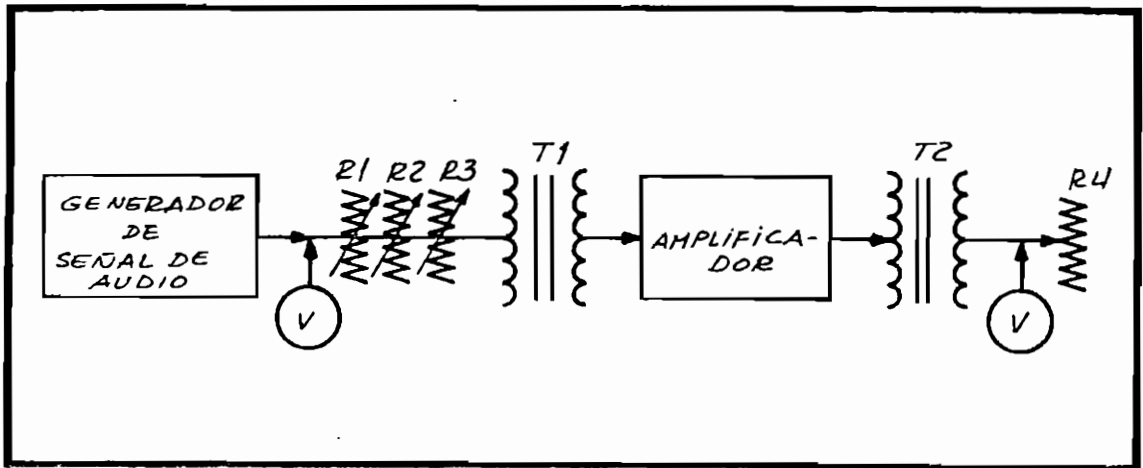


Fig. 3.2.47 TECNICA PROFESIONAL PARA LA MEDICION DE LA GANANCIA

El voltaje se mide a la salida del generador de señales y a través de la carga fantasma del amplificador. La finalidad es obtener la misma lectura en ambos medidores. Si los dos me-

didores indican, por ejemplo, un volt cuando el equipo de ganancia está ajustado a una atenuación de 100 dB, la ganancia del amplificador será igual a 100 dB. Dicho de otra manera, la ganancia se lee en las escalas de los atenuadores. Para usar esta técnica es esencial que las impedancias sean iguales en los puntos de medición del voltaje.

También es posible medir la ganancia de un amplificador aplicando una señal de entrada de voltaje conocido y midiendo a continuación el voltaje de salida. Esto se hace fácilmente si el voltaje de entrada es suficientemente grande para que pueda ser medido con una exactitud satisfactoria. Un medidor que indique con precisión un milivolt es caro. Un medidor que indique un volt con un grado de precisión aceptable es mucho más aceptable, barato y fácil de obtenerse. Bastará un vom o un vtvm ordinario.

Con el fin de medir la ganancia exactamente sin que haya necesidad de computar los niveles de potencia de entrada y salida, las mediciones deberán hacerse a través de impedancias de entrada y salida iguales. Desde el momento que las impedancias de entrada y salida de un amplificador de sonido público no son iguales, se necesita que haya transformación de impedancia a la entrada o a la salida del amplificador o en ambas. No todos los amplificadores de sonido público tienen idénticas combina-

ciones de impedancia de salida, pero casi todos tienen una terminal de salida de 8 ohms. Por consiguiente, si tomamos la señal de salida de la terminal de 8 ohms, obtendremos una norma común. El voltaje de salida aproximado en las terminales de 8 ohms, a diversos niveles de potencia, puede leerse en la tabla siguiente:

NIVELES DE POTENCIA Y DE VOLTAJE EN LAS TERMINALES
DE SALIDA DE 8 OHMS.

Watts	dBm	Volts.
1	30	2.8
2	33	4.0
4	36	5.6
8	39	8.0
10	40	9.0
16	42	11.2
20	43	13.6
30	45	16.2
40	46	18.0
50	47	20.0
60	48	22.7
100	50	31.8

3.2.4.5. Tipos de amplificadores de sistemas de sonido.

a) Tabla comparativa:

<u>DESIGNACION</u>	<u>ENTRADA DE</u>	<u>SALIDA DE</u>	<u>FUNCIONES</u>
Preamplificador de micrófono	Micrófono de Z bajo o alto	Mezclador o amplificador de potencia	Aumentar el nivel de señal, igualar impedancias y/o líneas balanceadas y no balanceadas.
Preamplificador de cintas.	Cabeza reproductora de cintas.	Mezclador o amplificador de potencia	Aumentar el nivel de la señal.
Fono preamplificador	Fonocaptador magnético	Mezclador o amplificador de potencia	Aumentar el nivel de la señal.
Nivelador de audio	Micrófono de Z bajo o alto.	Mezclador o amplificador de potencia	Mantener un nivel de señal constante.
Limitador o compresor de audio	Micrófono de Z bajo o alto	Mezclador o amplificador de potencia	Impedir nivel de señal excesivo.
Amplificador de línea	Mezclador o línea de 150 a 600 ohms.	Amplificador de potencia o línea de 150 a 600 ohms.	Desviar pérdidas de línea de transmisión.
Mezclador amplificador	Dispositivos diversos.	Amplificador de potencia.	Mezclar señales e incrementar niveles de señales.
Amplificador de potencia de entrada sencilla.	Línea remota o micrófono de Z alto o bajo.	Bocinas	Aumentar la potencia de señales.

Tabla comparativa (continuación):			
Amplificador de puente	Línea de 600 ohms.	Bocinas	Aumentar la potencia de señales.
Amplificador de potencia de entrada múltiple.	Dispositivos diversos	Bocinas	Mezclar señales y aumentar la potencia de la señal.
Amplificador intensificador	Amplificador de potencia	Bocinas	Aumentar la potencia de la señal.

b) Amplificadores de potencia:

Un amplificador de potencia de tipo comercial no debe tener, necesariamente, suficiente ganancia para permitir el uso de micrófonos sin usar preamplificadores externos. Un buen amplificador de potencia, por otra parte, contiene, con frecuencia, los preamplificadores necesarios. Un amplificador de puente es un amplificador de potencia solamente con una entrada y está proyectado para ser alimentado desde un circuito de distribución de señales de bajo nivel (tal como una línea de 600 ohms), tal como se ilustra en la Fig. 3.2.48.

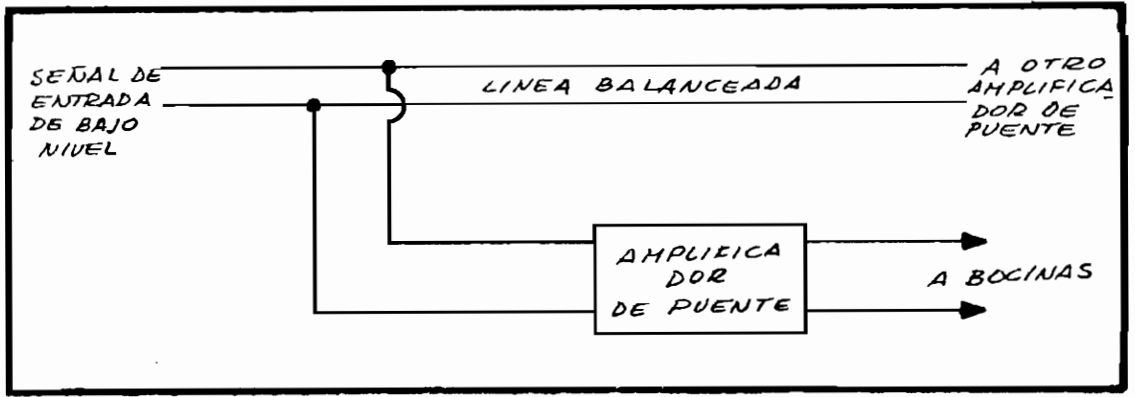


Fig. 3.2.48 APLICACION DE UN AMPLIFICADOR DE PUENTE

c) Preamplificadores:

Se usa preamplificadores externos del micrófono cuando la ganancia del amplificador de potencia es inadecuada o cuando se necesita un cable de micrófono excepcionalmente largo. El preamplificador se conecta entre el micrófono y el amplificador de potencia (como en la Fig. 3.2.49). Al usarse un cable de micrófono largo, el preamplificador está colocado, usualmente, cerca del micrófono, De esta manera, se reduce el zumbido y el ruido captado al elevar el nivel de la señal en el cable más largo a un plano muy superior al del nivel del zumbido y ruido.

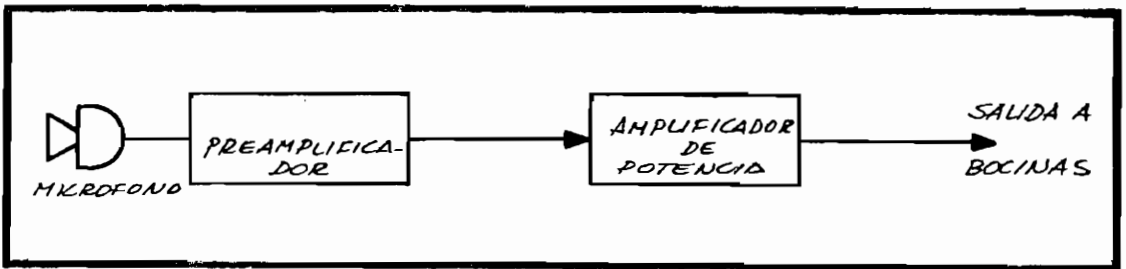


Fig. 3.2.49 APLICACION DE UN PREAMPLIFICADOR

El preamplificador puede tener una ganancia fija o un control de nivel.

Un nivelador de audio es un preamplificador provisto de una ganancia controlada automáticamente, de manera que su nivel de salida permanezca relativamente constante, aún cuando el nivel de señales varíe mucho. La función de un nivelador de audio no es la de aumentar la ganancia. Suministra una señal al mismo nivel como de un micrófono, pero sin las grandes variaciones originadas al variar la distancia del micrófono y el nivel de la voz del que habla.

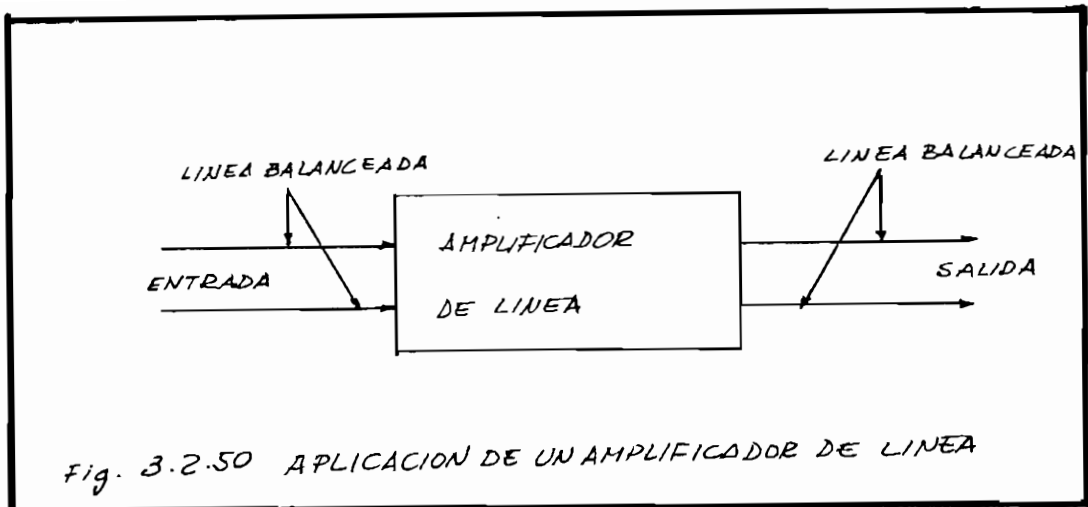
Un amplificador limitador y un amplificador de compresión también son preamplificadores para suministrar ganancias y para mantener un nivel de salida relativamente constante. Estos dos dispositivos impiden la existencia de un nivel de salida excesivo. Por ejemplo, si un amplificador de esta clase se ajusta para que suministre una señal de salida de 1.75 volts, la salida permanecerá, aproximadamente, a ese nivel al variar el nivel de salida del micrófono sobre una escala de 20 dB típica. Un amplificador de compresión ayuda a mantener un nivel de sonido constante al reducir su ganancia automáticamente a medida que aumenta la salida del micrófono y viceversa. Por otra parte, no cambia la ganancia de un amplificador limitador, pero sí limita automáticamente el nivel de su señal de salida dejándola lle-

gar a un valor determinado previamente.

Estos amplificadores ayudan a mantener un nivel de salida de bocina más alto. En vez de dejar que una persona "obtenga ganancia" a medida que un ejecutante se aproxime o se retire del micrófono, el amplificador limitador o de compresión mantiene en forma automática el nivel del sonido producido al valor al que se hizo previamente el ajuste.

d) Amplificador de línea:

El micrófono puede estar situado a una distancia considerable del amplificador de potencia cuando se usa una línea telefónica para alimentar la señal al amplificador de potencia. En el sitio en donde se encuentra el micrófono se usa un preamplificador que está proyectado para alimentar su señal de salida, a una línea de 600 ohms a un nivel de 0 dBm, o un poco más alto. Existe una pérdida de transmisión en la línea entre la salida del preamplificador y la entrada del amplificador de potencia. Si esta pérdida es excesiva, puede insertarse en la línea un amplificador de línea, tal como se muestra en la Fig. 3.2.50. El amplificador de línea puede colocarse cerca del preamplificador o del amplificador de potencia o en algún punto intermedio. Es posible que se necesite más de un amplificador de línea.



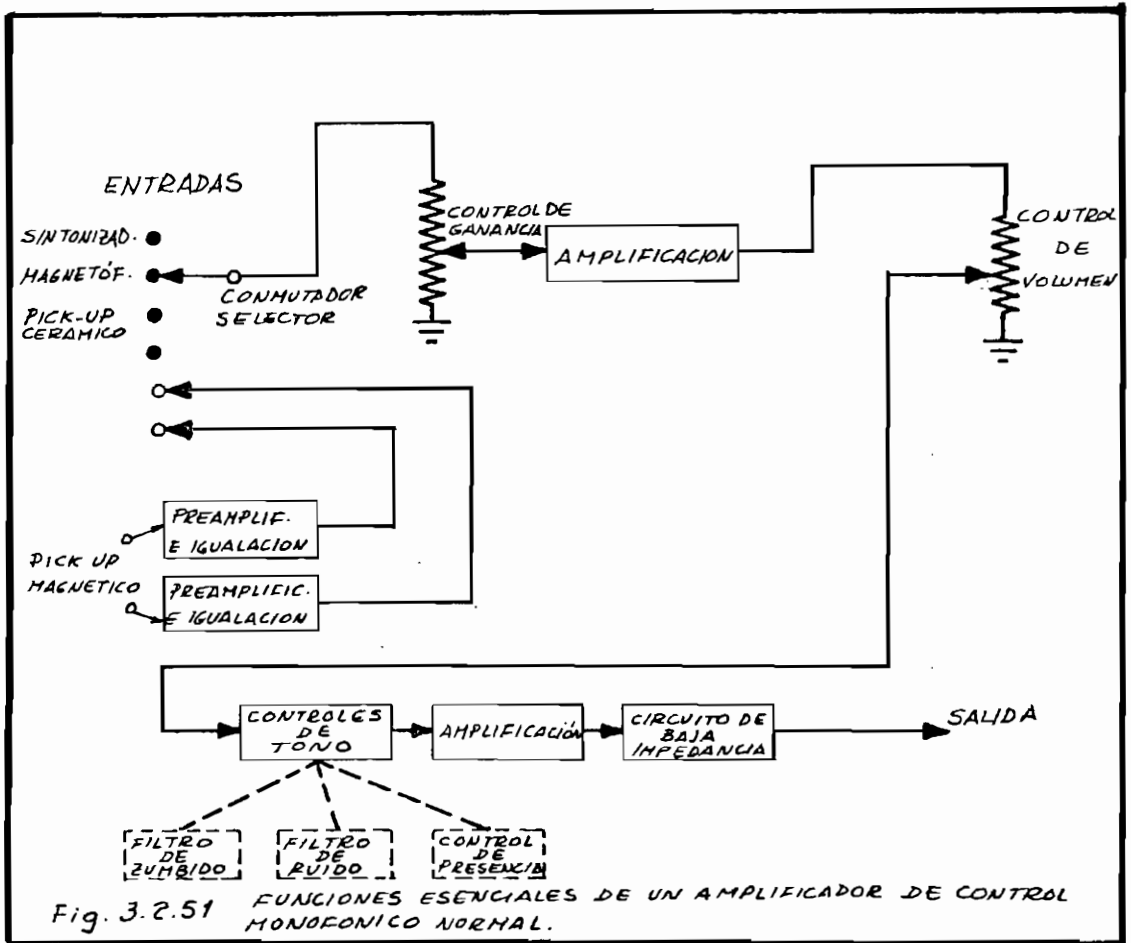
3.2.4.6. Elementos de control de un amplificador.

En un amplificador estereofónico, existen los órganos normales de regulación de cualquier amplificador de baja frecuencia, de alta fidelidad. Ahora bien, las exigencias funcionales de la estereofonía imponen la duplicidad de algunos de estos órganos, como por ejemplo los potenciómetros, con la condición, adicional en estos, de identidad de comportamiento en forma que, para cualquier posición de los cursores se obtengan con ambos iguales características respuesta - frecuencia.

A continuación vamos a enumerar los distintos órganos de control, tanto en lo que se refiere a aquellos específicos para los amplificadores estereofónicos, como a los comunes a éstos y a los monofónicos de alta fidelidad.

Considerando la Fig. 3.2.51 en la que se esquematizan

las funciones esenciales de la unidad de control de un amplifi-
 cador normal, vemos en primer lugar el selector de entradas;
 el control de ganancia, cuya misión es dar paso hacia el elemen-
 to amplificador a una proporción variable, según la ganancia
 deseada, de la señal de entrada, dependiendo del valor de ésta.



A continuación están el amplificador propiamente dicho y el control de volumen; denominamos así al órgano regulador de la señal en relación con la curva fisiológica del oído del oyente.

Los elementos siguientes son los controles de tono, tanto para los graves como para los agudos. El control de graves actúa sobre el nivel de señales cuya frecuencia es inferior a 1 KHz, mientras el de los agudos con frecuencias superiores. Estos dos controles permiten, generalmente, una variación del orden de ± 15 dB, respectivamente a 10 KHz a 50 Hz.

Después de una nueva ampliación se pasa a un circuito de baja impedancia que permite utilizar un cable de cierta longitud entre la unidad de control y los amplificadores de potencia, con una pérdida razonablemente baja.

Además de los circuitos enumerados, encontramos en la figura, dibujados en línea de trazos los tres siguientes:

Filtro de zumbido.- Por medio de un interruptor puede intercalarse en el circuito un filtro especial que corta una parte de las frecuencias bajas para evitar el zumbido mecánico originado por el elemento de entrada, especialmente en el caso de un tocadiscos.

Filtro de ruido.- Este filtro no suele encontrarse mas que en los equipos de alta calidad y tiene por objeto atenuar al máximo las frecuencias altas, con el fin de eliminar, en lo posible, el "ruido de aguja", en el caso de pick ups o bien o-

tros ruidos de alta frecuencia en el caso de magnetófonos o sin tonizadores.

"Conmutador de presencia".- Para reelevar a determinadas frecuencias medias.

Además de los anteriores controles existen otros órganos específicos de los equipos estereofónicos, y a ellos se estudia rán más detalladamente.

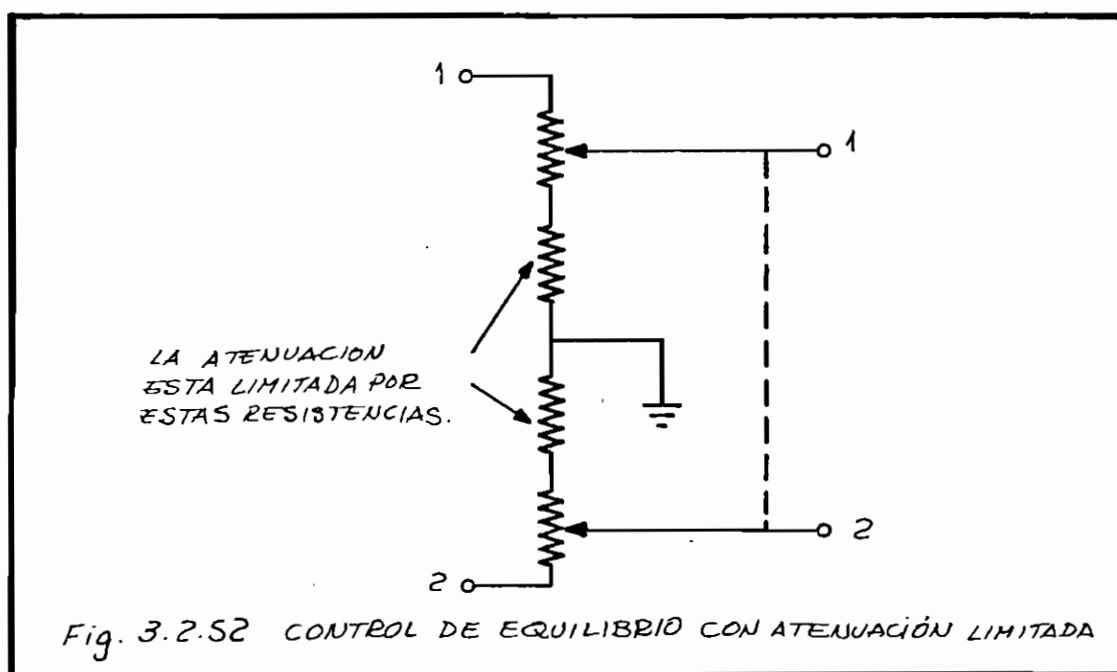
El problema del equilibrio y de la puesta en fase de ambos canales estereofónicos es esencial en estos sistemas. Resulta totalmente necesario que la ganancia correspondiente a uno y otro canal sea la misma en todo instante, con independencia de las restantes condiciones de la reproducción.

Equilibrio entre canales.- El oyente debe tener a su alcance un medio de ajustar los niveles de ambos canales para coordinarlos entre sí. En efecto, teóricamente, los canales sufren una amplificación idéntica, pero ciertas disposiciones de la sala de escucha o la situación del oyente en ella, e incluso las características auditivas del mismo, pueden obligar a efectuar un ligero ajuste entre los dos canales.

Los potenciómetros de variación logarítmica, de tipo

convencional, no resultan suficientes para conseguir una exactitud total, por lo que se hace preciso el empleo de resistencias lineales de precisión con tomas a intervalos logarítmicos.

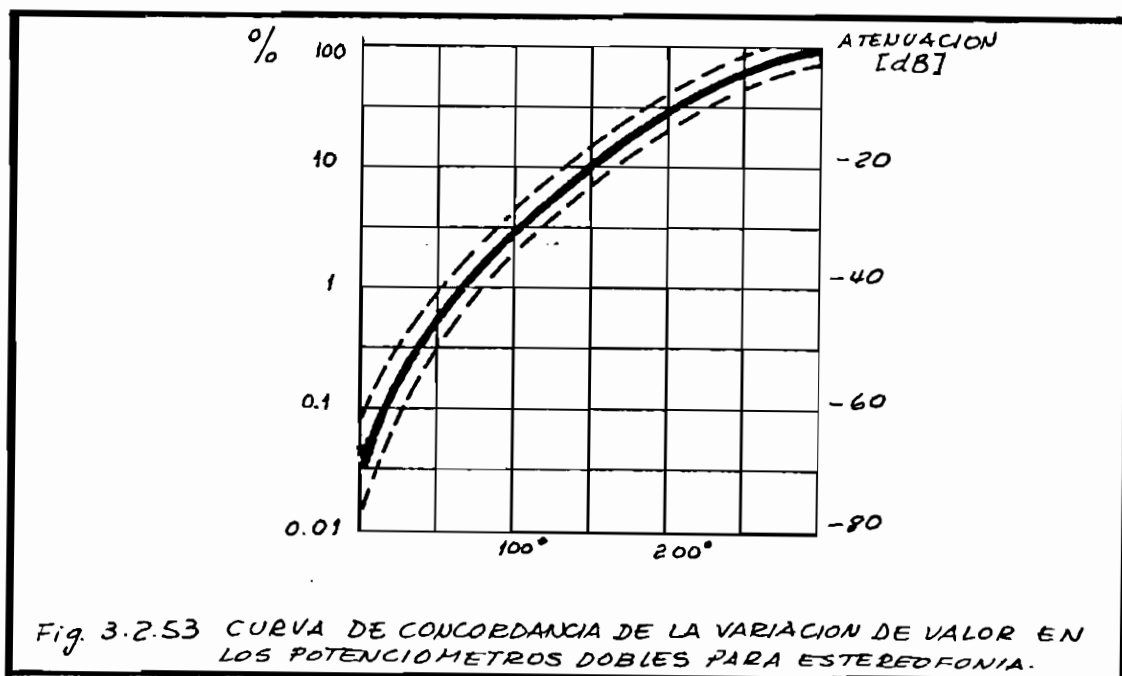
En la Fig. 3.2.52 se muestra el principio esquemático utilizado en el control de equilibrio, permitiéndose mediante ese artificio el aumento del nivel de un canal al tiempo que disminuye el del otro, aunque permanece siempre constante el nivel combinado de ambos. Como puede verse en la figura, ambos controles actúan por medio de un mismo eje.



En algunos casos existen controles de ganancia independientes para cada uno de los canales, pero ello presenta algunos inconvenientes, entre los que es de los más importantes, el de que el nivel total no permanece constante. Afortunadamente, sólo

un pequeño número de amplificadores están equipados en esta forma.

Ahora bien, sea cual sea el tipo de potenciómetro empleado es preciso que cumplan con variaciones idénticas (dentro de los límites de fabricación hoy conseguidos). Se usan, para poder establecer calidades en los mismos, curvas de variación de los dos elementos combinados. Un valor aceptable debe corresponder, bastante aproximado, a la curva continua representada en la Fig. 3.2.53.



Si se tiene en cuenta que se precisa una amplitud de regulación de unos 40 dB para el caso de un amplificador normal, y que la atenuación es de - 60 dB para la posición inicial, se comprende que la primera parte de la curva debe ser de pendien-

te muy fuerte a fin de llegar rápidamente a los 40 dB que se alcanzan así hacia los 50° a 60° . La curva es después casi lineal.

Puede admitirse una tolerancia de 2 a 3 dB, con respecto a esta curva entre ambos elementos del potenciómetro.

En todo lo anterior, al referirnos al control de equilibrio de los dos canales estereofónicos, hemos estado suponiendo que tanto los altavoces como los amplificadores eran idénticos, pues bien, si se diera el caso de que esto no fuese así, es decir que los altavoces tuviesen distintos rendimientos y los amplificadores de potencia diferente ganancia, el ajuste del sistema exigiría otros métodos, conviniendo en este caso cambiar el altavoz de mayor rendimiento con el de mayor ganancia, como se ve en la Fig. 3.2.54, en cuyo esquema se ha supuesto que el altavoz del canal 1 precisa 8 watos para originar la misma salida que el otro que es alimentado por 6 watos.

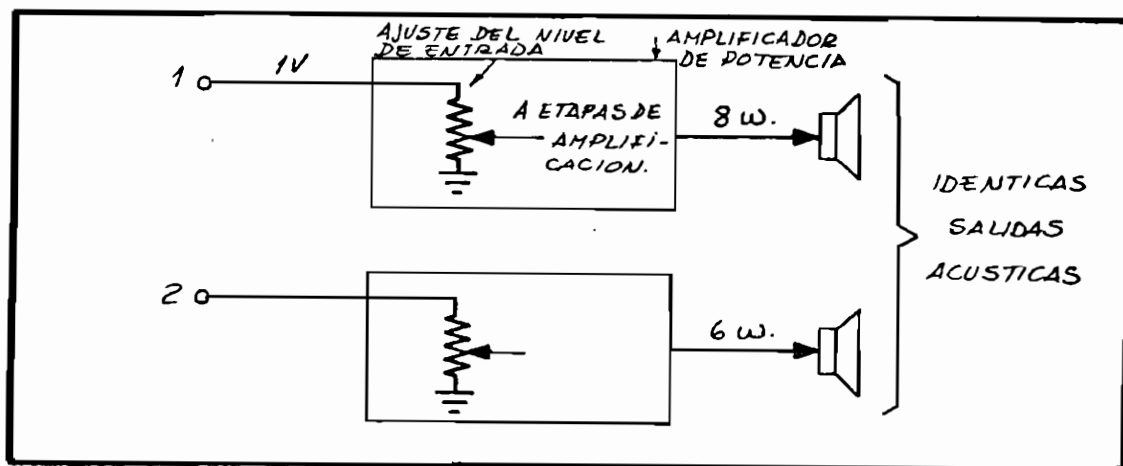
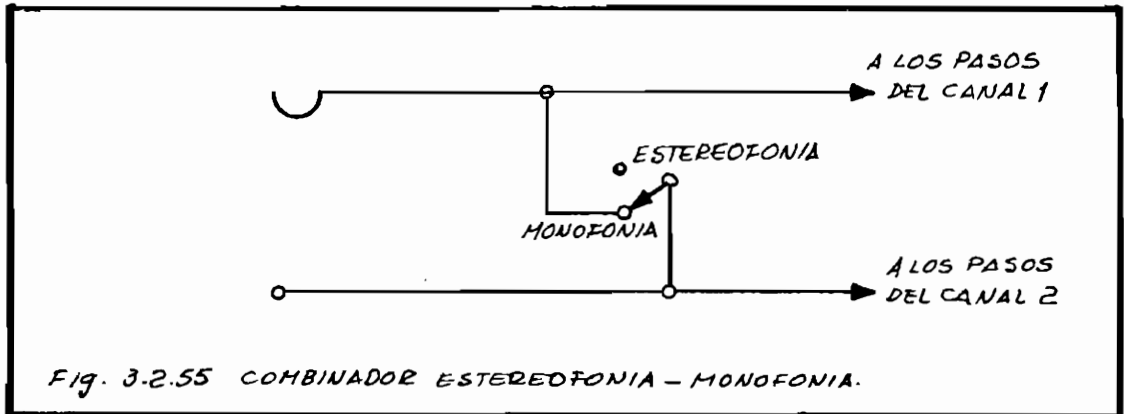
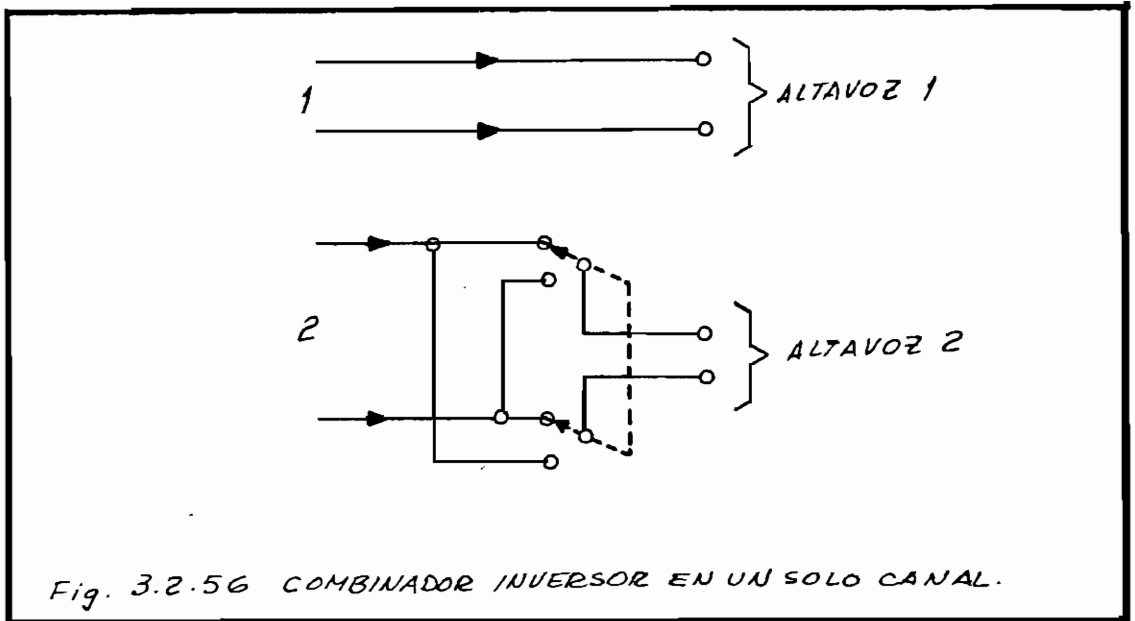


Fig. 3.2.54 METODO DE AJUSTE DE CANALES CUANDO LOS COMPONENTES NO SON IDÉNTICOS.

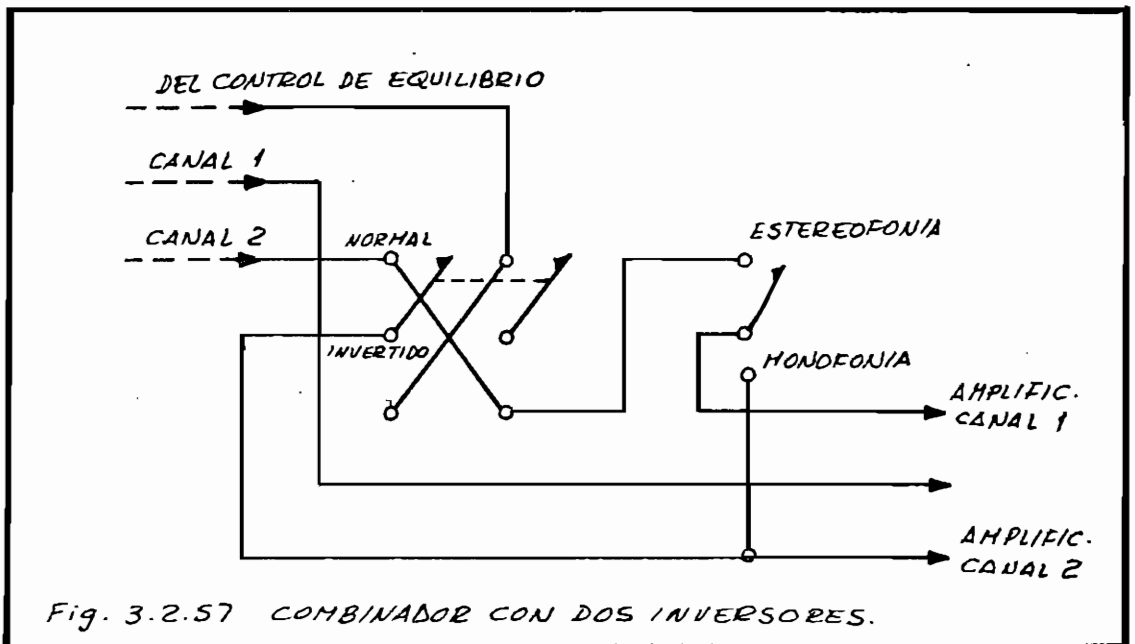
En muchos casos, la instalación estereofónica se utilizará también en monofonía. A este fin es preciso prever un combinador que permita realizar la adaptación. Este elemento conmutador deberá poseer entre otras las posiciones siguientes: Monofonía, en cuya posición se disponen los dos canales en paralelo para conseguir una monofonía de máxima calidad; y , Estereofonía en la posición normal. En la Fig. 3.2.55 se muestra el conmutador que combina la salida de ambos canales estereofónicos.



Se puede también, en algunos casos, conseguir estereofonía inversa, llevando la señal 1 al canal 2 y viceversa. En la Fig. 3.2.56 se muestra un conmutador de inversión, colocado en un sólo canal, mientras en la Fig. 3.2.57 se esquematiza un selector con dos inversores para los dos canales, con los que pueden combinarse ambos para conseguir la reproducción monofónica.

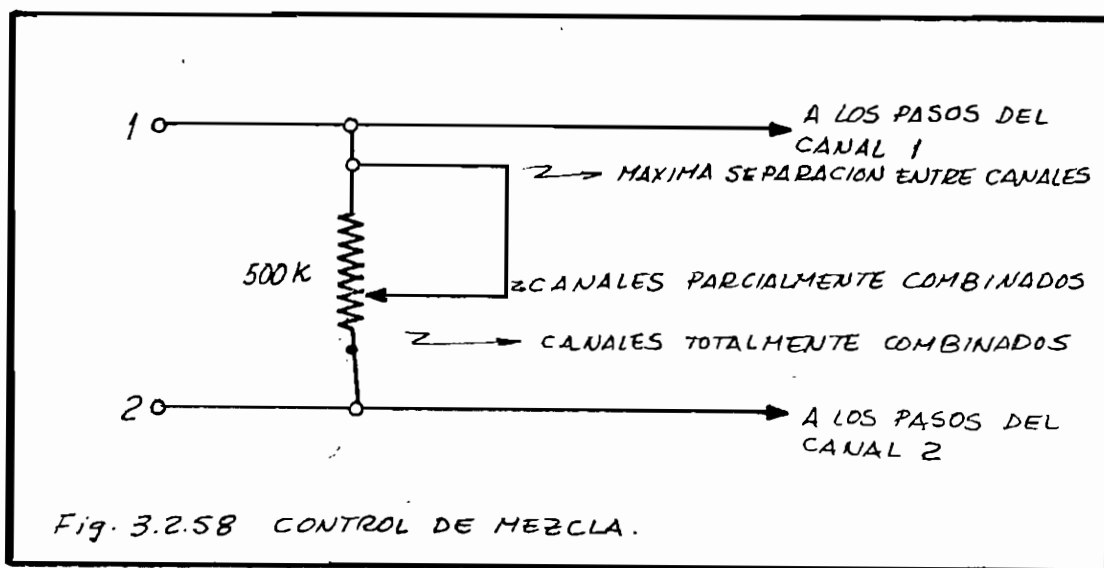


Este conmutador tiene por finalidad poder invertir las conexiones de uno de los dos altavoces para conseguir que la relación de fase sea apropiada.



Para evitar el desagradable fenómeno de "agujero en el cen

tro", citado anteriormente, es conveniente realizar el "control de mezcla" de los dos canales que reduce la "separación estereofónica" cuando éste es necesario. Cuanto mayor sea la similitud conseguida entre los sonidos correspondientes a cada uno de los altavoces, menor será este fenómeno. Ver Fig. 3.2.58.



3.2.5. Dispositivos de salida.

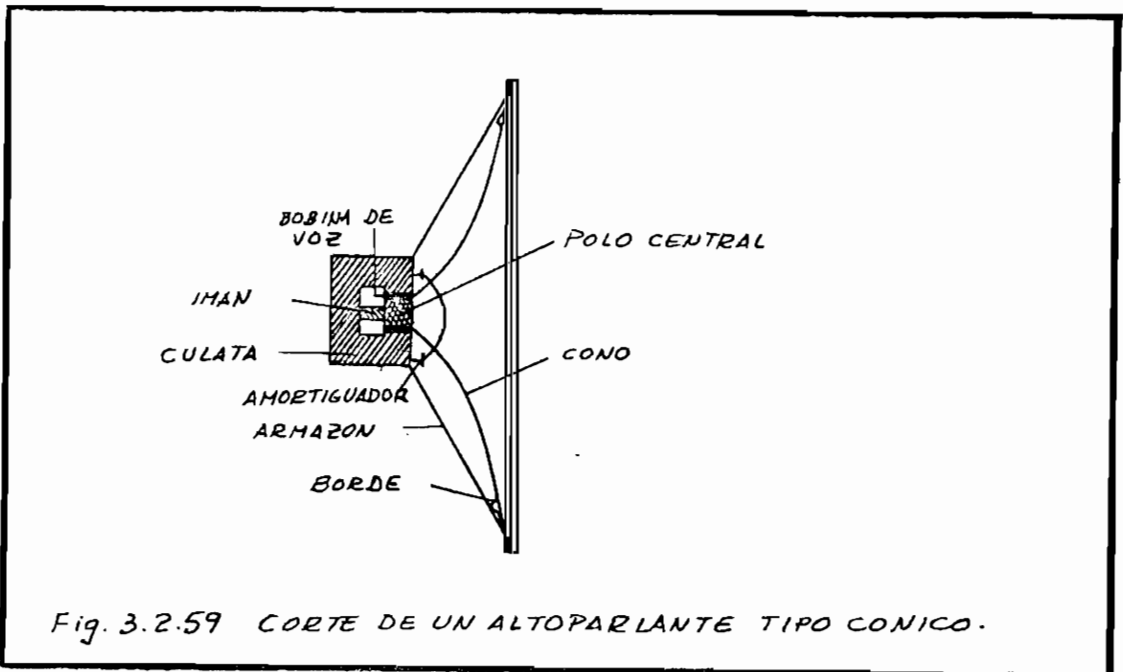
3.2.5.1. Altosparlantes.-

a) Estructura y funciones:

La señal procedente del amplificador pasa a través de una bobina ("bobina de voz"), que está suspendida entre los polos y alrededor del polo central de un imán permanente, de gran tamaño y potencia. La interacción entre este campo magnético

permanente y el campo magnético alterno generado por la señal en la bobina, hace que ésta vibre al unísono con la señal. Una membrana en forma de cono, conectada a la bobina pasa estas vibraciones a los alrededores, creando ondas sonoras.

En la Fig. 3.2.59 se muestra un corte transversal de un altoparlante.



El cono del altoparlante que es una masa que vibra mecánicamente, tiene un punto de resonancia, el cual es una frecuencia de sonido a la que el cono vibra más, y en cuya vecindad sobreacentuará el sonido.

Una de las tareas principales de los diseñadores de altoparlantes es, por lo tanto, eliminar esta resonancia o por lo

menos controlar o disminuirla por debajo de la frecuencia audible más baja. Esto se hace mediante un cono de papel y diseños de conos especialmente seleccionados.

b) Altoparlantes de doble cono y coaxiales:

Por otra parte, un altoparlante puede reproducir solamente los sonidos en un alcance limitado. Así, los altoparlantes de gran diámetro para el alcance de agudos. Como la mayoría de equipos de audio, portátiles y económicos, tienen un sólo altoparlante para todos los alcances, se han concebido varias vías para dividir el espectro del sonido en dos o tres alcances y alimentar cada parte a un cono de dimensiones apropiadas. Un método apropiado es el altoparlante de doble cono, que en realidad es un sólo cono hecho de dos diferentes tipos de papel para los alcances de bajos y altos. Otro sistema es el altoparlante coaxial, que tiene un gran cono de papel para el alcance de bajos y una pequeña bobina para el espectro de medios y altos. Existen además, diseños con tres altoparlantes coaxialmente dispuestos para bajos, medios y altos, denominados triaxiales. En el altoparlante coaxial, muchas veces hay una red de transición que divide las señales en porciones adecuadas, y controles de nivel (alternadoras) para cada alcance.

c) Sistemas de dos, tres y cuatro vías:

Por extensión lógica de este principio, llegamos al sistema de dos, tres o cuatro altoparlantes separados montados en una caja. De acuerdo con el número de secciones en que se divide el espectro de audio, estos sistemas son denominados, de dos-vías, tres-vías, o cuatro-vías. El número de altoparlantes que se encuentra en tales cajas, no es siempre igual al número de vías, porque los "tweeters" de alcance de altos y altavoces del alcance medio vienen doblados en forma que se pueden obtener sistemas de 3-vías, 4-altoparlantes o 3-vías 5-altoparlantes.

En tales sistemas, cada altoparlante puede ser diseñado para reproducir lo mejor posible su alcance de sonido proporcionado. El "woofer" de alcance de graves es generalmente de gran diámetro (20.25 o 30 cm.) y considerable peso debido a su imán grande y pesado. El altoparlante de medio alcance, de unos 10 cm. de diámetro, reproduce el alcance de sonido de aproximadamente 500 a 2.000 o 3.000 Hz.

Las dos o tres octavas superiores -hasta unos 20.000 Hz en altoparlantes hi-fi excelentes- son el dominio del "tweeter", ya sea un altoparlante pequeño de cono de papel, o de tipo de cúpula con una membrana en forma de cúpula o el tipo de bocina con una bocina metálica en lugar de cono. (Las bocinas son más eficientes para acoplar las vibraciones de sonido con el ai

re, como la boca de una trompeta). Un diseño relativamente nuevo es la bocina multicelular usada para los medios alcances y "tweeters" y está dividida en más o menos una docena de células. El propósito es difundir el sonido más ampliamente por todo el recinto.

d) Direccionalidad:

Los altoparlantes tienen las características, muchas veces deseadas y otras no, de radiar el sonido a un cierto ángulo claramente definido, el cual es cada vez más estrecho a medida que la frecuencia aumenta. Por lo tanto los altoparlantes para altas frecuencias tienen una direccionalidad más definida. Como esto afectaría la difusión del sonido en el cuarto de escucha e impide definir la posición más adecuada para escuchar, los diseñadores de altoparlantes idearon varios métodos para vencer esta deficiencia. Uno de éstos es el diseño de la bocina multicelular, otros incluyen el altoparlante para altas frecuencias (tweeter) del tipo de cúpula o un pequeño reflector llamado "difusor" montado antes del "tweeter".

Lo que le complica al audio-amateur es que la caja acústica con cinco altoparlantes no siempre suena mejor que una con cuatro, hay otros factores importantes como la calidad de cada altoparlante y la forma como están acoplados, el tamaño,

forma y peso de la caja acústica y la sala de audición.

e) Cajas acústicas:

Las cajas pueden dividirse principalmente en dos tipos: cajas cerradas y de tipo de reflexión de bajos.

Una caja cerrada está herméticamente sellada por detrás de forma que el sonido emanado por la parte trasera de los alto parlantes es absorbido en la caja (la cual está generalmente forrada interiormente con un material, absorbente de sonido, hecho

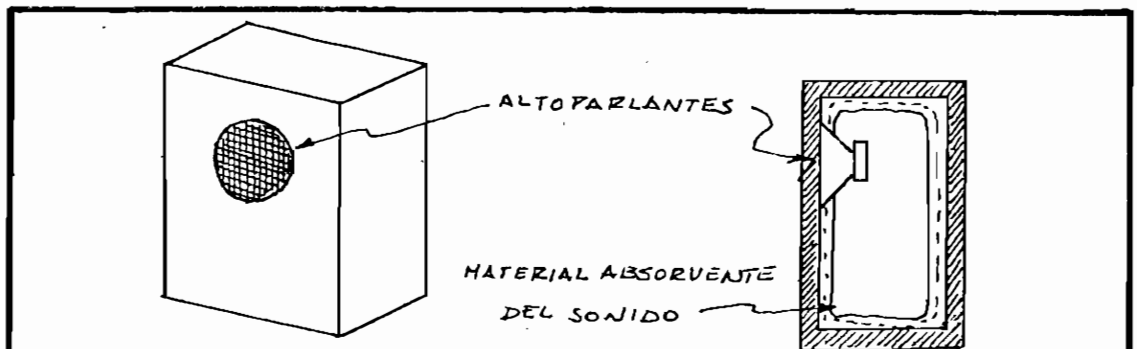


Fig. 3.2.60 CAJA CERRADA.

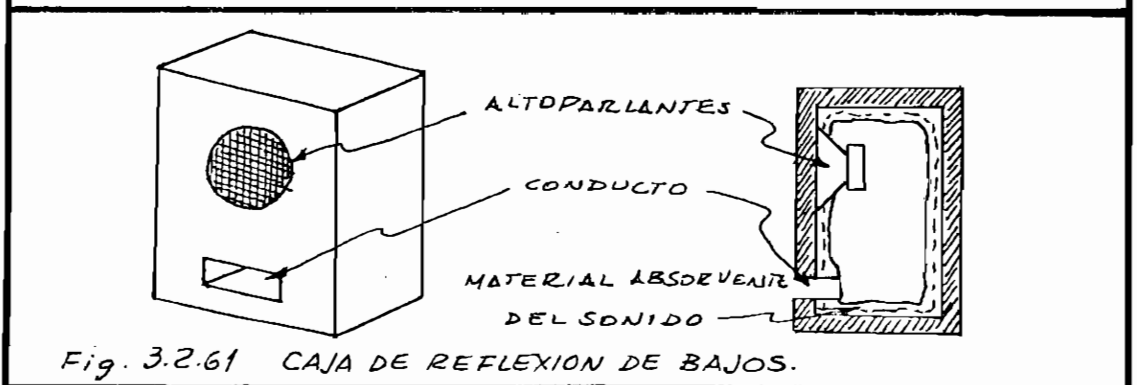


Fig. 3.2.61 CAJA DE REFLEXION DE BAJOS.

de fibra de vidrio o espuma plástica). Fig. 3.2.60. Solamente

el sonido procedente de la parte frontal de los altoparlantes es radiado en el cuatro. Las cajas cerradas generalmente sobresalen en claridad y sutileza, pero requieren dimensiones más voluminosas para obtener una respuesta de bajos satisfactoria. Una moderna variedad de la caja cerrada es el, de tipo de suspensión aérea, casi siempre usado en sistemas de altoparlantes compactos para estanterías, en el cual el altavoz para bajas frecuencias (woofer) está montado en una pantalla acústica blanda y suspendida de forma que puede efectuar mayores movimientos para una mejor respuesta de bajos.

El tipo de reflexión de bajos, por otra parte, refuerza los sonidos bajos haciendo que parte del sonido trasero pase hacia el frente a través de un conducto o puerta (ver Fig. 3.2.61). En otras palabras, actúa como si se hubiesen instalado dos woofers. La clave para el buen éxito en el diseño de este tipo radica en inversión de fase que debe efectuar la caja, porque de otra forma, el sonido procedente del altoparlante y el del conducto estarían desfasados y podrían cancelarse entre sí. Las cajas de reflexión de bajos están ampliamente usadas debido a su pequeño volumen en comparación con las cajas cerradas, pero su desventaja es que el alcance de bajos suena muchas veces algo estruendoso.

f) Elección de los altoparlantes:

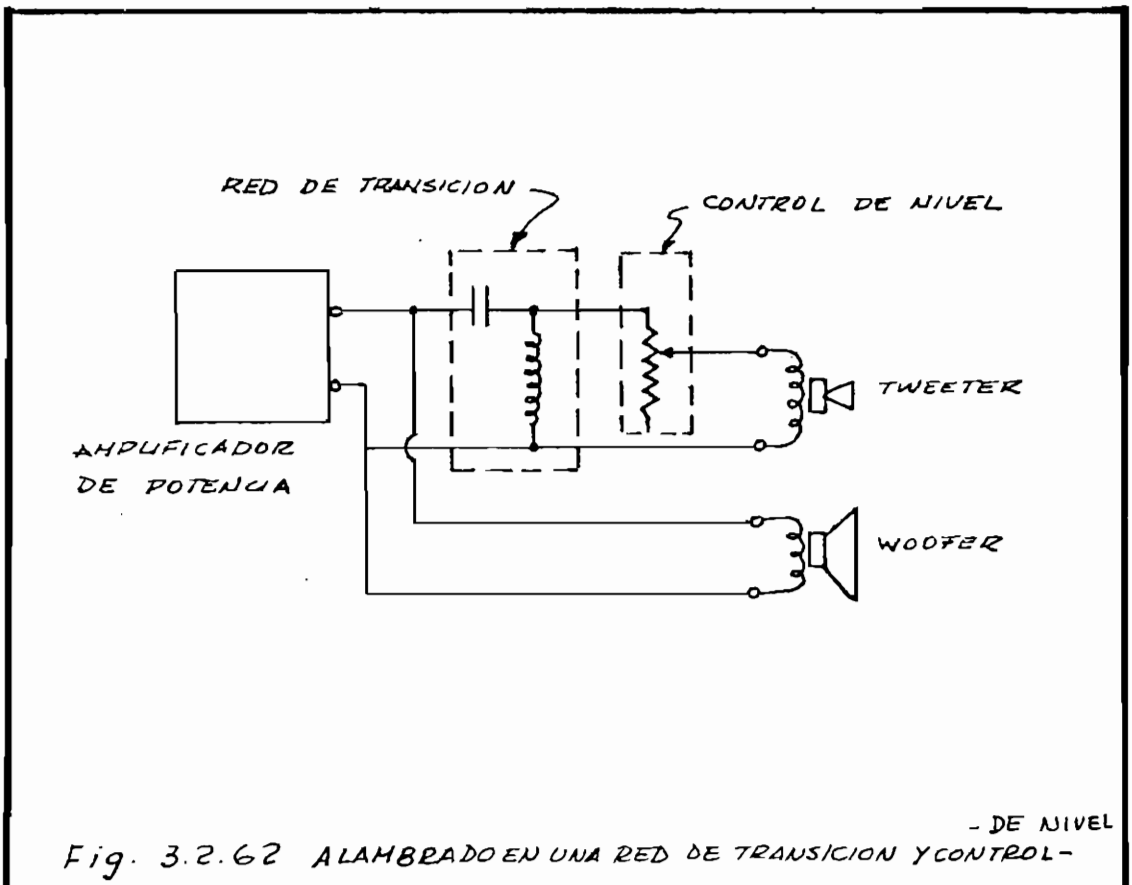
La elección de un sistema de altoparlantes quizás sea algo dificultosa porque las especificaciones de los fabricantes dicen muy poco acerca del carácter del sonido. El alto parlante ideal, por supuesto, será aquel que reproduzca todo el alcance de sonidos sin aumentar ni disminuir nada, pero esto es prácticamente imposible, todos los altoparlantes tienen sus características individuales llamadas "coloración" o "transparencia" u otra de estas palabras abstractas. Cuando se elige un sistema de altoparlantes, las especificaciones deberán usarse para determinar el tamaño general, tipo y alcance de potencia, pero la elección final deberá hacerse ya sea después de pruebas comparativas, preferiblemente con el amplificador propio y en el cuarto de escucha propio, o si esto no es posible, simplemente confiando en un fabricante de renombre.

g) Red de transición, controles de nivel:

Las partes auxiliares en un sistema de altoparlantes incluyen la red de transición y muchas veces uno o más controles de nivel. La red de transición es un circuito electrónico que divide el espectro del sonido en el número de vías necesarias, 2 vías en un sistema de alcance de bajos y medio-altos, y 3 vías en uno de alcance de bajos, medios y altos. Este circuito consiste en una combinación de bobinas y capacitores, casi siempre equipado con núcleos de bobina de ferrita que permiten una me-

mejor amortiguación y un diseño más compacto. Las frecuencias fronterizas entre un alcance y otro son llamadas "puntos de transición". Desafortunadamente, éstas están fijas e inflexibles en tal red de transición, y no siempre desarrollan igual respuesta en cada alcance de sonido.

El control de nivel es un simple atenuador que permite suprimir o reforzar los alcances medios o altos. Es un medio muy cómodo para adaptar la respuesta del altoparlante a las características de la sala de audición. Ver Fig. 3.2.62.



h) Especificaciones de los altoparlantes:

1. Número de vías, número de altoparlantes. Por ejemplo: 2-vías, 2-altoparlantes, 4-vías, 4-altoparlantes, etc. Desafortunadamente, el número de vías y de altoparlantes no siempre tiene relación directa con la calidad de sonido.

2. Impedancia de entrada. Es la impedancia de carga del sistema de altoparlantes a medida a la salida del amplificador. 4, 8 y 16 ohmios son los valores internacionalmente estandarizados para que los altoparlantes sean activados por amplificadores a transistores. No crítico.

3. Habilidad de potencia máxima. También denominada "potencia de entrada máxima". La potencia (en vatios) que el sistema de altoparlantes puede desarrollar sin sufrir daños. Muchas veces se da un valor límite más alto que describe la potencia máxima de entrada de picos cortos y transistores. La habilidad de manejo de potencia no necesita ser igual o mayor que la salida del amplificador a no ser que el amplificador esté funcionando a todo volumen, lo que casi no ocurre en las instalaciones de casas.

4. Respuesta de frecuencia. El ancho del espectro de sonido (en Hz) que el altoparlante puede reproducir. Tomando

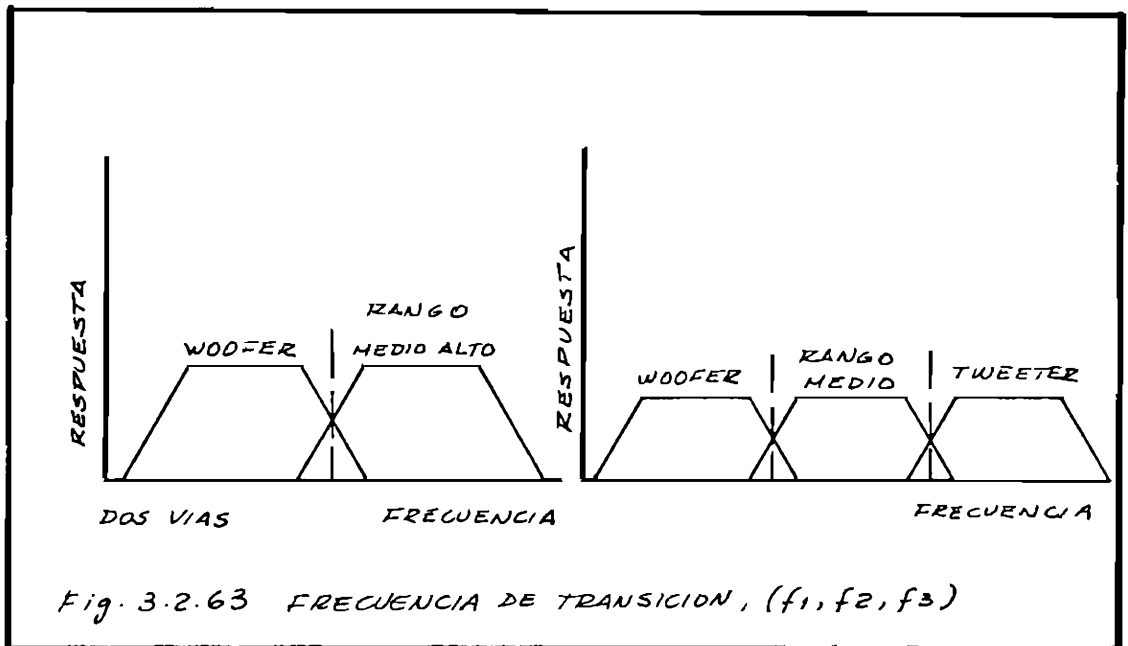
1000 Hz como nivel de referencia, los límites superior e inferior son los puntos en los que el altoparlante desarrollará todavía $1/3$ del nivel de presión de sonido ($= -10$ dB). Son mejores las respuestas de frecuencia más amplias. 60 15000 Hz es suficiente.

5. Eficiencia. (También muchos lo llaman "sensitividad" o "nivel de la presión de sonido"). Medida en dB/o ubar/W. Es la sonoridad del altoparlante medida en una cámara anecoica con 1W de potencia de entrada y a una distancia de 1m (o muchas veces 50 cm.) del altoparlante, directamente en frente de éste. La eficiencia es mejor cuanto más alto sea el valor. Nótese que con valores dados en ubar, y medidas a 50 cm. de distancia los valores resultarán 4 veces más grandes que medidos a 1m.

Como los sistemas de altoparlantes grandes, especialmente las cajas de reflexión de bajos grandes, tienen mayor eficiencia que las cajas pequeñas, se origina una situación aparentemente paradójica: los altoparlantes pequeños requieren mayor potencia de salida que los grandes.

6. Frecuencia de transición. Fig. 3.2.63. Las "fronteras" entre los alcances bajo, medio y alto en un sistema de altoparlantes de 3-vías, o entre bajo y medio/alto en uno de 2-vías. Generalmente no ajustable. No contiene información

acerca de la calidad del sonido.



7. Presencia (o ausencia) de terminales separados para el uso de instalaciones de amplificadores múltiples. De interés sólo para los serios aficionados al hi-fi que planean agrandar sus sistema a una configuración de amplificadores múltiples.

i) Altavoces a emplear con sistemas estereofónicos:

Hay que aclarar que con los altavoces del tipo clásico utilizados en la reproducción monofónica es muy difícil, conseguir resultados satisfactorios desde el punto de vista estereofónico, por lo que en aquellos casos que se desea una calidad elevada ha sido preciso recurrir al empleo de altavoces especiales.

En algunos casos se considera necesario que los altavoces de los dos canales sean idénticos, pues se concluye que el utilizar uno de ellos, en cada canal, para graves y otro u otros para agudos sólo daría buenos resultados en la reproducción de programas determinados que correspondiesen a esa distribución del espectro sonoro en el espacio. Claro es que la disposición, de instrumentos en una orquesta, por ejemplo, se rige por normas casi invariables, lo cual apoya la idea de la desigualdad de los altavoces de los dos canales.

Una solución intermedia es la ya citada, de usar tres altavoces, uno de ellos para frecuencias bajas y un grupo de dos o tres para las agudas, con filtros y células de repartición. En la Fig. 3.2.64 se da un esquema de montaje a base de tres altavoces.

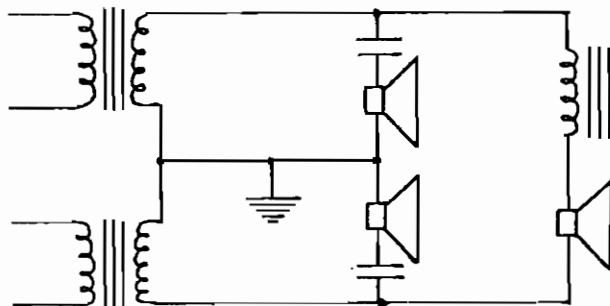
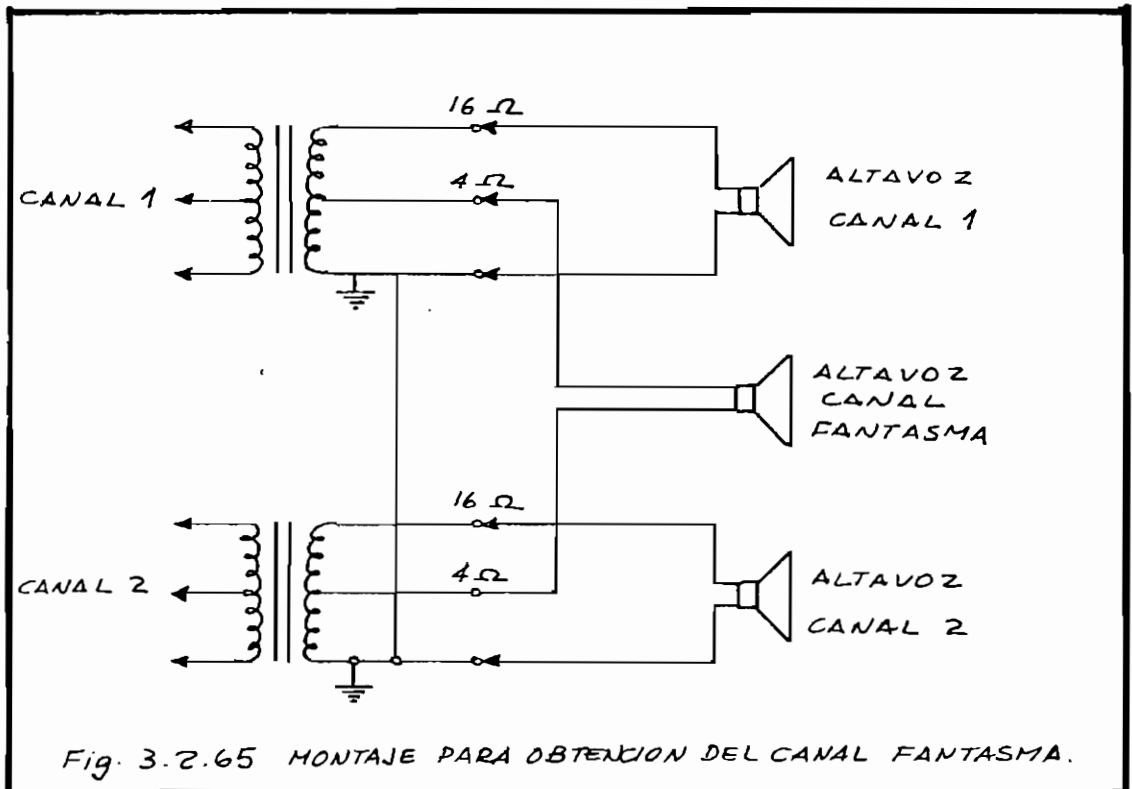


Fig. 3.2.64 MONTAJE CON TRES ALTAVOCES.

Otros montajes que utilizan tres altavoces son los basados en el empleo del denominado canal fantasma, obtenido mezclando los canales fundamentales y llevando esta señal a un tercer altavoz. En la Fig. 3.2.65 se muestra uno de los métodos de conexión para la obtención de éste, que tiene el inconveniente, en algunos casos, de elevar el nivel de cruce aparente entre canales, efecto perturbador en la reproducción, que el canal fantasma es un camino para el paso de la información de uno a otro de los canales fundamentales.



Para un buen funcionamiento de este montaje el altavoz central deberá tener una salida superior a la de los altavoces laterales (unos 3 dB superior).

Dada la importancia y posibilidades que tiene, en muchos casos, la utilización del tercer altavoz, que denominaremos "altavoz fantasma", haremos una exposición algo detallada de este uso.

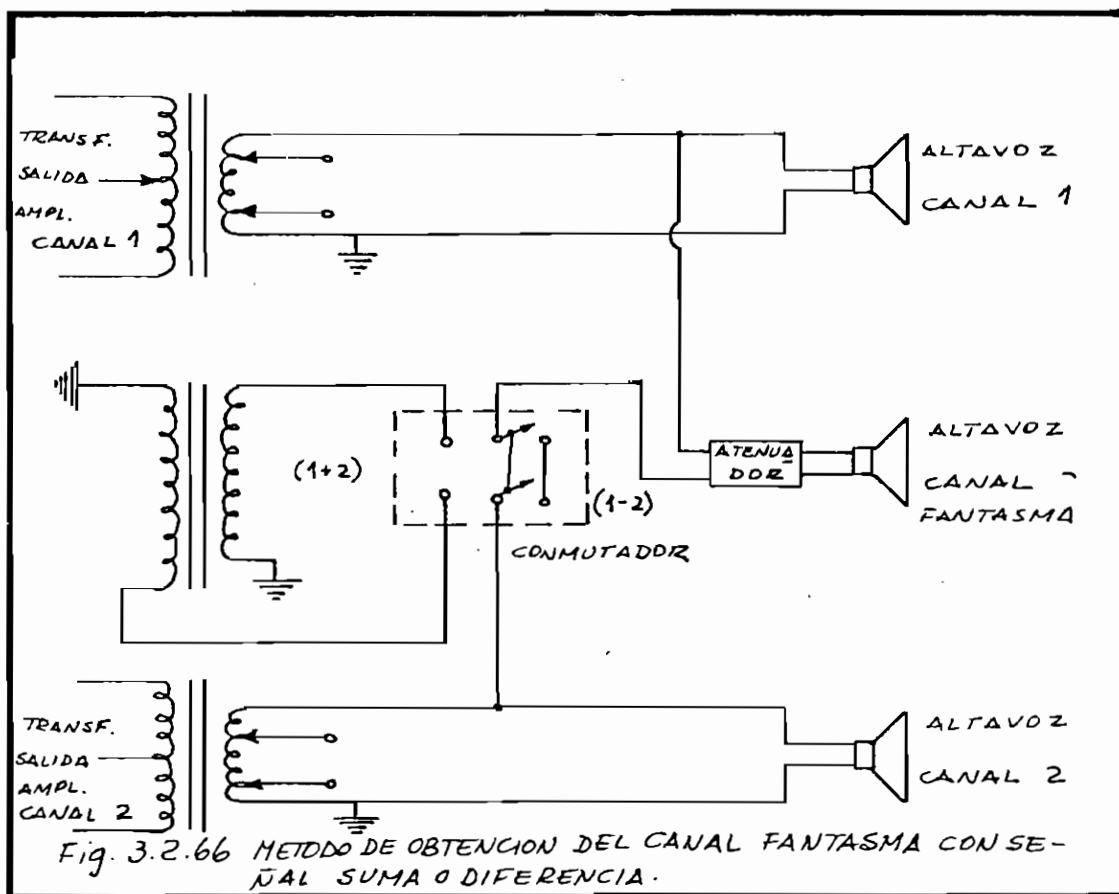
La teoría de este tercer altavoz puede resumirse en la forma siguiente: Si situamos la pareja de micrófonos correspondiente a los dos canales en la forma apropiada tanto uno con respecto al otro, como ambos con respecto al manantial sonoro, su salida combinada "equivaldría" a la de un micrófono situado en un punto intermedio. La salida de este micrófono "hipotético" puede reproducirse por combinación de las salidas de ambos altavoces.

El tercer canal (fantasma) se obtendrá por tanto derivando parte de las salidas de los dos canales fundamentales, y las diversas experiencias han hecho conseguir una gran exactitud en la reproducción, siempre que se efectúe un adecuado ajuste de niveles.

En la Fig. 3.2.66 se muestra un esquema más completo, que permite obtener una señal "fantasma" suma y diferencia, utilizando un transformador de relación 1 : 1.

El nivel teórico del canal fantasma, es de 3 dB inferior

al de los canales estereofónicos, pero experimentalmente se ha demostrado que este nivel es un valor tipo que no suele ser el más conveniente en muchos casos. Normalmente, está influido por la forma y dimensiones del local, variando entre 0 y - 9 dB. Incluso, en casos especiales, puede quedar fuera de estos límites.

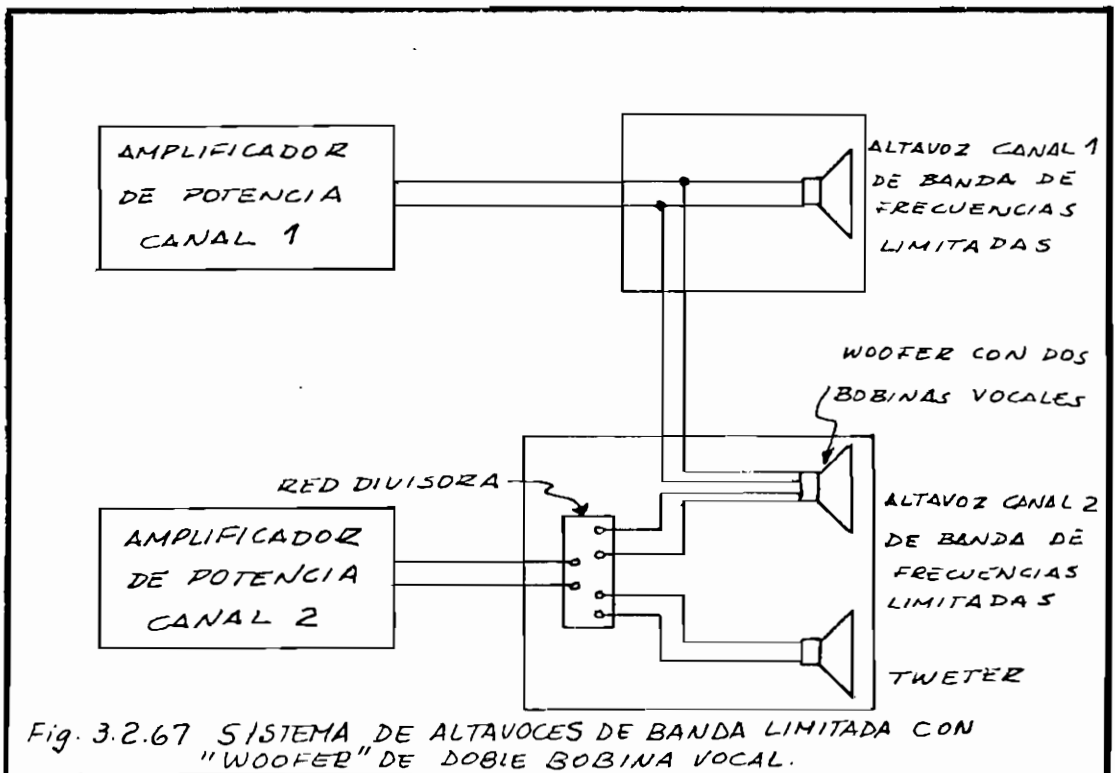


Debido a que no es preciso reproducir las bajas frecuencias por ambos altavoces (a causa de las características no direccionales), existen sistemas de 2 altavoces, en los cuales uno de ellos tiene una banda de frecuencia muy limitada. Entre

ellos se encuentran los denominados: "stereon" y "stereodot", basados en el empleo de redes de cruce, que restringen la banda de frecuencia de ataque a uno de los altavoces, transfiriéndolas a otro altavoz que actúa con las frecuencias bajas de ambos canales.

En la Fig. 3.2.67, se esquematiza un tercer sistema basado en el mismo principio. Este utiliza un altavoz de banda de frecuencia limitada y otro de banda de frecuencias total.

Este último utiliza un "woofer" especial con dos bobinas vocales diferentes, que excitan un cono. Las frecuencias bajas de ambos canales son reproducidas por el "woofer".



Es muy necesario, para el logro de un efecto estereofónico adecuado, que los altavoces correspondientes a ambos canales funcionen en fase. Debe por tanto disponerse de un elemento que permita el cambio de fase de uno de ellos. Algunos equipos estereofónicos disponen de este conmutador de fase (inversor de 180°), pero en caso de que no sea así no resulta difícil añadir uno, colocado entre el amplificador de potencia y al altavoz de uno de los canales.

3.2.5.2. Auriculares:

Un buen par de auriculares estéreo es una pequeña inversión que vale la pena para un serio oyente. Los auriculares sirven para dos propósitos principales: permiten escuchar sin molestar a nadie, y también son indispensables para monitorar grabaciones en cinta. Prácticamente todos los amplificadores estéreos modernos, decks de cinta y muchos sintonizadores están equipados con jacks estandarizados para los auriculares. En muchos casos, el volumen de los auriculares puede ser ajustado con un control especial, independientemente del volumen principal. Además, la mayoría de los amplificadores están diseñados de forma que al insertar el conector de los auriculares se desconecten los altoparlantes.

Se debe notar que al escuchar por los auriculares se re-

cibe una sensación fundamentalmente diferente que al escuchar por los altoparlantes. Como el sonido entra directamente en los oídos, se adquiere una "presencia" más fuerte. Al escuchar un programa monofónico con los auriculares parecerá que el sonido proviene exactamente del centro. Los programas monofónicos parecerán extendidos en un "espacio interior".

Los buenos auriculares deberán ser livianos y confortables y no deben causar transpiración alrededor de los oídos. Deberán tener además una amplia respuesta de frecuencia - el alcance de bajos es muy crítico- y deben tener un sonido diáfano y no aburrido, algunos de los cuales tienen controles de volumen y tono interconstruidos.

3.2.5.3. Bocinas.

Los tipos de bocinas y la manera en que éstas se instalan ejercen una influencia importante sobre la eficiencia y el carácter del funcionamiento de un sistema de sonido. La función de la bocina consiste en convertir la energía eléctrica en energía mecánica lo que, a su vez, obliga al aire a moverse de tal manera que se produzca el sonido.

El tipo de bocina que más se utiliza emplea un cono con un devanado de voz agregado que flota dentro de un campo magné-

tico de alta intensidad, suministrado por un imán permanente.

En el laboratorio se determina la eficiencia de una bocina mediante la medición del nivel de presión de sonido de salida de la bocina, ante la entrada de una determinada cantidad de energía eléctrica. La eficiencia puede valorarse en porcentajes, dB/watt o en microbar/ watt. Mientras más alto resulta el valor, tanto mejor será la bocina. La eficiencia de las bocinas de cono va desde el 2% hasta el 10%. La bocina de cono de imán permanente instalada en un receptor de radio doméstico, puede tener apenas un 3% de eficiencia. Esto significa que el 97% del sonido potencialmente disponible en forma de energía eléctrica se desperdicia en el mecanismo de la bocina y que sólo el 3% de la potencia de excitación llega a salir en forma de sonido.

Los cuernos de varios tipos, excitados por unidades excitadoras dinámicas de tipo de diafragma, suministran un sonido considerablemente mayor, a cambio de la misma cantidad de potencia de entrada, que las bocinas de cono. Sin embargo, también existen excelentes bocinas de cuerno que utilizan, como excitadores, mecanismos de bocinas de cono. La elección de la bocina depende de las necesidades de los sistemas individuales y de la localización específica; existen muchas ocasiones en las que puede resultar preferible usar una bocina de cono en vez de al-

guna bocina de cuerno, aunque ésta sea más eficiente.

En donde vaya a distribuirse música a salones pequeños, se prefieren por lo general, bocina de cono. A veces éstas se empotran en las paredes o en los techos, o se les monta en gabinetes para fijarse a las paredes. La capacidad de potencia y la respuesta de frecuencia quedan determinadas por el tipo de bocina que se emplee, así como por la clase de baffle que se ha ya seleccionado y por la manera en que se le instale.

Una bocina típica de 8 pulgadas, cuya eficiencia sea razonable, puede llenar con abundante sonido una oficina o un sa lón de clases típicos. La misma bocina, instalada en un taller de maquinaria puede resultar totalmente inadecuada, pero una batería de bocinas de cono, si se le excita con suficiente intensidad, puede llenar ese espacio con más sonido necesario.

En donde se necesite que la reproducción del sonido sea de alta fidelidad, el ingeniero proyectista de sistemas tiene una selección extremadamente amplia de bocinas y de baffles a su disposición, entre las que puede escoger. Existen sistemas de bocinas en paquete, completos; sus tamaños varían desde tamaños compactos para montarse en la pared hasta consolas de grandes dimensiones. Algunos de los sistemas de bocinas de alta fidelidad compactos y de precio módico ofrecen una repro-

ducción de sonido sorprendentemente buena. Están destinados para conectarse directamente a las terminales de salida de 4, 8 o 16 ohms de un amplificador. Cuando se les emplea en sistemas en los que el sonido se alimenta a sitios alejados o numerosos, en base de impedancia igualada, en base de voltaje constante, es necesario utilizar transformadores igualadores de línea apropiados.

La eficiencia de las bocinas en forma de cuerno va, generalmente, desde 25% hasta un valor máximo de 80%.

El sonido se dispersa, característicamente, desde el cuerpo de campana del cuerno sobre una superficie muy grande a frecuencias más bajas que a frecuencias más altas. El cubrimiento en ángulos amplios, especialmente cuando las frecuencias son altas, se logra usando varias bocinas de cuerno orientadas correctamente.

Otros cuernos reflex que se han desarrollado suministran un cubrimiento de grandes espacios. El cuerno reflex es mercedamente popular debido a su eficiencia y el poco espacio que ocupa. Solamente se aplica un watt de potencia, se alcanza un nivel de sonido aproximadamente de 70 dB a una distancia de unos 80 metros, sobre el eje. En donde solamente se necesita la reproducción de la voz es posible cubrir una muchedumbre de 5.000

personas usando dos cuernos reflex y únicamente un amplificador de 10 watts. Para un auditorio del mismo tamaño se necesitan cuatro bocinas con 40 watts de potencia de excitación, cuando se va a reproducir música.

3.2.5.4. Pérdidas en líneas alimentadoras de salidas.

Cuando mayores sean los conductores, tanto menor será la pérdida de potencia. Por ejemplo, la resistencia del alambre No. 22 es cercana a 1.6 ohmios por cada 30.5 metros, a 20° C. y la resistencia de un tramo de la misma longitud de alambre No. 12 es próxima a 0.16 ohmios. (Véase la tabla 3.2.3)

a) Tabla de resistencias de los alambres:

AWG	R/30.5m [Ω]	AWG	R/30.5m [Ω]
18	0.64	30	10.32
10	0.10	19	0.80
12	0.16	20	1.02
13	0.20	22	1.62
14	0.25	24	2.57
16	0.40	26	4.08

La magnitud de la pérdida en la línea alimentadora del parlante es determinada, también, por la impedancia de ésta,

como se anota en la tabla 3.2.4.

b) Tabla 3.2.4. Corriente de carga de parlantes.

Potencia en watts.	Corriente de carga en amperios			
	4ohmios	8 ohmios	16 ohmios	500 ohmios
1	0.5	0.35	0.25	0.044
2	0.7	0.5	0.35	0.063
5	1.1	0.8	0.56	0.1
8	1.4	1.0	0.7	0.126
10	1.6	1.1	0.8	0.14
15	1.9	1.4	0.96	0.18
20	2.2	1.6	1.12	0.2
25	2.5	1.8	1.25	0.224
30	2.8	2.0	1.4	0.24
40	3.2	2.2	1.6	0.28
60	3.8	2.8	1.92	0.36
80	4.54	3.16	2.24	0.4
100	5.0	3.56	2.5	0.448

En la columna de 500 ohmios se supone que la bocina se alimenta a través de un transformador reductor; la corriente indicada en la tabla es la que fluye a través del primario del transformador. Si la eficiencia del transformador es de 90% , éste introducirá una pérdida de inserción de 0.5 dB.

c) Guía para la selección de cables de audio:

Puede duplicarse la longitud del cable de un calibre de alambre determinado si puede tolerarse el doble de la pérdida de potencia en el cable.

Puede usarse el siguiente calibre más pequeño cuando es posible tolerar en el cable el doble de la pérdida de potencia y si la longitud del cable permanece igual.

Para aplicar la tabla siguiente a sistemas de voltaje constante, hay que determinar la impedancia de carga empleando el siguiente paso:

$$Z \text{ (impedancia de carga)} = \frac{E^2 \text{ (voltaje x voltaje)}}{P \text{ (watts)}}$$

Si esta impedancia no está incluida en la tabla, se debe determinar la longitud de tramo de cable apropiada para cada calibre de alambre.

$$\text{Longitud máxima (metros)} = \frac{\text{Mts (tabla)} \times Z \text{ (impedancia de carga)}}{Z \text{ (tabla)}}$$

La elección de los cables de audio apropiados para conexiones a distancias variables, depende de muchos factores, tales

como de la salida de voltaje y del nivel de potencia, así como de las impedancias de carga y del porcentaje de pérdida de potencia que pueda tolerarse. Por esta razón no es práctico presentar una tabla general que muestre el tamaño de alambre para todas las condiciones. La tabla siguiente indica las longitudes de cable y recomienda longitudes máximas para varios tamaños de alambre seleccionados para satisfacer impedancias de carga comunes.

Calibre de alambre	Longitud máxima de cable (en metros)					
	Baja impedancia 10% de pérdida de potencia.			Alta impedancia 5% de pérdida de potencia.		
	4 ohms	8 ohms	16 ohms	100 ohms	250 ohms	500 ohms
14	27	54	108	319	796	1592
16	17	34	67	192	480	961
18	11	22	43	125	311	626
20	7	14	27	80	200	400
22	4	8	16	50	125	250
24	3	5	10	32	80	160

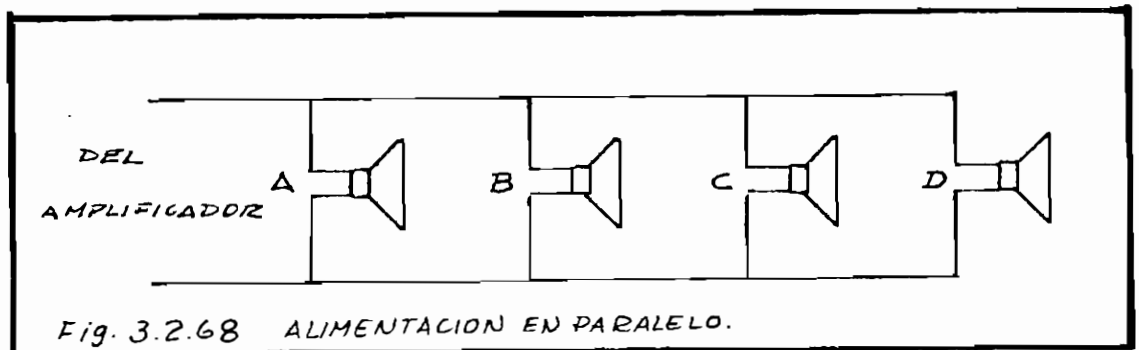
d) Ejemplo: Encontrar la longitud máxima de alambre No. 20AWG, en un sistema de 70 voltios y 25 watts con una carga de alta impedancia de 100 ohmios.

$$1. \quad Z = \frac{70 \times 70}{25} = 196 \text{ ohmios}$$

$$2. \text{ Long. (máx.)} = \frac{80 \times 196}{100} = 156,80 \text{ metros.}$$

e) Transmisión típica de alimentación en paralelo.

Cuando se conectan los parlantes en paralelo a través de una línea alimentadora, como se indica en la Fig. 3.2.68, el parlante A consumirá más potencia que el D, a causa de la resistencia de la línea existente entre los parlantes A, B, C y D.



Con el fin de calcular la pérdida de potencia y el nivel disponible en cada parlante, hay que determinar la resistencia de toda la línea y la resistencia entre los parlantes. Tomando en cuenta que hay dos alambres. Al calcular la caída de voltaje, deberá recordarse que el total de corriente tomada por los cuatro parlantes fluye entre el amplificador y el parlante A, que corre menos corriente entre A y B, aún menos entre B y C, y la cantidad mínima entre C y D. Es obvio que el parlante D consumirá menos potencia que el parlante A. En consecuencia, diferirán los niveles de salida de los parlantes, principalmente si la línea de alimentación ofrece una resistencia importante.

Usando un cable más grueso se logrará que cada parlante reciba más potencia.

f) Sistema de alimentación igualador de niveles.

Una manera más conveniente de obtener que cada parlante consuma casi la misma cantidad de potencia consiste en alambrear los parlantes como se ilustra en la Fig. 3.2.69.

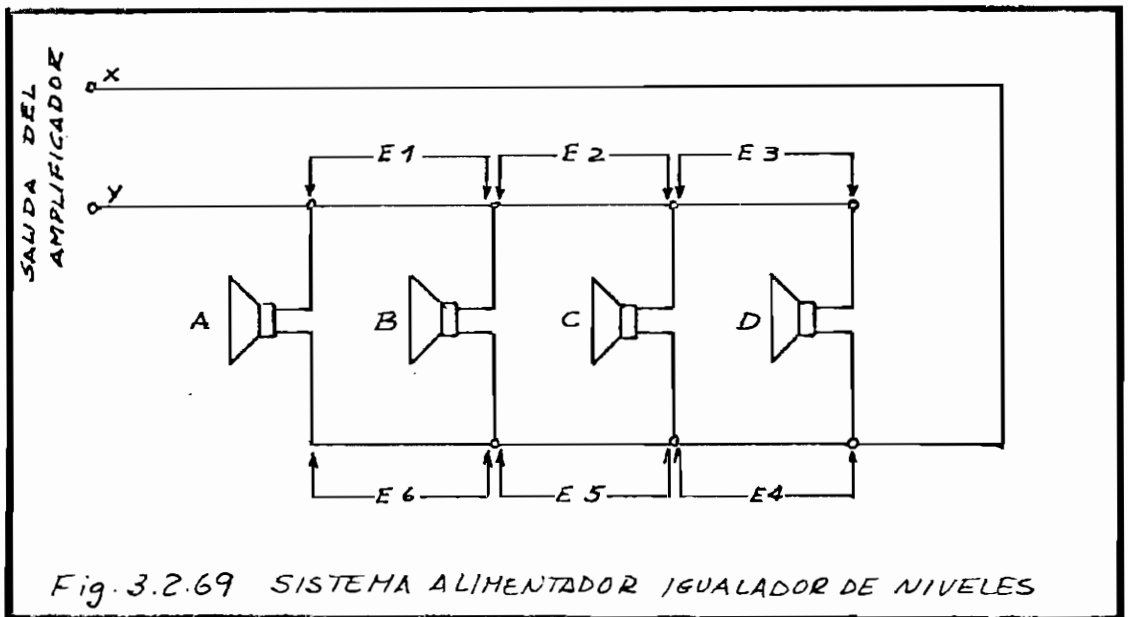


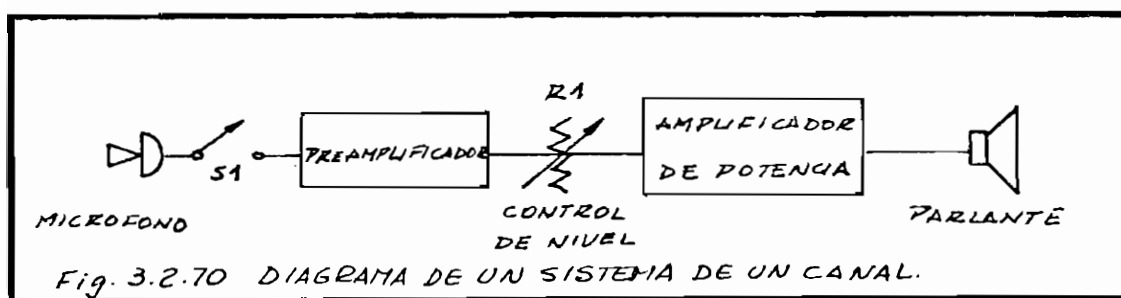
Fig. 3.2.69 SISTEMA ALIMENTADOR IGUALADOR DE NIVELES

En este circuito el alambre X alimenta al parlante D sin derivación alguna. El alambre Y se deriva primero en el parlante A. El abatimiento del voltaje E1, entre los parlantes A y B, será más bajo que la caída de voltaje E6 entre los dos parlantes, porque a través de este hilo sólo fluye la corriente que consume el parlante A. Lo mismo es válido para las otras caídas de voltaje que se indican.

Después de examinar la guía para la selección de cables para audio, resulta obvio que al alimentar los parlantes a impedancias altas se disminuyen las pérdidas en la línea. Sin embargo, también debe tenerse presente que existe una pérdida de potencia por lo menos del 10%, en el transformador igualador de línea a los parlantes. No obstante, en nuestros días está siendo mejor aceptado el sistema de alimentación de parlantes de voltaje constante a 70 voltios.

3.2.6. Control e interfases de entrada y salida.

La forma más sencilla de un sistema de sonido, constituido por un micrófono, un amplificador y un parlante, tiene generalmente sólo dos controles, un ajuste para ganancia o nivel de volumen y un interruptor para encender y apagar. Algunas veces se incluye un control de tono.

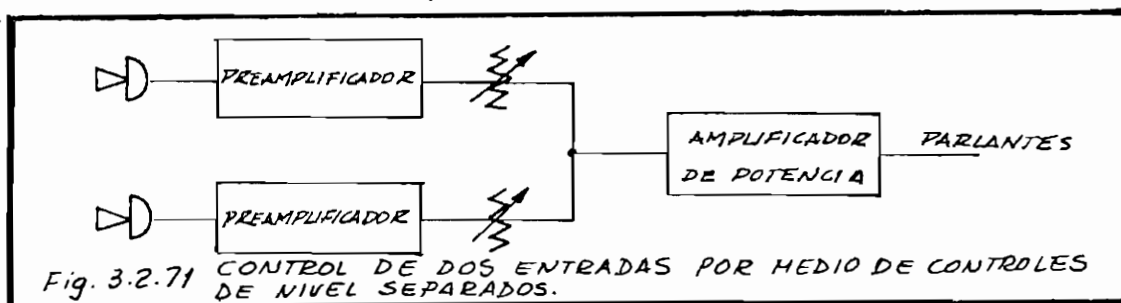


La Fig. 3.2.70 puede ser un diagrama sencillo de un sistema de sonido público o de localización, de un sólo canal. Siempre está incluido el control de ganancia R_1 , excepto en los

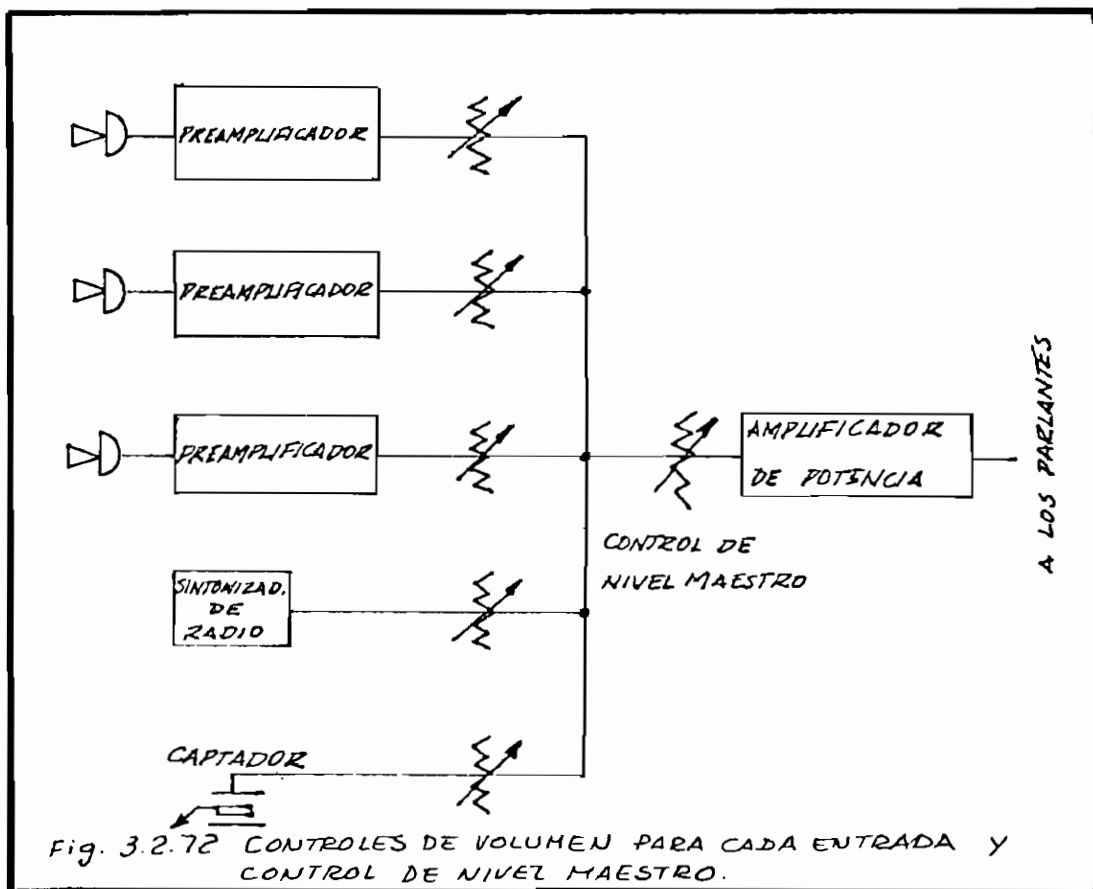
casos en que se usa un amplificador con control de ganancia automático. Con el fin de evitar la transmisión de ruidos de fondo, cuando el sistema no está funcionando efectivamente, se agrega el interruptor S1, aunque este suele formar parte del micrófono.

3.2.6.1. Entradas múltiples:

En los sistemas de sonido en que se encuentre más de una fuente de señales de entrada, se cuenta, por lo general, con medios para la selección y el ajuste del nivel de volumen de cada canal de entrada. La figura 3.2.71 ilustra la manera en que se controlan por separado dos entradas al suministrar un control de nivel individual.



En un sistema de sonido más complejo, como el indicado a continuación, Fig. 3.2.72, se puede además, incluir un control de nivel maestro. Este arreglo permite que se mezclen las señales de entrada, a fin de obtener diversos efectos así como también un control global de niveles. Los controles pueden incorporarse en un ensamblaje mezclador.



Algunos sistemas de localización están equipados con dos o más salidas remotas para micrófonos, en las cuales puedan enchufarse micrófonos portátiles. En algunas bodegas, para el manejo de carga, por ejemplo, se corre una línea para micrófono blindada dentro de un tubo conduit, hacia diversas cajas de enchufes. Cuando se enchufa un micrófono en alguna de las cajas de jacks, la persona puede encargarse del sistema de localización activando el botón del micrófono.

Esto se ilustra en la Fig. 3.2.73, de una manera sencilla.

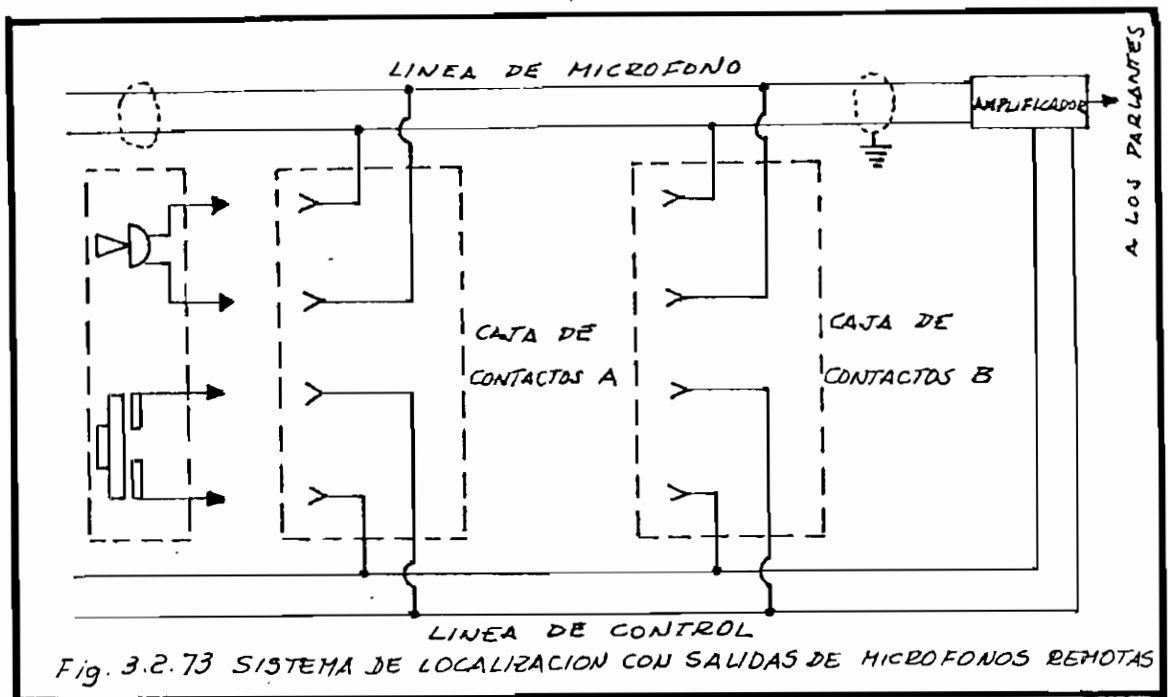
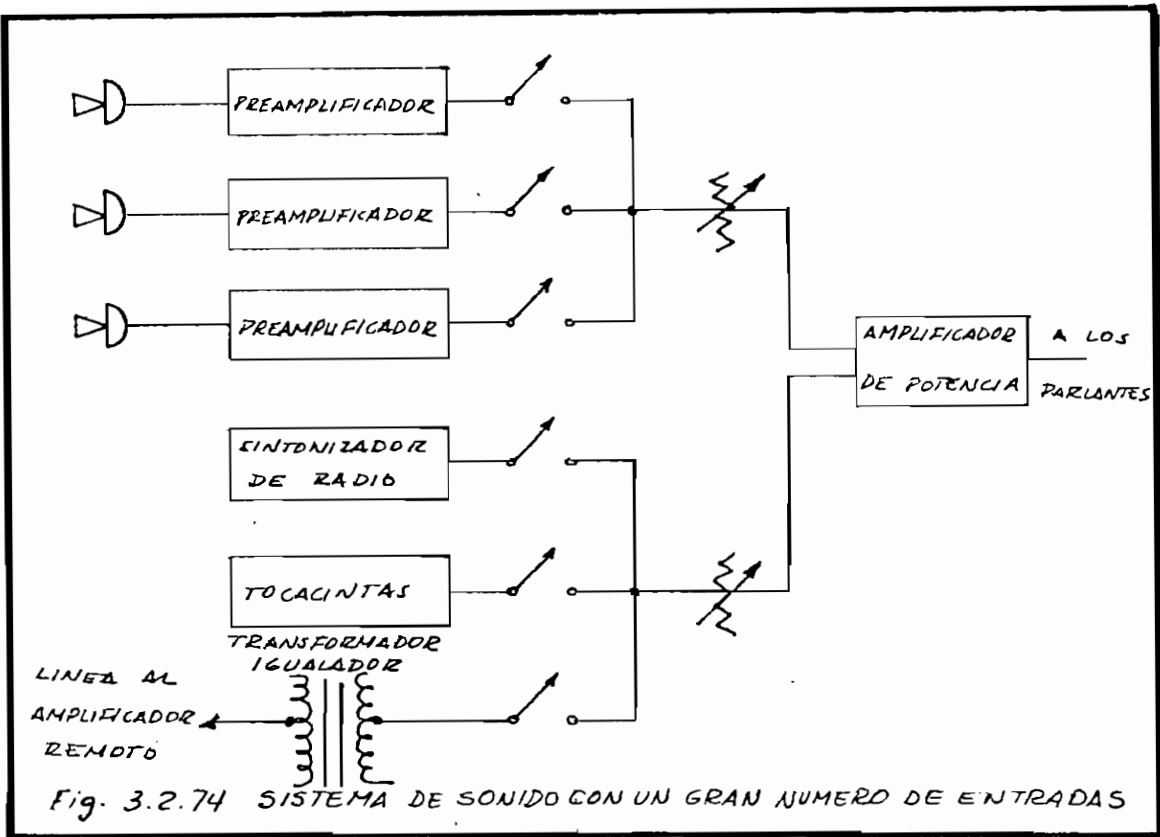


Fig. 3.2.73 SISTEMA DE LOCALIZACION CON SALIDAS DE MICROFONOS REMOTAS

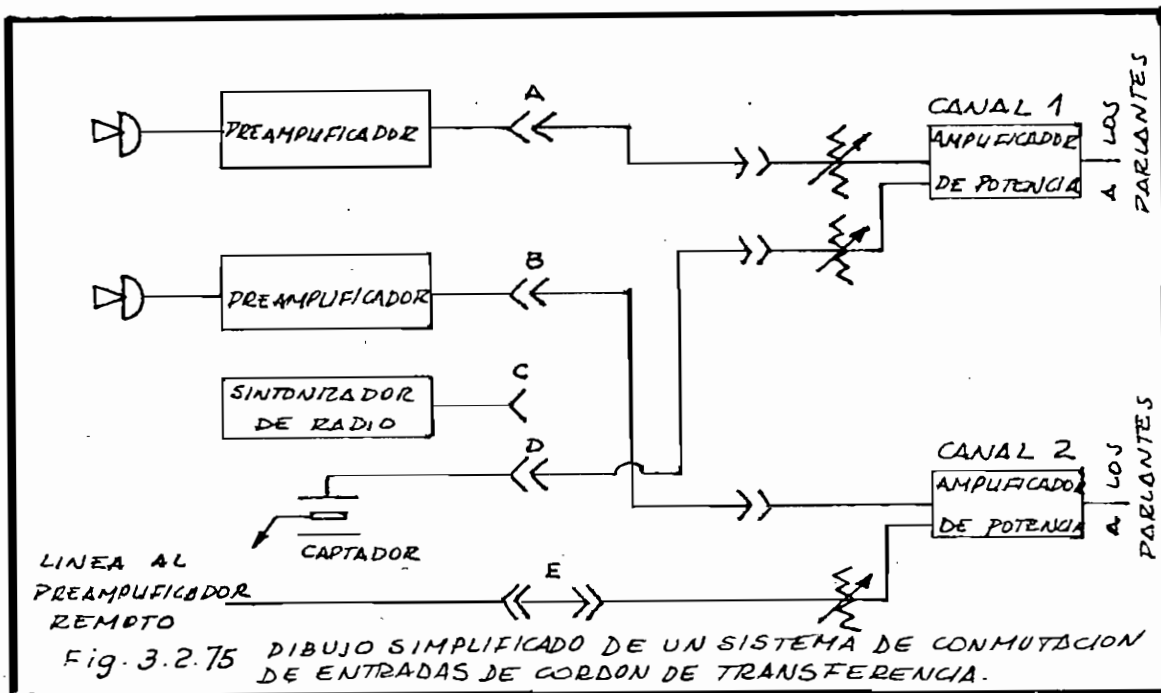
Cuando se inserta la clavija del micrófono en el enchufe, el micrófono queda conectado a la entrada del amplificador y el interruptor de oprimir para hablar establece un puente sobre el circuito de control del amplificador. En este tipo de aplicación se usan, generalmente, micrófonos de carbón o energizados por la potencia (magnéticos) a causa de su salida relativamente alta. Los micrófonos dinámicos transistorizados son ideales para esta aplicación.

En los sistemas de sonido más completos puede haber un gran número de entradas. Solamente podrán necesitarse unas cuantas para servicio simultáneo. Con el fin de reducir el número de controles de nivel, pueden usarse interruptores o cordones de línea directa para la selección de los circuitos de entrada. Esto se muestra en la Fig. 3.2.74.

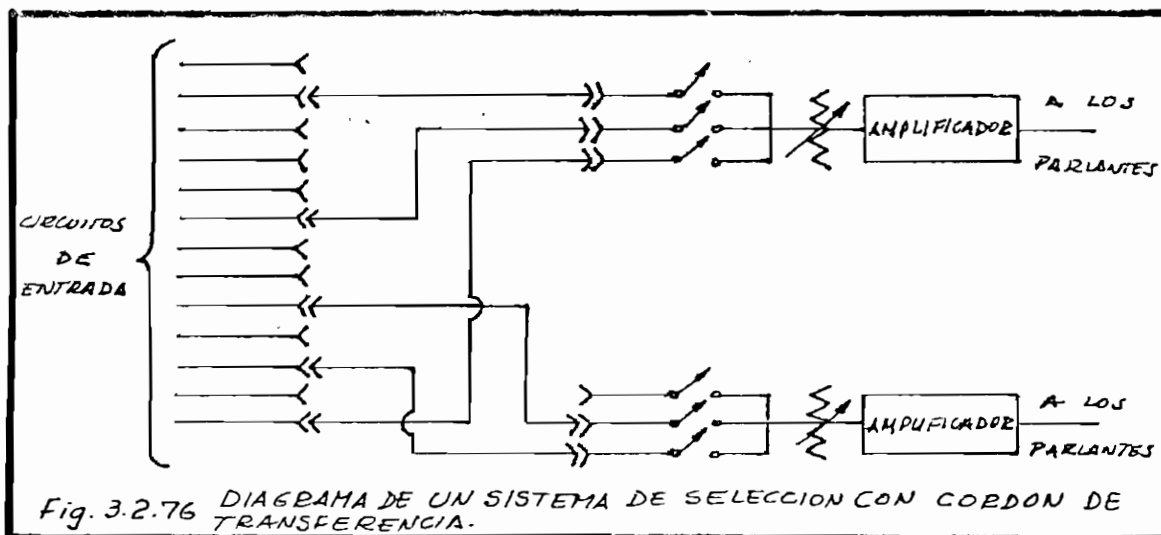


Las entradas que se deseen utilizar se seleccionan por medio de interruptores.

En la Fig. 3.2.75 se muestra un dibujo simplificado de un sistema de conmutación de entrada para cordones de línea directa. En este caso, se muestra un sistema de dos canales para ilustrar como pueden usarse las mismas fuentes de entrada para dos canales de programas diferentes.

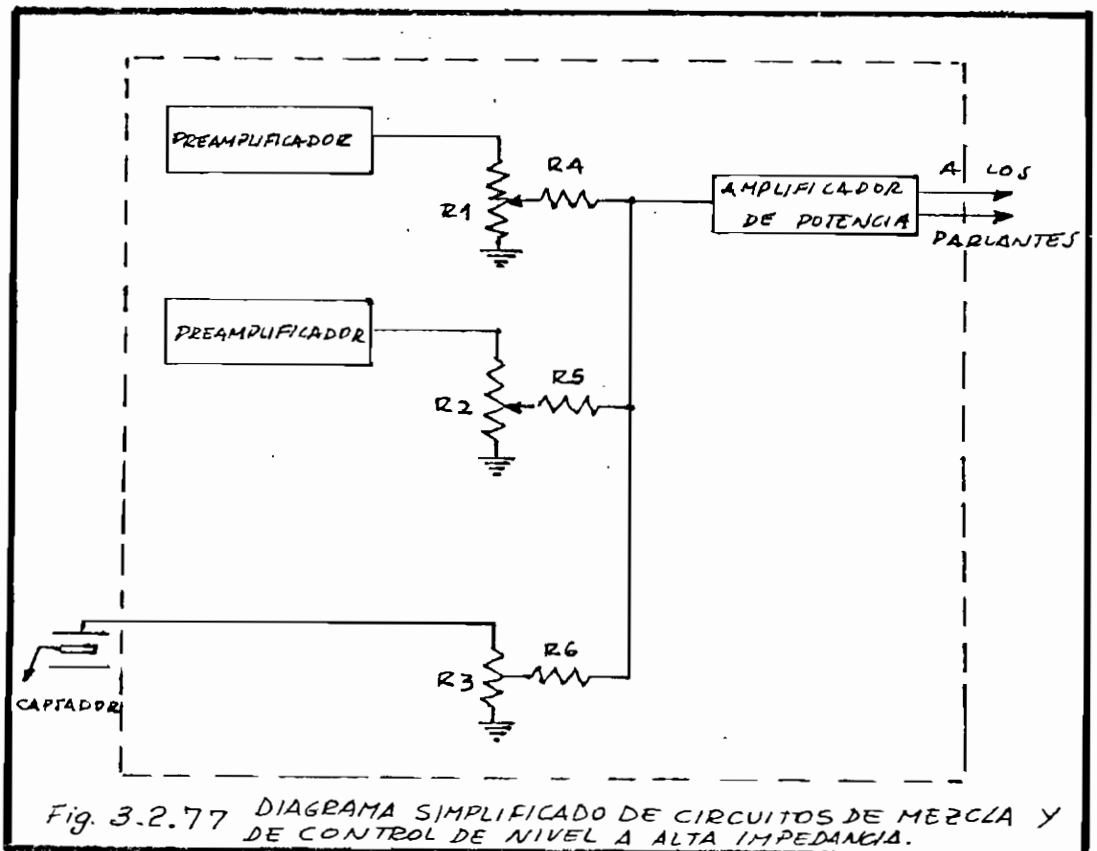


Las entradas pueden seleccionarse directamente por medio de interruptores; en instalaciones más complejas, un grupo de entradas se selecciona mediante cordones de línea directa, enviándose la alimentación luego a un conjunto de interruptores en donde se hace la selección de este grupo de canales en particular. Esta técnica se muestra en forma simplificada en la Fig. 3.2.76.



3.2.6.2. Controles de nivel y sistemas de mezcla:

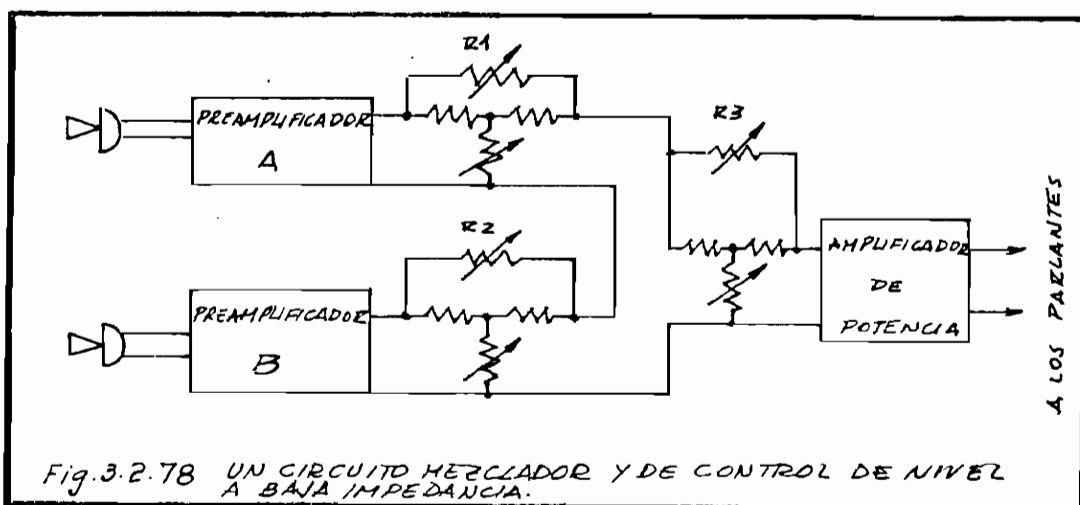
En los casos en que estén contenidos dispositivos mezcladores y de control de nivel dentro del ensamblaje del amplificador, estas funciones generalmente se realizan a altas impedancias. La Fig. 3.2.77 representa un diagrama simplificado que ilustra circuitos de mezcla y de control de nivel a alta impedancia. R1, R2, y R3 son potenciómetros ordinarios que sirven como controles individuales de ganancia de canal de entrada. Los resistores R4, R5 y R6 impiden que los controles de volumen lleguen a fallar por cortocircuitos o que se carguen uno al otro de manera excesiva.



A veces los preamplificadores y los controles de nivel están situados en un ensamblaje separado del amplificador de potencia principal. En muchas ocasiones se usan controles de alta impedancia ya que los hilos hacia los controles de nivel pueden ser relativamente cortos.

Muchas veces el mezclado y el control de niveles se efectúan a niveles de baja impedancia, principalmente en los casos en que los preamplificadores individuales puedan estar situados a cierta distancia de los amplificadores principales. Los controles se conocen como atenuadores y están constituidos por conmutadores de derivaciones y resistores fijos. Cada derivación representa una cierta cantidad de atenuación de la señal. Un atenuador típico tiene 30 etapas, cada una de las cuales es de 1,5 dB.

En la Fig. 3.2.78 se muestra un circuito mezclador y de control de nivel de baja impedancia.



R1 controla la salida del preamplificador A, mientras que el ajuste de R2 determina el nivel que corresponde a la señal disponible del preamplificador B R3 es el control de nivel maestro.

Para fines de ilustración, la impedancia de entrada de cada uno de los preamplificadores se tornará como 250 ohmios y la impedancia de entrada del amplificador de potencia como 500 ohmios. De esta manera, R1 y R2 están proyectados para funcionar dentro y fuera de una impedancia de 250 ohmios; R3 también se afecta y suministra una terminación de 500 ohmios. Los tres atenuadores mostrados son del tipo de puente en T y aportan una impedancia constante, tanto a la carga, como a la fuente.

Es posible que puedan separarse los preamplificadores de los atenuadores asociados a ellos y que el amplificador principal pueda encontrarse a una distancia considerable gracias a la baja impedancia y al nivel relativamente alto de los circuitos.

En algunos sistemas se ha previsto el control del volumen y el mezclado remotos. Existen varias técnicas que pueden ser empleadas. Una de las más importantes permite la operación a unos 610 metros, aproximadamente, del amplificador.

La ganancia se controla modificando la polarización de cada una de las etapas preamplificadoras. Ya que esto puede efectuarse mediante el control de un voltaje de corriente directa, la señal de audio no tiene que enviarse a través del control de volumen remoto, con lo cual se elimina el zumbido y el ruido.

3.2.6.3. Circuitos de salida:

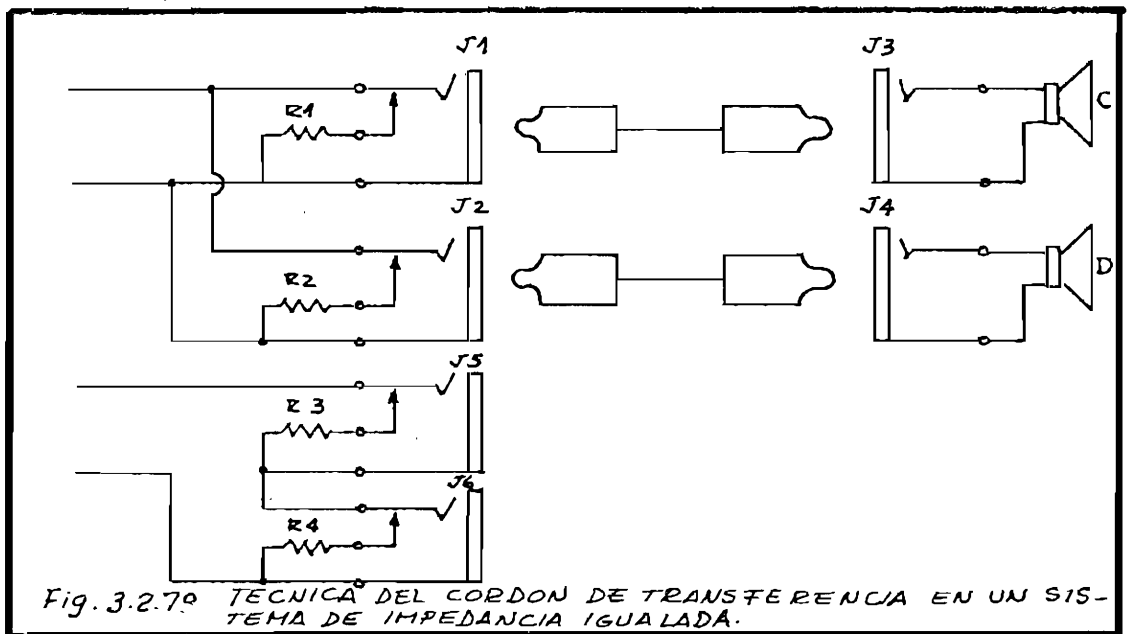
Mientras en muchos sistemas de sonido todos los parlantes están conectados en forma continua a los amplificadores, existen muchos sistemas en los que ciertos o todos los parlantes se conectan y desconectan a voluntad. En algunos sistemas existe más de un canal y es posible conmutar algunos parlantes individuales de un canal al otro.

La distribución más flexible para el control de salida podría ser un tablero de interruptores con todas las líneas de parlantes y todas las salidas de amplificadores que terminan en jacks individuales. El empleo de cordones de transferencia con un tapón en cada extremo, permite la conexión de cualquier amplificador a cualquier línea de parlantes.

La técnica del tablero de interruptores no es complicada y si es verdaderamente flexible si se emplea con amplifica-

dores de tipo de voltaje constante, ya que la igualación de impedancias no representa un problema. Estos amplificadores suministran una señal de salida constante de 70 voltios, independiente de la carga, mientras ésta se encuentre dentro de los valores nominales del amplificador.

En un sistema de impedancia igualada habrá que preocuparse muy especialmente por evitar la existencia de desigualdades. Este problema puede eludirse instalando cargas fantasma que alimentan al amplificador automáticamente. Fig. 3.2.79.



Cuando los cordones de transferencia conectan los jacks J1 con J3 y J2 con J4, ambos parlantes quedan conectados en paralelo a la salida del amplificador A.

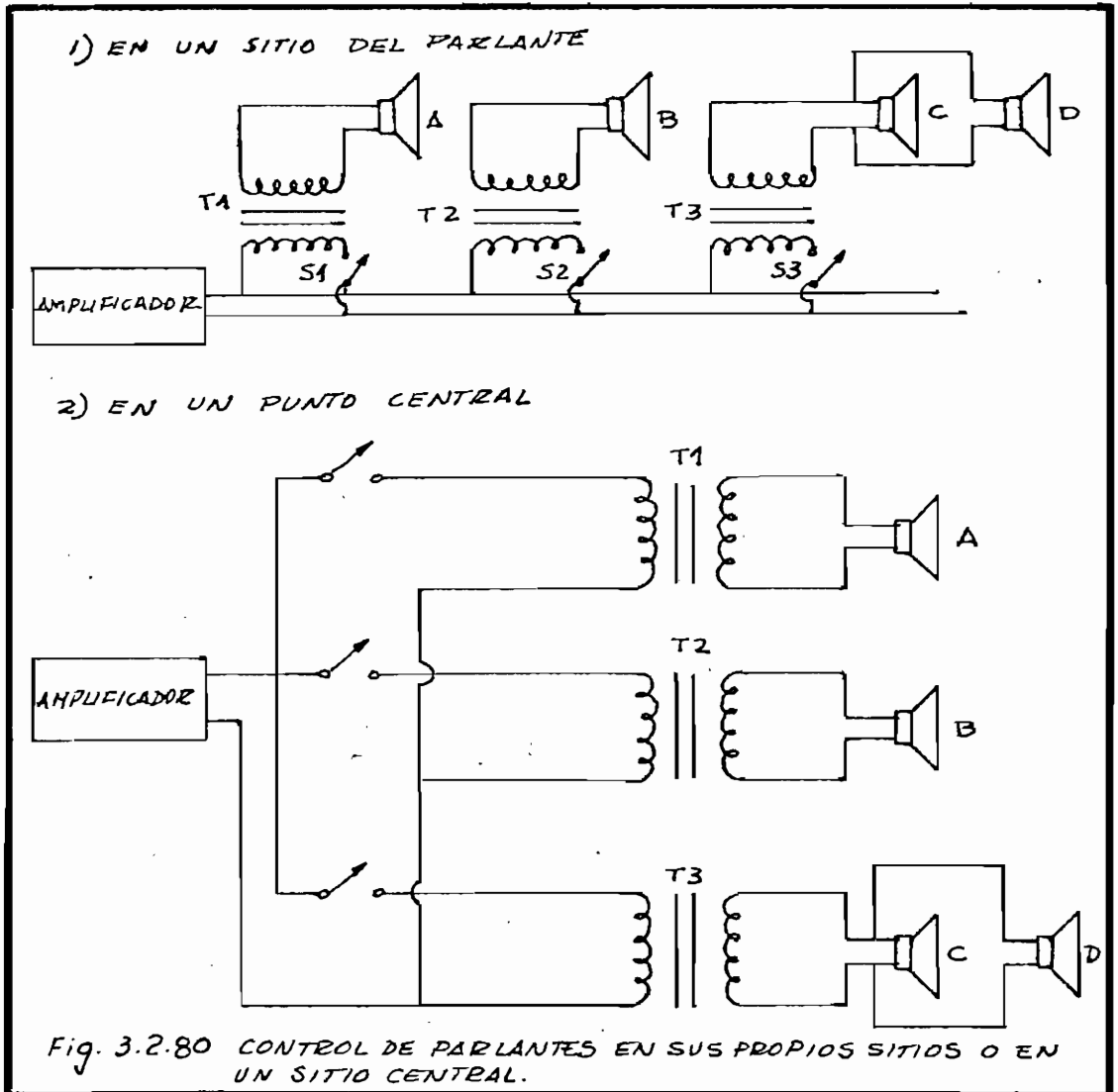
Si se desea que el parlante C quede conectado a la salida del amplificador B, se desconecta el cordón de transferencia de J1 y se establece automáticamente un puente del resistor de carga fantasma R1 a través de la salida del amplificador A. En el momento en que se inserta la misma clavija del cordón de transferencia al jack 5, se desconecta el resistor R3 y se alimenta la salida del amplificador B al parlante C.

Para fines de ilustración, la salida del amplificador A está ajustada para igualación hacia dos parlantes situados en paralelo, hacia una carga fantasma a través del parlante o dos cargas fantasma conectadas en paralelo. La salida del amplificador B está ajustada para igualar dos parlantes en serie, uno en serie con una carga fantasma, o dos cargas fantasma en serie.

El conmutador de interruptores, con sus dos cordones de transferencia, exige más esfuerzo por parte del personal para transferir los circuitos de salida que cuando se utilizan interruptores o botones de presión. En efecto, los interruptores desempeñan la misma función que los jacks y los cordones de línea directa.

En la Fig. 3.2.80 se muestran dos métodos básicos para la conexión y desconexión de los parlantes cuando se emplea la

técnica de la distribución a 70 volts. El parlante A puede conectarse y desconectarse con el interruptor S1, sin afectar el nivel de sonido de los parlantes B, C o D.



Cuando se usa el sistema de igualación de impedancias para la alimentación de los parlantes, éstos se pueden conectar o desconectar en sus propios sitios o en un sitio central,

como se muestra en la Fig. 3.2.81.

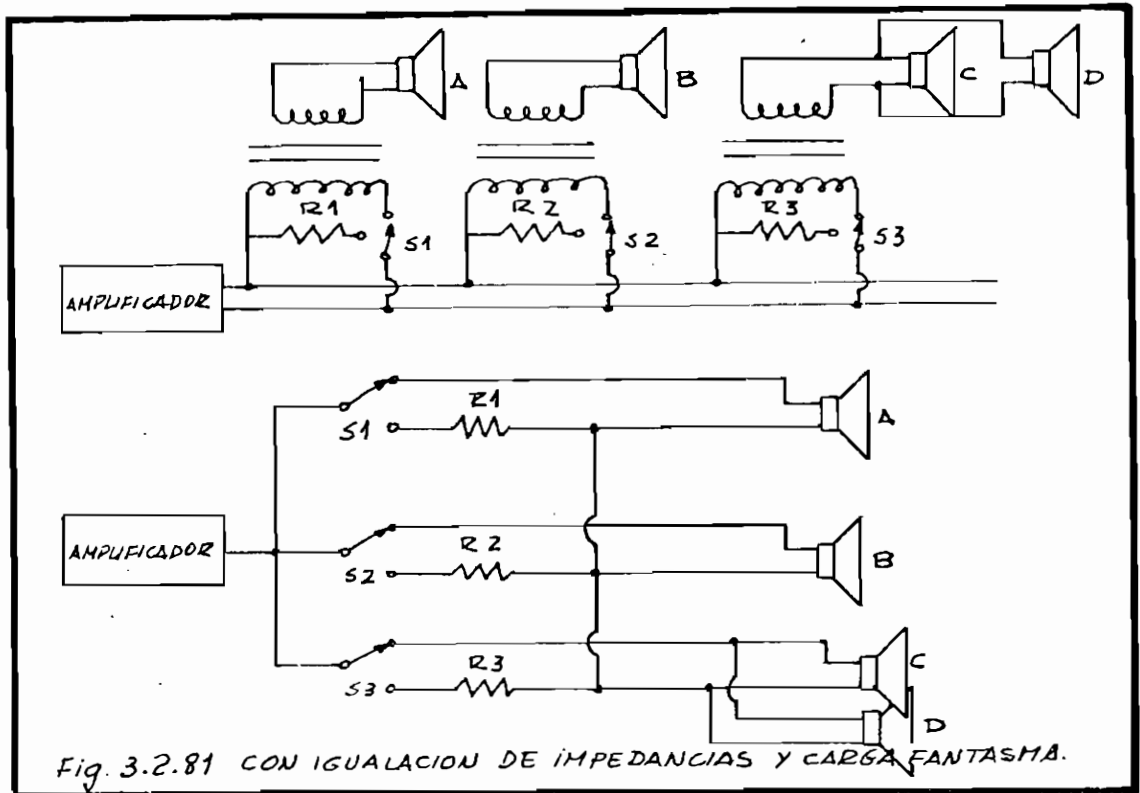


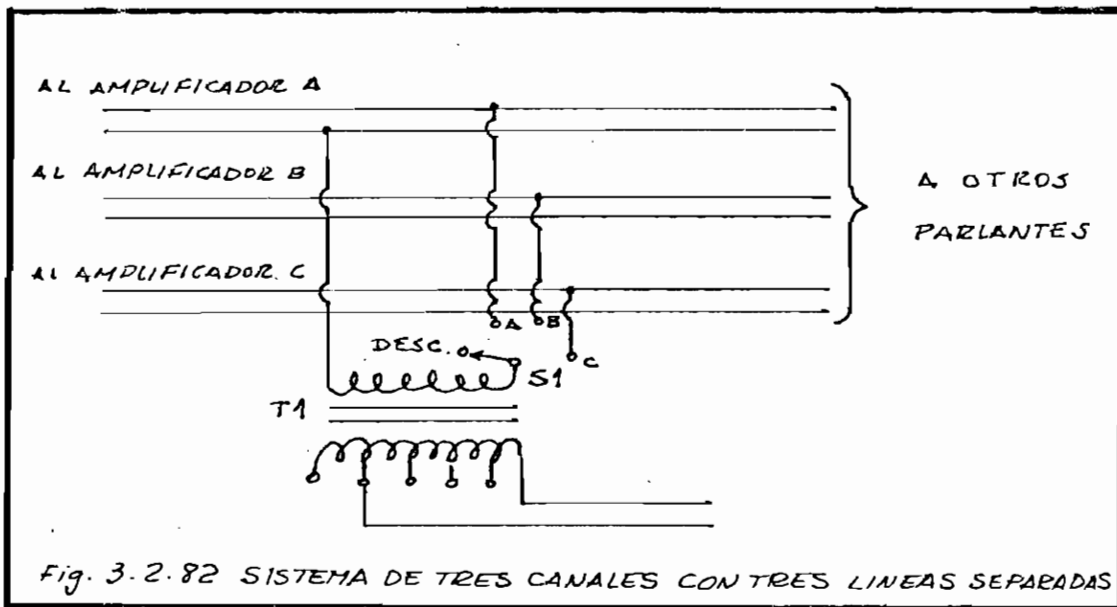
Fig. 3.2.81 CON IGUALACION DE IMPEDANCIAS Y CARGA FANTASMA.

Debe tenerse en cuenta que en vez de abrir el circuito de parlantes, se conecta un resistor de carga fantasma en lugar de cualquier parlante o grupo de parlantes, cuando el interruptor está desconectado.

Existen varios arreglos de conmutación posibles para dar servicio al control de los circuitos de salida; dichos arreglos dependen tan sólo del ingenio del proyectista o del planificador de sistemas. En algunas aplicaciones comerciales se utilizan tanto el tablero de interruptores (conmutador) con

sus cordones de transferencia, aparte de una o más consolas de control, provistas de interruptores. Ese tablero se usa para dividir las numerosas líneas de parlantes entre las diversas consolas de control.

Frecuentemente es necesario contar con controles en los sitios de ubicación de los parlantes individuales para la selección de un canal deseado, o para usarlos a manera de controles para encender y apagar. Esto es fácil realizar en un sistema de sonido de 70 voltios. La Fig. 3.2.82 ilustra un sistema de sonido de tres canales con tres líneas alimentadoras separadas.



La Fig. 3.2.83 presenta la manera en que puede realizarse lo mismo en un sistema de tres canales que utiliza líneas alimentadoras de parlantes de impedancia igualada.

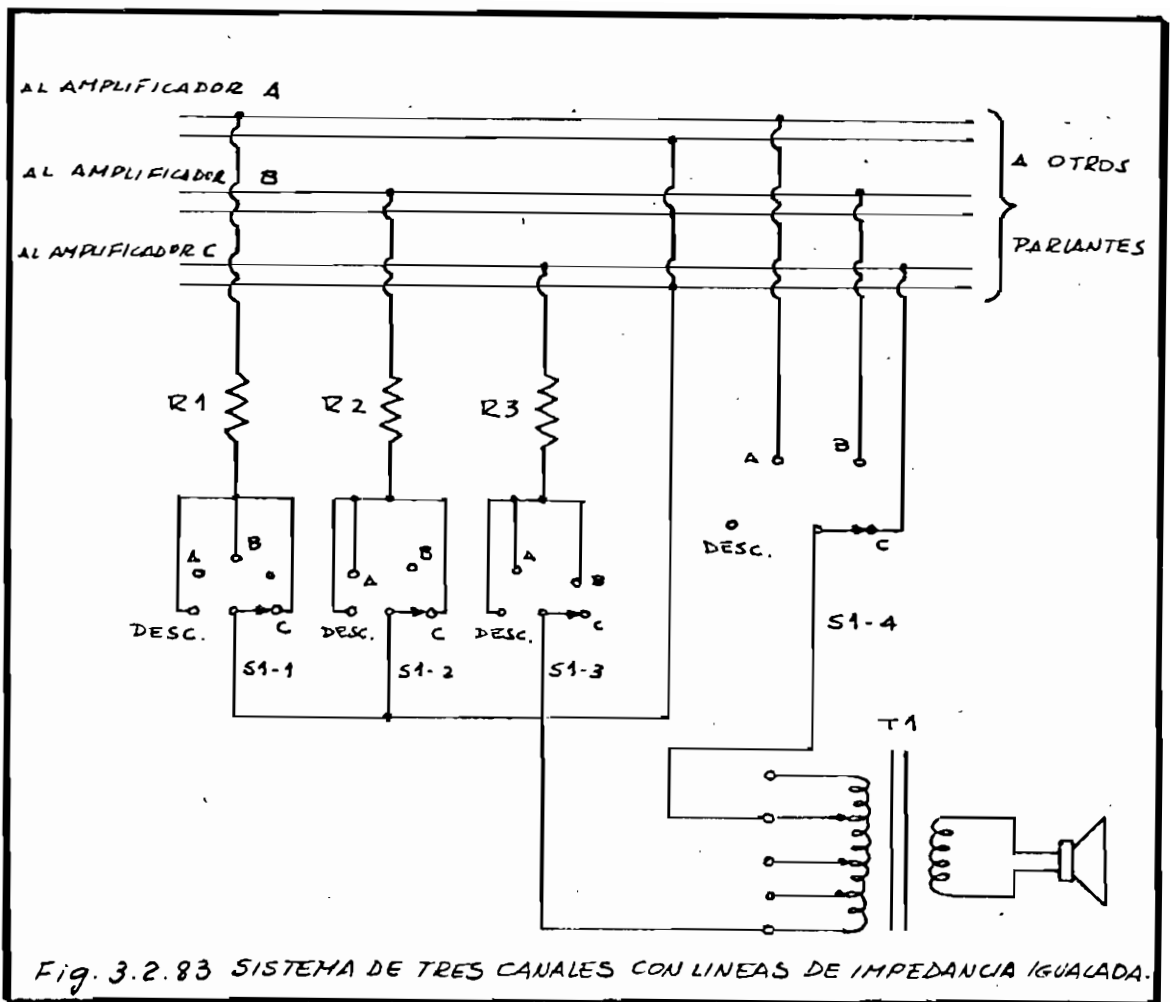


Fig. 3.2.83 SISTEMA DE TRES CANALES CON LINEAS DE IMPEDANCIA IGUALADA.

Aquí S1 es un interruptor de cuatro polos y cuatro posiciones. La sección S1-4 del interruptor conecta el parlante a través de un transformador igualador de impedancia, a los canales A B o C y también permite la desconexión del parlante. Al estar colocado en la posición de desconexión, posición B o C, la sección del interruptor S1-1 conecta al resistor R1 de carga fantasma a través de la línea que conduce de vuelta al amplificador A.

Cuando el interruptor está en la posición de apagado o

en A o C, la sección del interruptor SI-2 inserta una carga fantasma en la línea B; y cuando la sección del interruptor SI-3 está en posición de apagado, en A o B, ésta conecta una carga fantasma a la línea C. de esta manera, las tres líneas se encuentran con carga, en todo momento, ya sea mediante una carga fantasma o por la carga de bocina. Obviamente sólo una de las líneas queda conectada a una de las líneas de parlante en cada ocasión. Este arreglo complejo mantiene la igualdad de impedancias.

La Fig. 3.2.84 muestra un circuito que puede usarse para desconectar un parlante de cualquier canal y conectarlo a otra línea, sin la ayuda de alguien cercano al parlante. El interruptor selector de canales en el sitio en donde se encuentra el parlante determina, normalmente, si el parlante está encendido o apagado, o a que canal está conectado.

Cuando se conecta un voltaje de control de corriente directa, en el punto de control, a la línea de alimentación del parlante del canal de emergencia, sobre una base simplex a tierra, se energiza el relevador K1 desconectando el parlante de su circuito normal y conectándolo al canal de emergencia. Usando esta línea es posible alambrar todas o solamente ciertos parlantes conectándolos a la red de emergencia.

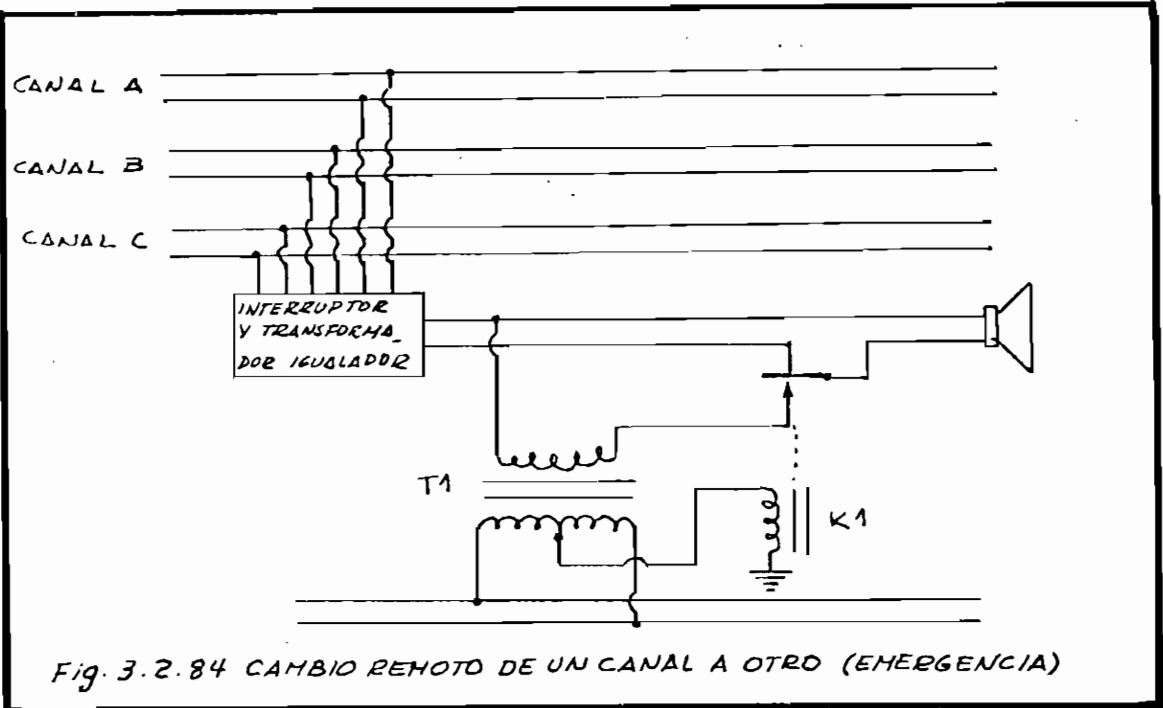


Fig. 3.2.84 CAMBIO REMOTO DE UN CANAL A OTRO (EMERGENCIA)

Cuando hay un número grande de estaciones de parlantes conectados de ésta manera, es posible que el desempeño del circuito de conmutación simplex a tierra no sea satisfactorio, ya que todos los relevadores de la línea actúan simultáneamente y existe la posibilidad de que se presenten pérdidas excesivas en la línea. En su lugar puede usarse una línea de control separada.

3.2.7. Técnicas de alimentación de salidas.

3.2.7.1. Sistemas de alto nivel:

La salida de un amplificador puede conectarse directamente a la bobina de voz de uno o más parlantes, a través de

una longitud de línea de alimentación que sea razonable. Cuando se usan líneas relativamente largas, es preferible alimentar las salidas individuales o los grupos de las mismas, a través de una línea de alta impedancia, instalando un transformador reductor en cada parlante. El transformador introduce cierta pérdida y la elección entre el uso de la alimentación directa a la bobina de voz y una línea de transmisión de impedancia más alta, debe basarse en las pérdidas que sean tolerables, en la comodidad y el costo.

3.2.7.2. Sistemas de baja impedancia:

Al igualarse la impedancia de carga a la impedancia del amplificador, se realiza una transferencia de potencia máxima. Por ejemplo, cuando se conecta un parlante de 8 ohmios a la toma de salida de 8 ohmios de un amplificador, se puede suponer que la salida de potencia total disponible del amplificador será consumida por el parlante.

Cuando se conectan dos parlantes de 8 ohmios en serie, a través de las terminales de 16 ohmios del amplificador, como se señala en la Fig. 3.2.85, se consumirá toda la salida del amplificador en los dos parlantes juntos, pero cada uno de ellos sólo consumirá la mitad. Si los dos parlantes quedan conectados

en paralelo y a través de la salida de 4 ohmios del amplificador, como se ilustra en la Fig. 3.2.86, ambos parlantes consumirán, juntos, toda la salida; pero, nuevamente, cada parlante consumirá, individualmente, sólo la mitad de la potencia disponible.

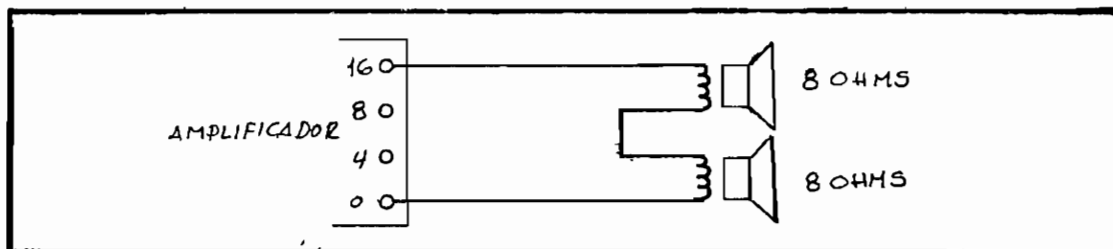


Fig. 3.2.85 Dos parlantes de 8 ohms. conectados en serie a través de la salida de 16 ohms. de un amplificador.

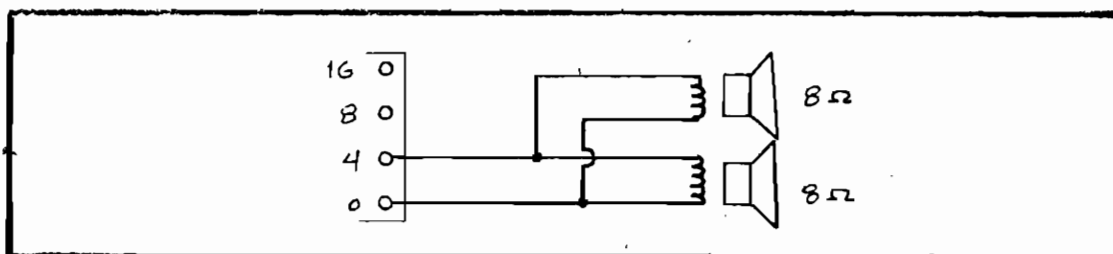


Fig. 3.2.86 Dos parlantes de 8 Ω conectados en paralelo, a través de la salida de 4 Ω de un amplificador.

Otra manera de conectar dos parlantes que tengan la misma impedancia a la salida de un amplificador, a través de un transformador, está ilustrada en la Fig. 3.2.87.

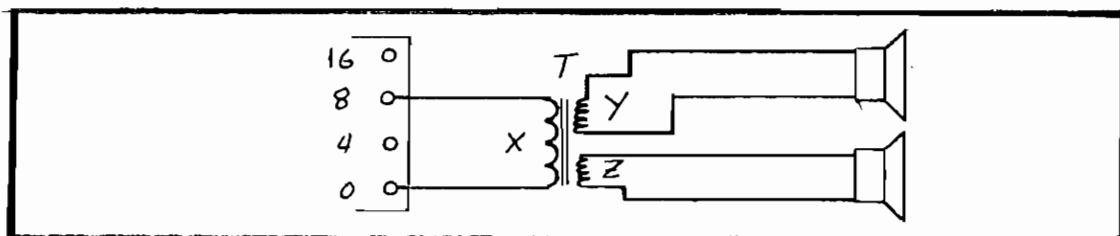


Fig. 3.2.87 Acoplamiento de dos parlantes a un amplificador a través de un transformador de tres devanados.

El transformador T tiene tres devanados y está construido para utilizarse con parlantes de 8 ohmios. Su primario X presenta una carga de 8 ohmios sobre el amplificador y sus secundarios Y y Z presentan una fuente de 8 ohmios a cada uno de los parlantes.

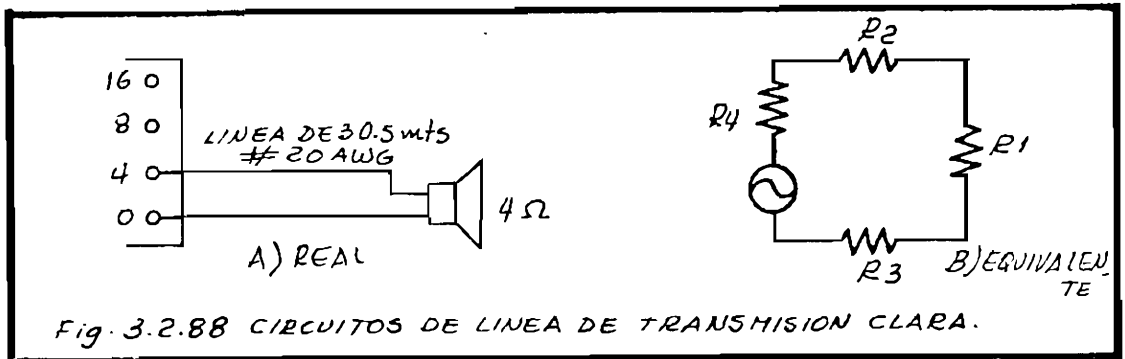
Los amplificadores de sonido público tienen, generalmente, varias terminales de salida, inclusive de 4, 8 y 16 ohmios. Algunos tienen también una salida de 2 ohmios, y otros tienen terminales de salida de 25.70 o 140 voltios.

a) Línea de transmisión de impedancia baja:

En la línea de transmisión se desperdicia una cantidad muy considerable de energía, cuando la línea es larga con relación a la impedancia de la carga. Esta pérdida se debe a la resistencia de la línea. La resistencia impuesta entre el parlante y el generador por un cable No. 20 de dos conductores, cuya longitud sea de unos 30 metros, es de 2 ohmios. Esta cantidad de resistencia es insignificante cuando la impedancia de carga es alta, pero sus dimensiones se agigantan al operarse a niveles de la impedancia de la bobina de voz. Fig. 3.2.88.

En el circuito equivalente, R_4 es la resistencia interna del amplificador, que en un amplificador moderno es bas-

tante baja.



R_1 es la carga de 4 ohmios mientras R_2 y R_3 representan, cada una, 1 ohm, la resistencia c.d. de cada conductor del cable. Se observará que la resistencia de línea del amplificador está en serie con la carga.

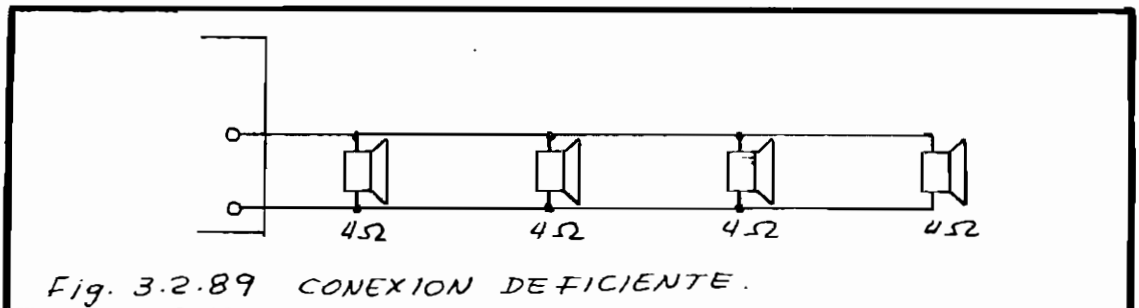
Si la resistencia del generador es baja y el amplificador está ajustado para entregar 4 watts a una carga de 4 ohmios, igual a 4 volts. Si un parlante de 4 ohmios está conectado directamente a las terminales del amplificador por medio de hilos cortos, el parlante consumirá el 100% de la energía disponible.

Cuando el parlante de 4 ohmios está conectado al amplificador a través de un cable de unos 30 metros, formado por un par de alambres No. 20 AWG, el parlante absorberá solamente una parte de la potencia disponible. La carga se presenta ahora al amplificador como 6 ohmios en vez de 4, ya que la resistencia de dos ohmios de la línea está en serie con el parlante de 4 ohmios. Con 4 voltios aplicados desde el amplificador,

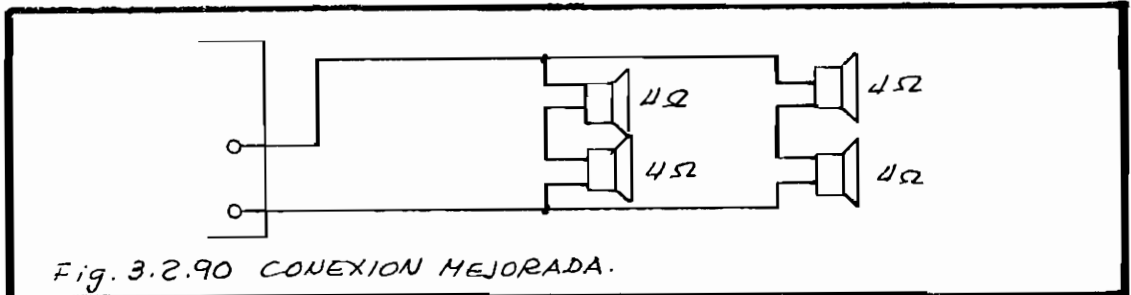
tendremos una corriente de 0,66 A que pasa a través de la línea y de la bobina de voz del parlante. La caída de la línea (representada por R2 y R3) será de 1.32 voltios, de manera que en las terminales del parlante sólo podrá disponerse de 2.64 voltios. De aquí que el parlante sólo consumirá 1.75 watts, o sea el 44% de la potencia disponible.

Si el tamaño del alambre se cambia al calibre No. 12, se reducirá la resistencia de línea hasta 0.32 ohmios. La línea introduce sólo una caída de 0.3 voltios y el parlante consume 3.5 watts, o el 87% de la potencia disponible. Vamos, de esta manera, que es imprescindible el uso del alambre de calibre No. 12 para una distancia de 3.5 metros hasta un parlante de 4 ohmios.

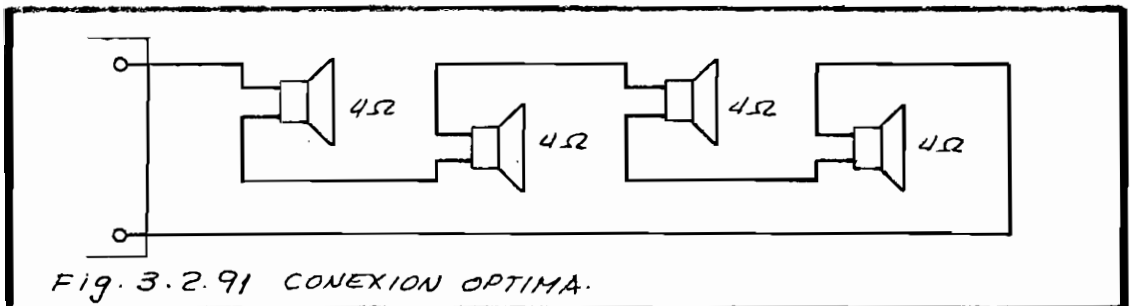
Cuando se tengan que alimentar varios parlantes situados en un sitio, desde una sólo línea, la pérdida de potencia y el tamaño del alambre quedan determinados por las impedancias resultantes y también por las del circuito. El circuito siguiente, Fig. 3.2.89, no es práctico, ya que la mayor parte de la potencia se perderá en la línea.



Conectando los 4 parlantes en serie-paralelo, como se indica en la Fig. 3.2.90, su impedancia combinada se convierte en 4 ohmios.



Y cuando se les conecta en serie, la impedancia de carga se convierte en 16 ohmios (Fig. 3.2.91). Si el amplificador está ajustado para entregar 25 w. a una carga de 16 ohmios, será de 20 volts el voltaje en el extremo de la línea en donde se encuentre el amplificador. De éste llegarán 17.6 volts al racimo de parlantes, a causa de la caída de 2.4 volts en la línea de 30.5 metros de hilo No. 20 AWG. Cada parlante consumirá 4.9 watts; el grupo de parlantes recibirá el 78% de la energía disponible.



Así, vemos que la línea impone una pérdida cercana a un dB, que es muy difícil de ser percibida por el oído.

La distribución equitativa y eficiente del sonido a los parlantes se hace más compleja a medida que se aumentan parlantes. Cuando se usa la conexión en paralelo, es aconsejable que se instale una línea separada a cada puesto de parlante, como se muestra en la Fig. 3.2.92.

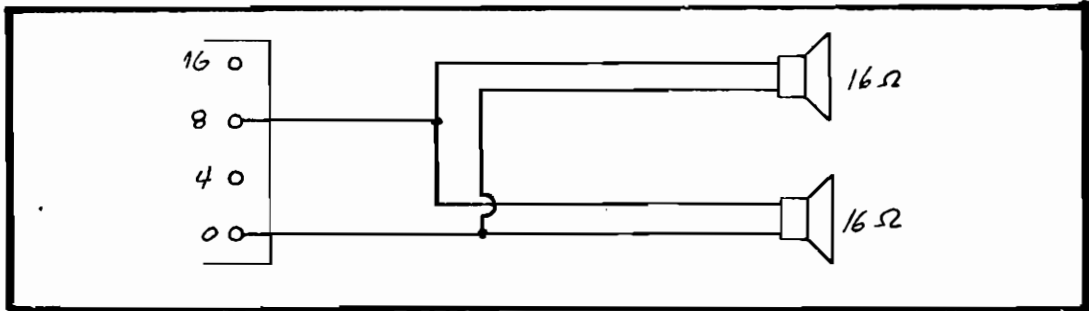


Fig. 3.2.92 Las líneas separadas a los parlantes reducen las pérdidas.

En algunos casos quizá sea mejor que se haga un puente entre dos o más parlantes a través de una sola línea, como se ilustra en la Fig. 3.2.93.

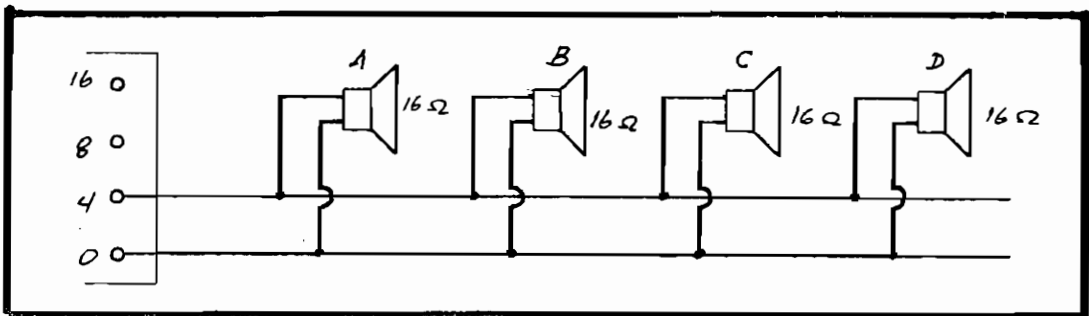


Fig. 3.2.93 Dos o más parlantes en diferentes sitios pueden comunicarse por puentes a través de una línea de alimentación.

Si los parlantes A,B,C y D son de 16 ohmios cada uno,

la carga, excluyendo la resistencia de la línea, llega a ser de 4 ohmios. Si las distancias del alambre entre el amplificador y A, A y B, B y C, C y D, son iguales, la caída de voltaje entre el amplificador y A será aproximadamente cuatro veces mayor que la caída entre C y D, a causa del mayor flujo de corriente en la línea entre el amplificador y A. La cantidad de energía disponible a cada parlante es, por tanto, diferente.

En el circuito que se muestra a continuación, se valían nominalmente las bocinas A y B, en 8 ohmios cada una. Fig. 3.2.94. La distancia del alambre del amplificador a A es de 30.5 metros y de A a B también es de 30.5 metros. Así vemos que la señal a B atraviesa el doble de alambre que la señal que va hasta A. Las condiciones serían las mismas que para líneas separadas; no obstante, el voltaje en el punto A que es donde principia efectivamente la línea que conduce a B, sería menor que en las terminales del amplificador, debido a las pérdidas en la línea entre el amplificador y A.

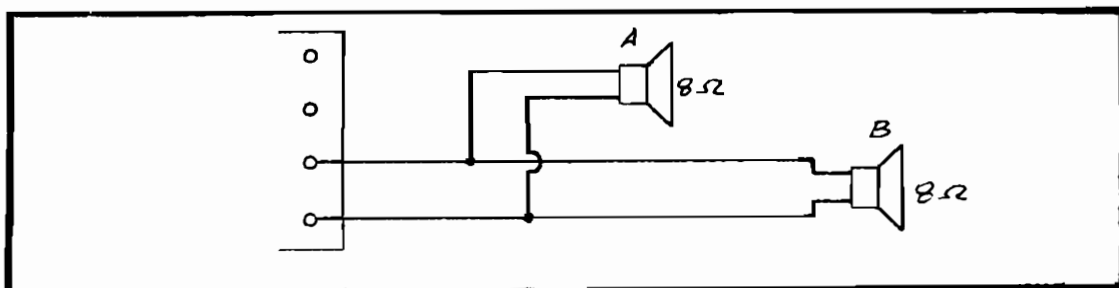


Fig. 3.2.94 El parlante A recibe más energía que el B.

Ya que la pérdida de potencia es igual al cuadrado de la corriente, resulta que la caída en la línea de la sección del amplificador hasta A es considerablemente mayor que desde el punto A hasta el B.

Es posible que las condiciones puedan analizarse mejor si hacemos referencia al circuito equivalente: Fig. 3.2.95.

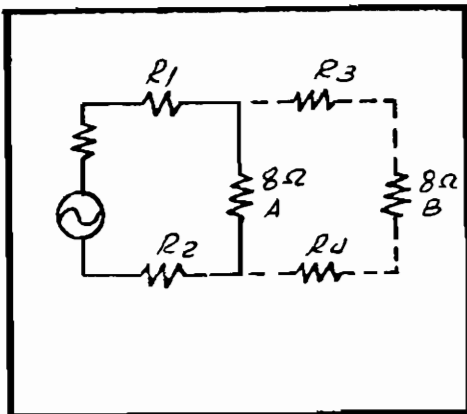


Fig. 3.2.95 CIRCUITO EQUIVALENTE

La carga sobre el amplificador será de 6.4 ohmios. La carga consiste en la red en serie R_1 , R_2 y A, con otra red en serie R_3 , R_4 y B, conectada en paralelo con A.

Como hay 10 voltios en la salida del amplificador, la caída en la línea entre el amplificador y A será de 3.12 voltios ya que son 1.56 amperios los que fluyen en la línea. La bocina A recibe 6.88 voltios y, por consiguiente, consume 6 watts. La caída entre A y B será únicamente de 1.376 voltios ya que la corriente a B es ahora sólo de 0.688 amperios. B recibe 5.5 volts y desarrolla 3.78 watts. En este tipo de circuito,

Si se usa alambre No. 20 , la resistencia en la línea es de 2 ohmios desde el amplificador hasta A y de 2 ohmios desde A hasta B.

A recibe 60% de potencia más que B.

Aunque la conexión en serie de los parlantes hace surgir otros problemas a causa de la posibilidad de elevados voltajes transitorios, es posible disminuir las pérdidas en la línea de tal manera que el sonido pueda distribuirse con bastante eficiencia, sin que haya necesidad de usar transformadores de igualación. Evitando la conexión a tierra de los marcos de parlantes y aislándolos entre sí, es posible evitar daños ocasionados por chisporroteo o por fallas en el aislamiento causadas por elevados voltajes transitorios.

Cuando se emplea la conexión en serie pueden tenderse líneas separadas a cada parlante. Sin embargo, si se necesita una cantidad menor de cable para alcanzar las bocinas en una hilera en serie, se tendrán pérdidas más bajas mediante el empleo de una línea común.

Si las líneas que se muestran en la Fig. 3.2.96-1, tienen una longitud de 30.5, 61, 91.5, y 122 metros, la señal tendrá que desplazarse a través de un total de 610 metros de alambre. Si, por otra parte, se usa una línea común, como se muestra en la Fig. 3.2.96-2, la señal solamente tendrá que viajar a través de 244 metros de alambre o a través de un cable sencillo de 122 metros de largo. Es obvio que las pérdidas serán

mucho menores cuando se use la segunda técnica.

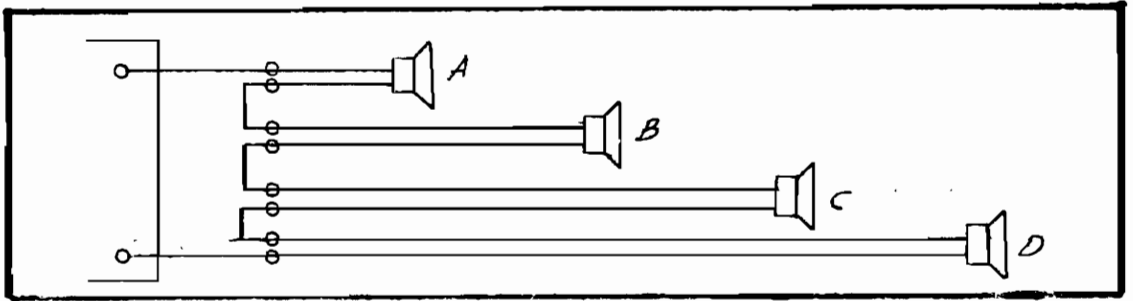


Fig. 3.2.96-1) 1) Pueden tenderse líneas paralelas hacia los parlantes en serie.

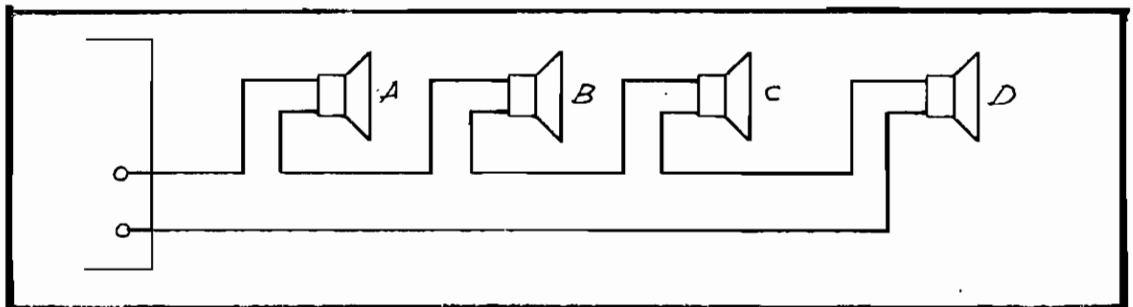
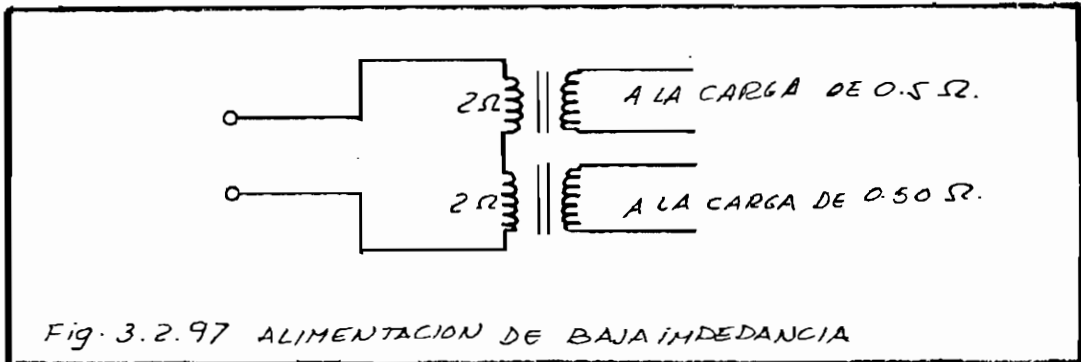


Fig. 3.2.96-2) 2) Pueden insertarse los parlantes en una sólo línea alimentadora.

b) Alimentación de baja impedancia:

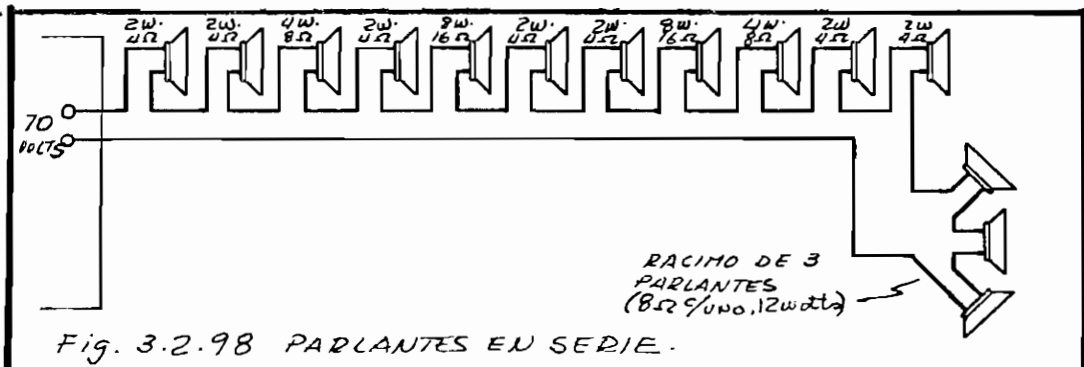
Puede hacerse menos complejo el sistema alimentador de parlantes y que todos en una línea alimentadora queden conectados en paralelo, si se utiliza un transformador igualador de 2 : 0.5 ohmios. Este transformador, en particular, manejará 100 watts de potencia y se le puede emplear para alimentar 8 bocinas de 4 ohmios, 16 de 8 ohmios, 32 de 16 ohmios, en paralelo, cuando se les alimenta desde la salida de 2 ohmios de

un amplificador. Si el amplificador no tiene una salida de 2 ohmios, es posible conectar los primarios de dos transformadores de esta clase, en serie, a través de las terminales de salida de 4 ohmios de un amplificador, como se indica en la Fig. 3.2.97.



Usando dos de estos transformadores es posible manejar hasta 200 watts de potencia.

En un sistema para localización, por ejemplo, es posible conectar varios parlantes en serie a través de la salida de 70 voltios de un amplificador, como se ilustra en la Fig. 3.2.98.



Si se usan unos 300 metros de línea No. 14 , la caí-

da en la línea será solamente de 5 voltios.

Cada parlante consume energía según lo determine la impedancia de la bobina de voz. La misma cantidad de corriente fluye a través de todos los parlantes. Al aplicarse 70 voltios a la línea, fluirán 0,7 amperios a través del circuito y harán que los parlantes de 4 ohmios consuman 2 watts, que los de 8 ohmios consuman 4 watts y los de 16 ohmios 8 watts. La desventaja principal de este circuito consiste en que si una de las bocinas deja de funcionar, todas las demás también lo harían.

c) Líneas de alta impedancia:

Es posible disminuir bastante la pérdida de potencia en las líneas de distribución de parlantes, si se aumenta la impedancia de las cargas. Esto puede realizarse instalando un transformador de línea a la bobina de voz, en cada puesto de parlantes, o en cada punto de unión. La impedancia de línea usada más comúnmente es de 500 ohmios. Sin embargo, esto no significa que sea necesario hacer uso de transformadores igualadores de 500 ohmios para conectarse a la bobina de voz. Esto depende de la cantidad de parlantes y transformadores que estén conectados a través de la misma salida.

Se ilustran combinaciones típicas en la Fig. 3.2.99.

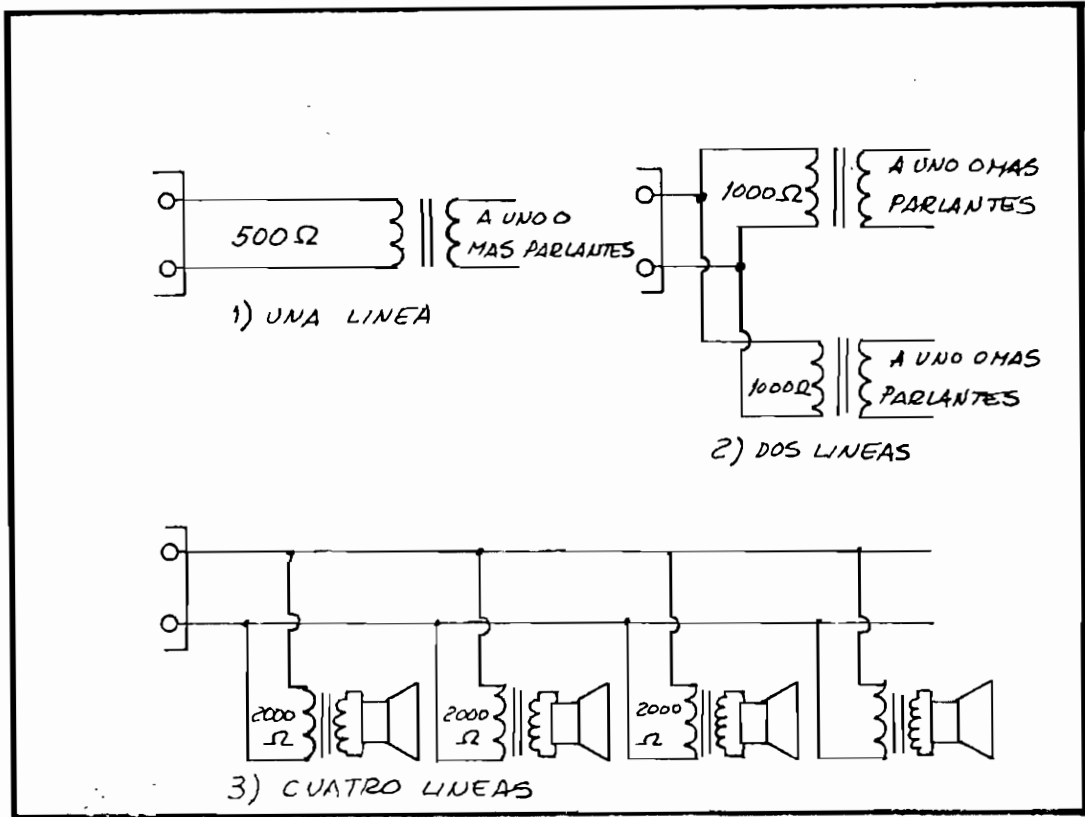


Fig. 3.2.99 Combinaciones típicas de líneas de alta impedancia.

Si se conectan dos o más líneas individuales a la salida de 500 ohmios de un amplificador, como se muestra en la Fig. 3.2.99, tendrá que estar terminada cada línea en el extremo de carga con la impedancia apropiada para efectuar una transferencia de potencia máxima. Si dos líneas están conectadas de esta manera, deberá terminar cada una en una carga de 1000 ohmios. Si son cuatro las líneas, entonces será necesario que cada carga sea de 2000 ohmios.

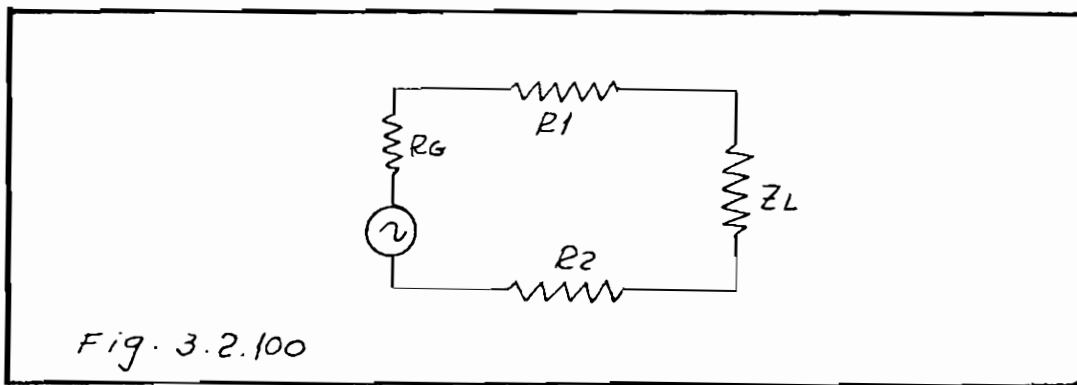
Cuando los parlantes tienen puentes a una línea común, tal como se observa en la Fig. 3.2.99 (parte 3), a través de transformadores igualadores de línea, persiste el mismo problema de igualación de la impedancia. Cuando cuatro parlantes o grupos de parlantes, están unidos de esta manera a una línea, cada uno deberá actuar como una carga de 2000 ohmios para que funcionen, colectivamente, como 500 ohmios. Sin embargo, no es esencial que sus impedancias sean iguales, como sucede cuando se necesitan alcanzar diferentes niveles de volumen en diversos puestos de parlantes. Tampoco es esencial que equivalgan, colectivamente, a 500 ohmios. Pueden ofrecer una carga total más alta, pero ésta no debe ser inferior a 500 ohmios.

Aunque 500 ohmios son la impedancia de línea más común, se usan, frecuentemente, líneas de 100 ohmios y de 250 ohmios. La industria telefónica emplea, como norma 600 ohmios.

Como las pérdidas en la línea de potencia aumentan con el cuadrado de la potencia, es razonable suponer que las pérdidas serán menores a medida que la impedancia se haga más alta ya que la corriente es más baja para el mismo nivel de potencia. Sin embargo, existe un límite práctico. Aunque en algunos casos el audio se distribuye a impedancias tan elevadas como 5.000 ohmios, el límite máximo superior es, ordinariamente, 500 ohmios. A medida que se aumenta la impedancia, la capaci-

dad y la inductancia pueden provocar efectos adversos. Desde el momento en que el voltaje a través de la línea también aumenta con la impedancia, pueden originarse diafonía y retroalimentación con otros circuitos de comunicación.

Con el fin de ilustrar la diferencia en las pérdidas entre las líneas de alta y de baja impedancia, la Fig. 3.2.100 presenta un circuito equivalente. Si la carga Z es de 8 ohmios y la resistencia de la línea ($R_1 + R_2$) es de 2 ohmios, el generador se enfrenta a una carga de 10 ohmios. Si el generador aplica 10 volts. serán 8 volts los que lleguen hasta la carga. Entonces, en la línea se disipan 2 watts o sea el 20% de la potencia disponible.



Elevando la impedancia de carga hasta 500 ohmios y aumentando el voltaje del generador hasta 100, podrá observarse que sólo 0,2 amperios fluyen a través del circuito y que la caída de voltaje en la línea es, solamente el 0,4% de la potencia disponible.

Cuando se usa una línea de alta impedancia, se necesitan también transformadores igualadores de línea. Los transformadores mismos tienen, generalmente, una eficiencia de 80% a 95% y, por consiguiente, introducen una pérdida de potencia.

En la tabla siguiente se encuentran una lista de las longitudes máximas de cables de diversos tamaños que pueden usarse sin que se introduzcan pérdidas de potencia excesivas.

Longitud de cable máxima que puede ser usada sin pérdidas de potencia excesivas.

Tamaño de alambre AWG	Impedancia de carga					
	4 ohms	8 ohms	16 ohms	100 ohms	250 ohms	500 ohms
14	38 m	76 m	137 m	305 m	760 m	1520 m
16	23 m	46 m	91 m	228 m	456 m	912 m
18	15 m	31 m	61 m	122 m	305 m	618 m
20	8 m	15 m	31 m	76 m	228 m	456 m

d) Distribución a voltaje constante:

El sistema de distribución de sonido a voltaje constante libera a los proyectistas, instaladores y al personal de mantenimiento, de la preocupación por la igualación de impedancias.

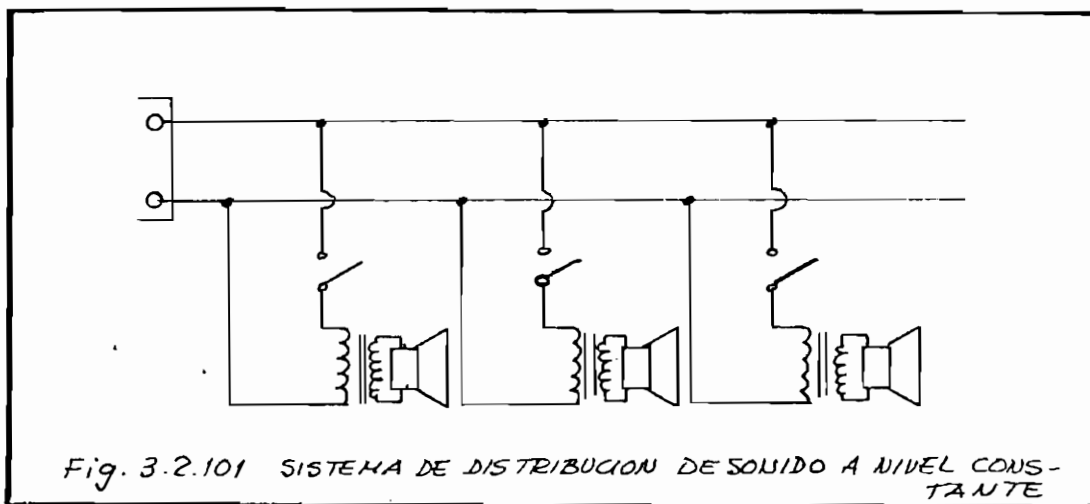
Aún cuando las relaciones de impedancias dejan de existir y son de importancia directa para el ingeniero diseñador, generalmente es posible ignorarlas en la práctica.

Los fenómenos de audio se distribuyen de la misma manera que la energía eléctrica. El amplificador es visto como un generador y la línea o líneas que alimenta pueden considerarse como alimentadoras de potencia. Los parlantes están conectados a estas líneas de potencia a través de transformadores de línea que reducen el voltaje hasta el nivel deseado para los parlantes individuales. El nivel de señal en las líneas se mantiene a 25, 70 o 140 voltios, de acuerdo con el tipo de sistema que se utilice.

El sistema de voltaje constante más aceptado emplea una señal de 70 voltios en la línea. Esta se obtiene de cualquier amplificador provisto de una salida de 70 voltios o de la toma de salida de 500 ohmios de un amplificador de 10 watts. Cuando se usa un amplificador de 40 watts puede obtenerse la señal de 70 voltios de las terminales de salida de 100 ohmios.

Las ventajas del sistema de 70 voltios llegan a comprenderse apenas hasta que se emplea un amplificador de salida constante que sea apropiado. Cuando se utiliza un amplificador con regulación de salida adecuada, los parlantes pueden ser conec-

tados o separados de la salida del amplificador sin que se modifique apreciablemente el nivel de sonido de otras bocinas que estén conectadas al mismo amplificador. Cuando se desconecta o añade un parlante no es necesario volver a ajustar las relaciones de impedancia de los otros parlantes, como sucede cuando se emplean técnicas de igualación de impedancias. Al desconectar un parlante, no se necesita un resistor de carga artificial para mantener las relaciones de impedancia deseadas.



Generalmente se usa un sólo amplificador para alimentar los parlantes conectados a una o más líneas de transmisión a voltaje constante. Fig. 3.2.101. Es posible conectar a la línea, o líneas, tantos parlantes como pueda manejar el amplificador. Cuando se necesite más potencia, pueden instalarse amplificadores adicionales. En la mayoría de las ocasiones, cada amplificador alimenta una o más líneas de transmisión que están aisladas eléctricamente de las líneas conectadas a la salida de otros amplificadores. Esto se ilustra en la Fig. 3.2.102.

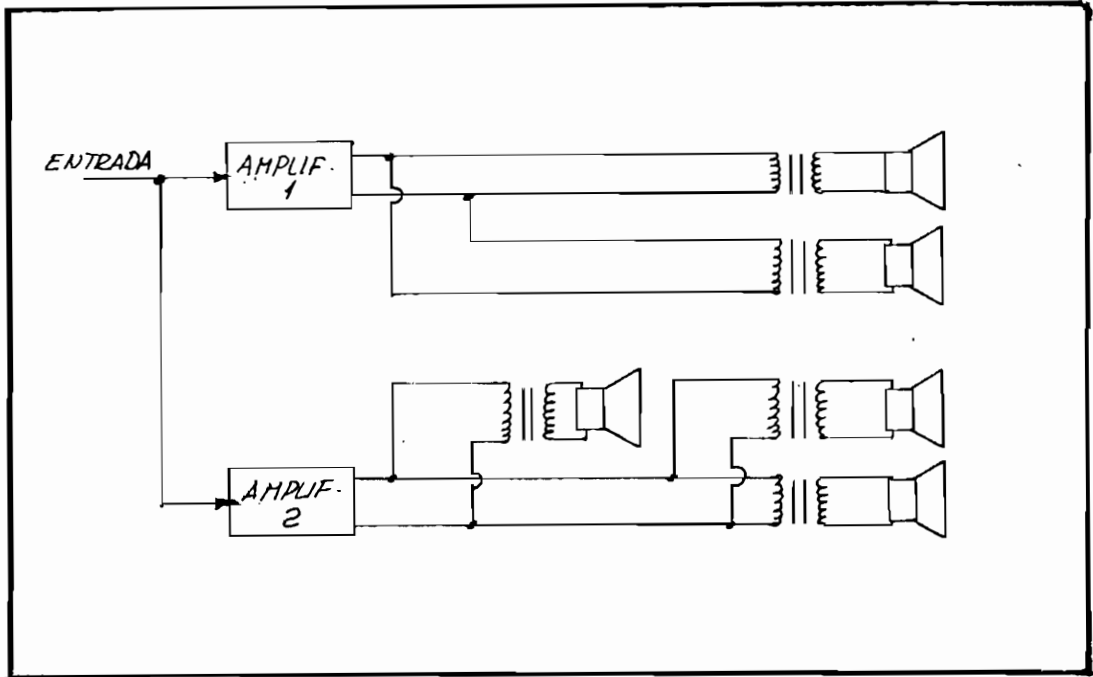


Fig. 3.2.102 Salida de amplificador aislada eléctricamente, pero con una señal de entrada común.

Todos los amplificadores se alimentan de la misma fuente de señales de entrada, pero los circuitos de salida están separados.

Algunos amplificadores, proyectados específicamente para funcionar en un sistema de 70 voltios, pueden apilarse (con las entradas y también las salidas, en paralelo) con el fin de suministrar más potencia que proceda de la misma fuente de entrada y pasarla a las mismas líneas de transmisión de salida. Por ejemplo, cuatro amplificadores de 50 watts pueden apilarse tal como se indica en la Fig. 3.2.103, con el objeto de producir 200 watts.

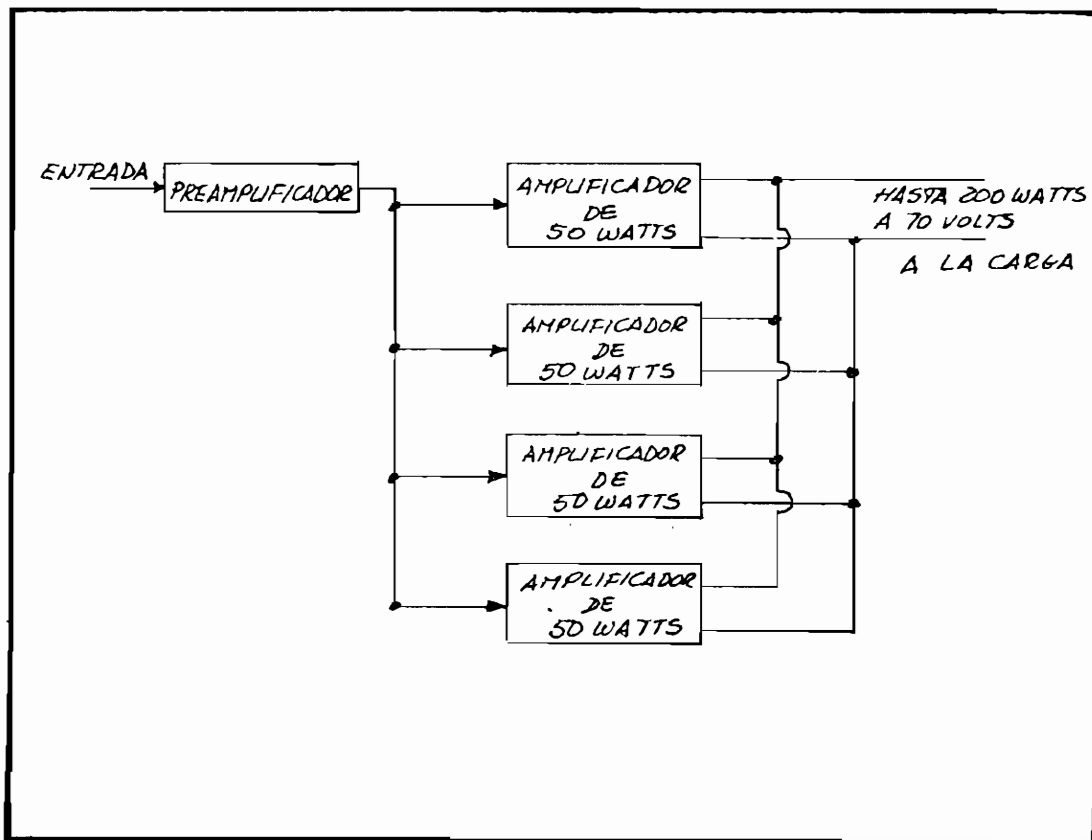


Fig. 3.2.103 Cuatro amplificadores de 50 watts "apilados" Para cuadruplicar la salida de potencia.

Se han apilado hasta seis amplificadores para obtener así una potencia de 300 watts.

Cuando se ponen puentes entre los parlantes y una línea, en varios puntos, el planeador del sistema debería tomar en cuenta las pérdidas que podrían ocurrir en la línea. Si la línea de distribución de sonido a voltaje constante se considera como una línea de potencia, pueden evitarse dificultades. Usando alambre de calibre grueso se reducirán al mínimo los problemas originados por pérdidas en las líneas y el nivel del sonido se-

rá menos afectado por las bajas en la línea al encenderse o apagarse los parlantes.

3.2.7.3. Control de nivel de sonido:

El éxito de la aplicación industrial de los sistemas a voltaje constante exige que los amplificadores que se empleen tengan una regulación de salida adecuada. El nivel de sonido puede regularse en los sitios en donde se encuentran los parlantes, así como en el amplificador. En algunos casos no se utilizan controles de volumen manuales en el sitio del parlante, pero entonces el nivel de sonido se controla exclusivamente por la selección de las tomas en el transformador de la línea en los sitios de los parlantes individuales, tal como se señala en la Fig.3.2.104.

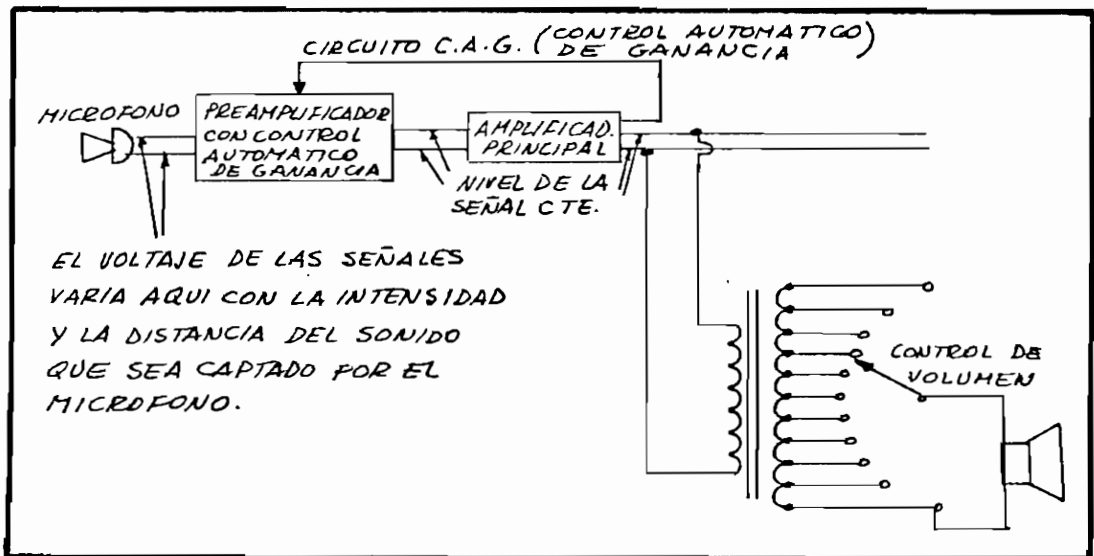
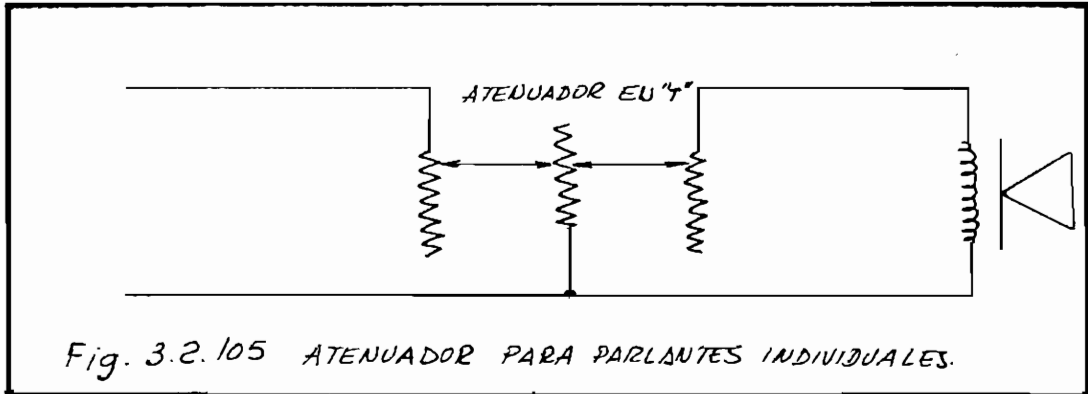


Fig. 3.2.104 El volumen es controlado en las bocinas.

Al distribuirse el sonido a las impedancias de la bobina de voz puede controlarse el nivel de los parlantes individuales mediante la instalación de un atenuador "T" o "L", como vemos en la Fig. 3.2.105.



Se logra obtener una mayor flexibilidad cuando se emplean líneas de distribución de alta impedancia o de voltaje constante, ya que los transformadores pueden ser utilizados para suministrar la cantidad de potencia deseada a los parlantes individuales. En el caso en el que se necesiten cantidades de potencia desiguales para varios parlantes, pueden emplearse diferentes combinaciones de la línea al transformador de la bobina de voz.

La cantidad de potencia que será consumida por un parlante determinado queda fijada por la impedancia de la bobina de voz y por el voltaje que se le aplique. Por ejemplo, si se aplican 4 voltios a una bocina de 8 ohmios, ésta consumirá 2 watts, ya que el consumo de potencia, expresado en watts es igual al cuadrado del voltaje dividido entre la impedancia de

carga: $(W = \frac{E^2}{Z})$.

Cuando se usa un transformador de línea, el voltaje a través del secundario queda determinado por el voltaje a través del primario y por la relación de vueltas del transformador. Si al primario del transformador se le concede un valor nominal de 500 ohmios y si el parlante ha de consumir 2 watts , el voltaje a través del primario deberá ser, aproximadamente, de 32 volts, ya que $E = \sqrt{WR}$. La relación entre voltajes del transformador es 32 : 4 o 8 : 1, mientras que la relación de impedancias es 500 : 8, o 62,5 : 1.

Para reducir a la mitad el consumo de potencia del parlante, deberá duplicarse la impedancia del primario del transformador. Habiendo una relación de impedancia de 1.000 : 8 o 125 : 1, la relación de vueltas o de voltaje será de 32 : 2,8 o, aproximadamente, 11 : 1. Se sobreentiende que el voltaje

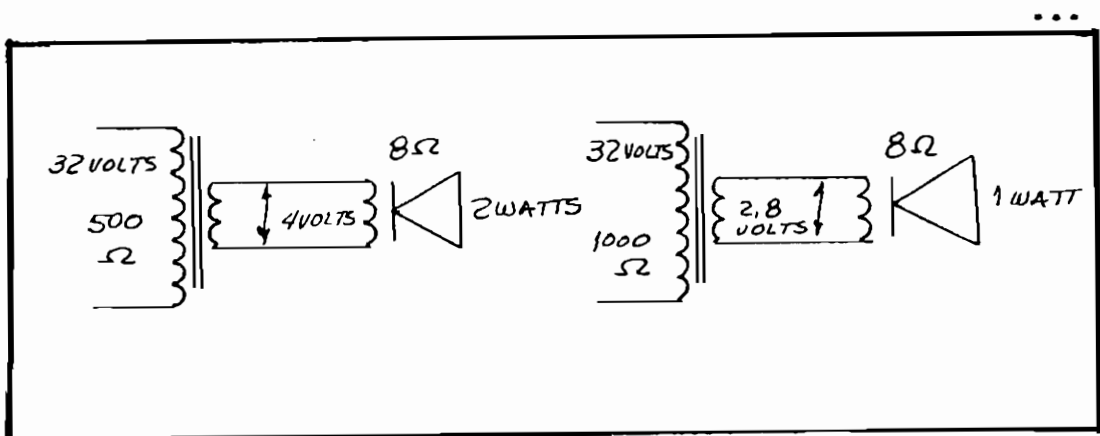


Fig. 3.2.106 Variación del nivel de volumen mediante la selección de dos transformadores igualadores de línea.

a través del primario permanecerá en 32 volts, pero el voltaje que llega hasta la bobina de voz cae hasta 2,8 voltios. Esto se indica de manera esquemática en la Fig. 3.2. 106.

Cuando se conectan dos parlantes al amplificador a través de transformadores de línea separados, la potencia disponible puede distribuirse de manera desproporcionada entre los dos parlantes. Los parlantes A y B, en la Fig. 3.2. 107, se alimentan desde el mismo amplificador a través de los transformadores T1 y T2, respectivamente. El valor nominal de cada parlante es de 8 ohmios.

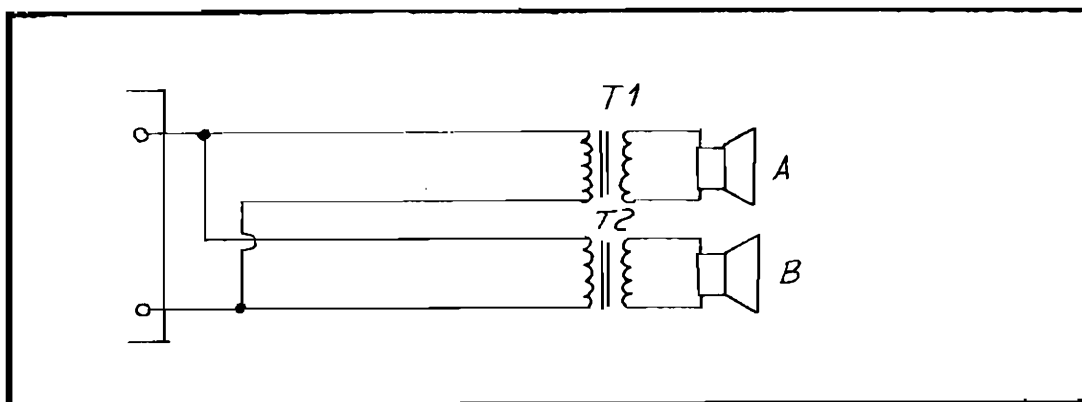


Fig. 3.2.107 Distribución de potencia desproporcional a los dos parlantes.

El transformador T1 tiene un primario de 500 ohmios , mientras que T2 presenta una carga de 1.000 ohmios. El parlante A consume el doble de potencia que el parlante B. Son aplicables los mismos principios cuando se alimentan tres o más par-

lantes desde la misma fuente de señales.

En el sistema de 24 parlantes, ilustrado a continuación Fig. 3.2. 108, se necesita un total de 50 watts.

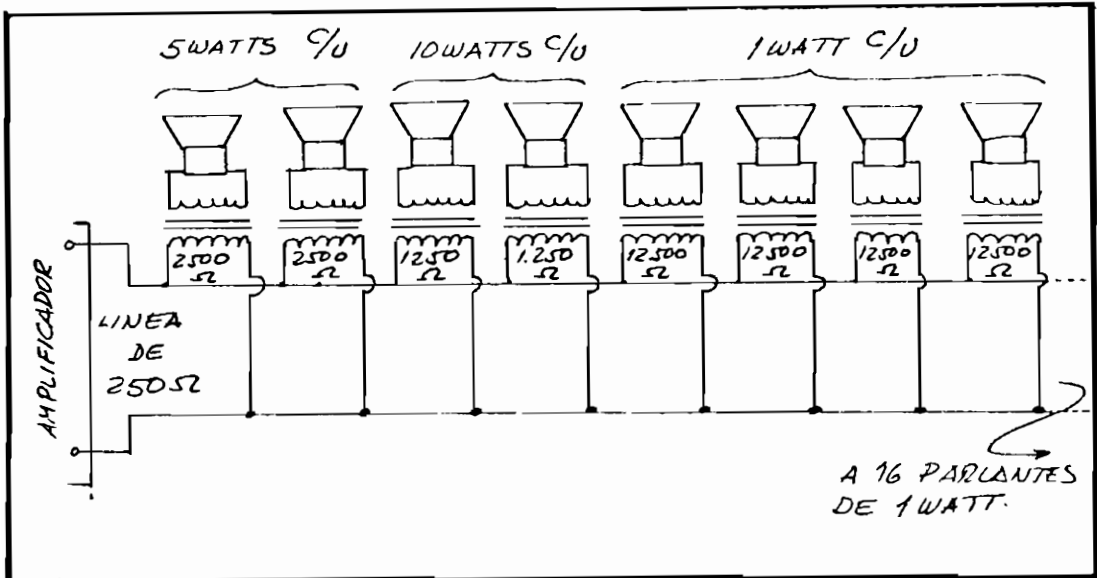


Fig. 3.2.108 Varios niveles de sonido obtenidos mediante el empleo de transformadores igualadores de línea.

Dos de los parlantes se hacen funcionar a 5 watts, dos a 10 watts, y veinte a un watt cada uno. Con el fin de obtener 10 watts, una quinta parte de la potencia disponible. Para los de 5 watts una décima parte y para las de un watt se necesitará 1/50 de la potencia disponible.

La relación entre las necesidades de potencia de las diversas salidas ya ha sido establecida. Dado que la impedancia de la línea es de 250 ohms, se necesita utilizar un transforma

por de línea de 1250 ohms (250 : 1/5) en cada uno de los parlantes de 10 watts. Para tomar un watt de la línea (250 : 1/50) se necesita un transformador de línea de 12.500 ohmios. Los secundarios de los transformadores deberán igualar, en todos los casos, las impedancias de las bobinas de voz de los parlantes.

Hasta ahora se ha usado el término impedancia, con respecto a los transformadores de línea a parlante. Cuando se emplean técnicas de distribución a voltaje constante, es posible omitir el término si es que se emplean transformadores valorados en volts o watts. La cantidad de potencia consumida por un alta voz determinado queda controlada por el voltaje que se le aplique. Se varía el voltaje alterando la relación entre las vueltas primaria y secundaria. Esto puede realizarse aportando tomas en el primario del transformador, tal como se indica en la Fig. 3.2.109, o en el secundario, o en ambos.

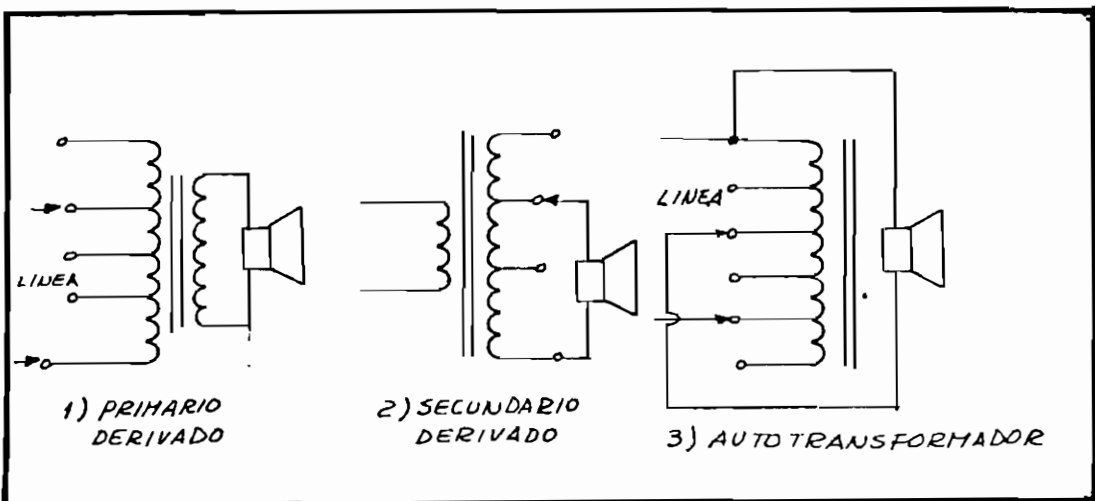


Fig. 3.2.109 Diversos tipos de transformadores igualadores de línea.

Puede emplearse un autotransformador, con tomas instaladas de manera que pueda disponerse de una amplia combinación de relaciones de voltaje.

Los transformadores de línea, proyectados para parlantes en interfase a una línea alimentadora de 25, 70 o 140 voltios, son fabricados por varios productores diferentes y pueden ser obtenidos con tasas nominales de potencia hasta de 50 watts.

Potencia consumida por un parlante acoplado a una línea a voltaje constante a través de transformadores de línea de varias impedancias.

Impedancia del primario del transformador *	Watts para cargar				
	Línea de 25 volts	Línea de 50 volts	Línea de 70 volts	Línea de 100 volts	Línea de 140 volts
250	2.5	10	20	40	80
312.5	2	8	16	32	64
333	1.8	7.5	15	30	60
500	1.25	5	10	20	40
625	1	4	8	16	32
1000	0.625	2.5	5	10	20
1250	0.5	2	4	8	16
2000	0.31	1.25	2.5	5	10
5000	0.125	0.5	1	2	4
10000	0.0625	0.25	0.5	1	2

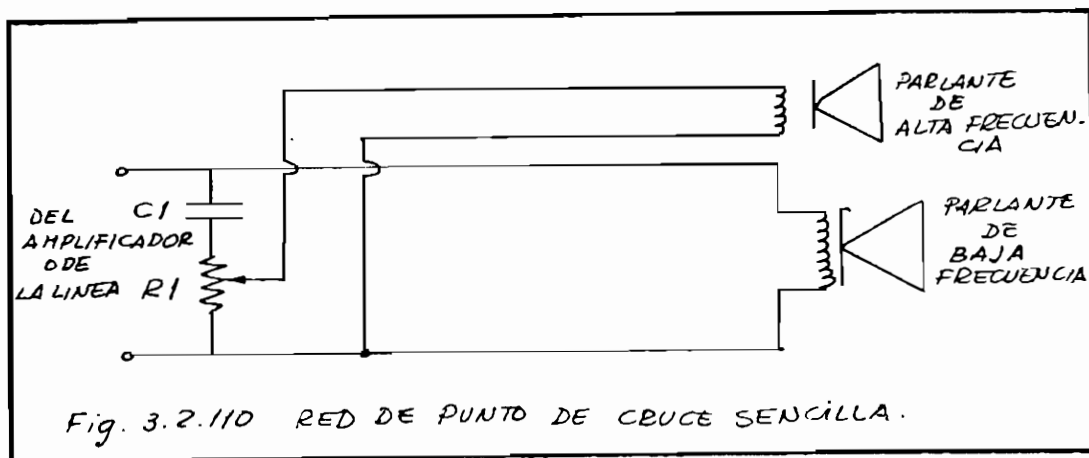
* El secundario está igualado a la bobina de voz.

En la tabla se anotó la cantidad de potencia que consumirá el parlante al estar acoplado a una línea de distribución de sonido a voltaje constante a través de transformadores de línea de diversos valores de impedancia.

3.2.7.4. Redes de puntos de cruce:

Los bloques constitutivos de un sistema de sonido básico son las fuentes de entrada, los amplificadores y los altavoces. Así mismo, también se utilizan comúnmente varios accesorios. Uno de los más utilizados, en donde se necesitan sistemas de parlantes múltiples, es la red de punto de cruce.

Un punto de cruce es, fundamentalmente, un filtro colocado entre el amplificador y los parlantes, de manera que cada parlante se excite solamente por medio de su escala de frecuencias operacionales. Fig. 3.2.110.



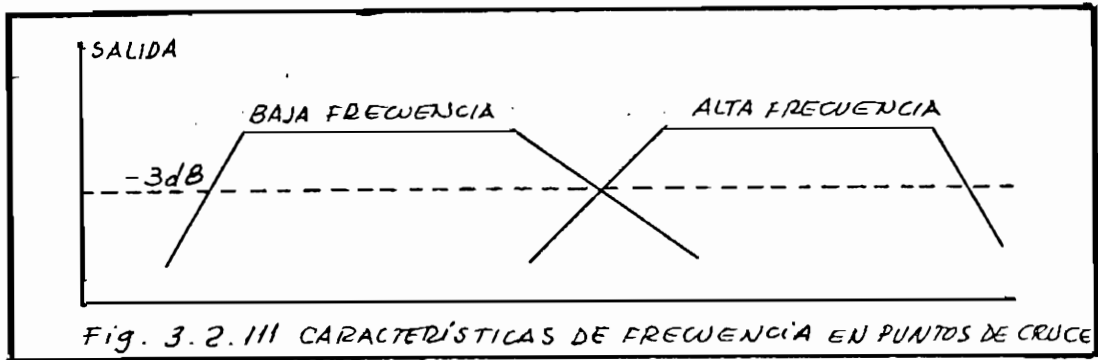
Todas las frecuencias se alimentan directamente a la bobina del parlante de baja frecuencia, pero la reactancia del capacitor es tal que solamente las altas frecuencias pasan hasta el parlante de alta frecuencia. Es posible proyectar redes más complicadas de manera que la bobina del woofer reciba solamente las frecuencias bajas y la bobina del tweeter reciba únicamente las señales altas.

Aunque existen muchas redes de punto de cruce que se diseñan para más de una escala de frecuencias, generalmente se ha observado que, a causa de problemas ocasionados por el desplazamiento de fases inherentes al uso del mayor número de secciones, lo más conveniente es usar redes de punto de cruce de dos partes, para la colocación de la mayoría de las instalaciones de sonido comerciales. Los puntos de cruce para las unidades de dos secciones varían entre 500 y 800 Hz, según las características de los parlantes, pero 500 Hz es el valor que se elige más comúnmente.

Como se muestra en la Fig. 3.2.111, las respuestas de los parlantes de alta y de baja frecuencia están entrecruzadas en un punto situado a 3 dB por debajo de la porción plana.

La frecuencia del punto de cruce deberá ser tal que afecte a un parlante antes de que decaiga la respuesta de frecuen

cia del mismo y que el parlante se vuelva no lineal.



Los woofers se proyectan, ordinariamente, para que tengan una respuesta muy deficiente arriba de 1.000 Hz. Las frecuencias alimentadas a la unidad de alta frecuencia deben ser tales que la excursión del diafragma de altavoz no exceda las especificaciones del fabricante. Si no se hace caso de esta precaución se originarán daños graves a la bobina de voz y al diafragma.

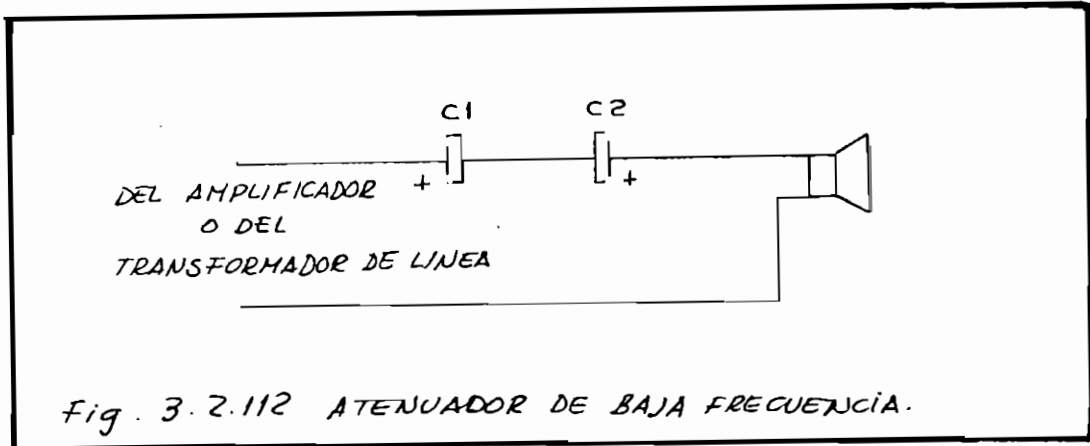
Como el punto de cruce se encuentra en el circuito de potencia entre la salida del amplificador y los parlantes, deberá recalcarse que debe hacerse todo lo posible para reducir hasta el mínimo la pérdida por inserción que resulta de aquí. El punto de cruce debe estar proyectado de tal manera que su impedancia de entrada se iguale a la impedancia de salida del amplificador que se use. También será importante que en la red se usen capacitores e inductores de buena calidad, provistos de hilos grandes. La resistencia de c d debe ser baja en las líneas de alimentación al punto de cruce.

3.2.7.5. Atenuación de baja frecuencia.

En los sistemas de sonido destinados exclusivamente a transmitir la voz, no es necesario reproducir las bajas frecuencias para obtener una reproducción sumamente comprensible de la voz. Frecuentemente, la claridad se mejora mediante la disminución de la respuesta de baja frecuencia.

Es posible reducir la respuesta de baja frecuencia de un parlante mediante la conexión de un capacitor en serie con la bobina de voz. Puede emplearse un capacitor relleno de aceite o de uno aislado con papel, pero rara vez se les encuentra en el mercado con capacitancias superiores a un microfaradio. Desde el momento que la reactancia de un capacitor de un microfaradio es, aproximadamente, de 675 ohmios a 240 Hz, ésta introduciría pérdidas excesivas al conectarse en serie con la bobina de voz de un parlante. Por esta razón se usan, normalmente, capacitores electrolíticos para esta finalidad. Como los capacitores electrolíticos convencionales están polarizados y construidos para ser usados en circuitos de corriente eléctrica (excepto los tipos de bajo voltaje que se emplean en los circuitos de transistores), se usan por pares en esta aplicación para corriente alterna. Como se indica en la Fig. 3.2.112, los capacitores electrolíticos C1 y C2 están combinados en serie, oponiéndose. La capacidad efectiva de C1 y C2, combinada es,

esencialmente igual a la mitad de uno de los capacitores.



Si cada uno de los capacitores C1 y C2 posee una capacitancia de 200 microfaradios, la capacitancia efectiva en serie será de 100 microfaradios. A 240 Hz la reactancia de un capacitor de 100 microfaradios es aproximadamente de 7 ohmios y a 1.000 Hz de 2 ohmios. Cuando C1 y C2 se conectan entre sí en serie, y con un parlante de 4 ohmios, y cuando cada uno tiene una capacitancia de 200 microfaradios, ocasionarían una atenuación de 6 dB a 400 Hz, aproximadamente. Esto significa que la bocina consumiría el 25% de la potencia disponible a esa frecuencia. A frecuencias más altas la reactancia de los capacitores es menor, se reduce a un valor cercano a 0.3 ohmios a 5.000 Hz, y ocasiona una pérdida de inserción próxima a unos 0.3 dB; de este modo, deja disponible casi al 94% de la potencia asequible a esa frecuencia, el cual podrá ser consumido por el parlante.

En la tabla siguiente se anota la reactancia capacitiva-

va de los capacitores de diversos valores a 50 Hz, 100 Hz, 400 Hz y 1.000 Hz. A 500 Hz, la reactancia en cada caso sería igual al 20% del valor a 1.000 Hz.

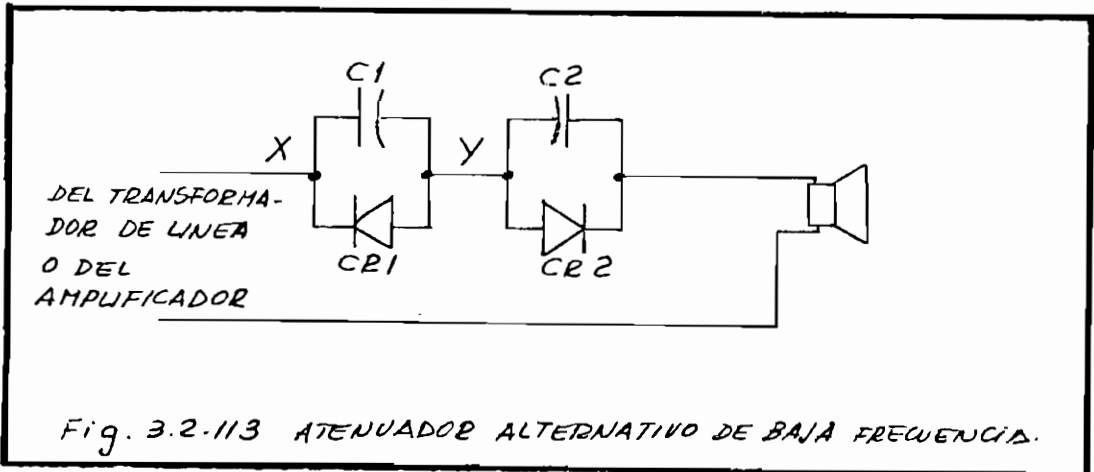
Reactancia capacitiva (ohms aproximados) con respecto a la frecuencia.

Microfaradios	50 Hz	100 Hz	400 Hz	1000 Hz
1	3200	1600	400	160
10	320	160	40	16
20	160	80	20	8
40	80	40	10	4
50	64	32	8	3
80	40	20	5	2
100	32	16	4	2
200	16	8	2	1

En esta explicación deberá tenerse presente que los capacitores electrolíticos, a causa de sus características, poseen resistencia tanto en derivación como en serie, así como reactancia capacitiva, que pueden diferir un poco de los valores anotados en la lista. Esta exposición tampoco incluye la variación que hay en la impedancia de los parlantes a diferentes frecuencias, ni tampoco las relaciones de fase que existen

a causa de los componentes de la impedancia de la bobina de voz, que no es ni puramente inductiva ni resistiva. Sin embargo, una capacitancia en serie con la bobina de voz si actúa como una resistencia, entonces decrece con la frecuencia.

Quizá una mejor manera de emplear los capacitores, para atenuar la respuesta de baja frecuencia de un parlante, consista en utilizar dos capacitores electrolíticos y dos diodos, conectados de la manera que se muestra en la Fig. 3.2.113



Cuando el voltaje de audio es positivo en el punto X con respecto a Y, el diodo CR1 se encuentra polarizado inversamente y actúa como un interruptor abierto, dejando a C1 en el circuito. Simultáneamente, el diodo CR2 está polarizado directamente y actúa como interruptor cerrado, estableciendo un cortocircuito a través de C2. De esta manera sólo es efectivo C1 y se polariza correctamente. Cuando se invierte la polaridad en los puntos X e Y, se cortocircuita C1 por efecto de CR1

y queda desconectado, CR2 no conduce y C2 es efectivo. Los diodos determinan automáticamente cuál es el capacitor que funciona. En este circuito la capacitancia en serie efectiva es igual a la capacitancia de uno de los capacitores y no la mitad como lo fue en el circuito anterior.

Otro beneficio que se deriva del uso de los capacitores en serie con una bobina de voz, es el incremento de la capacidad de manejo de potencia de parlantes. Supongamos que se estén alimentado 16 voltios a 100 Hz a una bobina de voz de 8 ohmios, haciendo que fluyan a través de ella 2 amperios. La potencia consumida por la bobina de voz será de 32 watts. Supongamos también que no se necesita ninguna reproducción de frecuencia inferior a 300 Hz. Mediante la conexión de 50 microfaradios la capacitancia en serie con la bobina de voz, habrá 32 ohmios de reactancia en serie con la bobina de voz a 100 Hz. Si estas se comportan como resistencias, los 16 voltios de la señal tendrán una carga de 40 ohmios a 100 Hz. En realidad, únicamente 0.4 amperios fluyen a través de la bobina de voz y entonces decae el consumo de potencia a esa frecuencia hasta 1.28 watts.

Vemos por consiguiente, que a una frecuencia de 100 Hz, el parlante consume únicamente el 4% de la potencia que consumiría sin tener la capacitancia en serie.

A 400 Hz, la reactancia en serie solamente es de 8 ohmios y la corriente de parlantes así como el voltaje se reducen a la mitad, a la vez que el consumo de potencia se reduce, a esa frecuencia, en 75%. A 1.000 Hz, la reactancia en serie solamente es de 3 ohmios, la corriente de la bobina de voz es de 1.45 amperios (suponiendo, una vez más, que la reactancia y la impedancia se comportan como una resistencia) y el consumo de potencia es, aproximadamente, 2 dB. En comparación, a 5.000 Hz la reactancia en serie es próxima a 0.6 ohmios, lo que origina sólo una atenuación próxima a 0.3 dB. Utilizando un capacitor en serie de mayor dimensión se reducirá la atenuación a todas las frecuencias, principalmente a las frecuencias más bajas. La utilización de un capacitor más pequeño motivará que aumente la atenuación.

De cualquier manera, se reduce la potencia de baja frecuencia que tiene que disiparse y que podría estar por debajo de la escala de reproducción del altavoz. Por ejemplo, cuando la bocina de 8 ohmios, en forma de cuerno, con una respuesta de frecuencia nominal que vaya desde 300 hasta 10.000 Hz y un valor de potencia nominal de 20 watts es alimentada con señales que contengan frecuencias tan bajas como 100 Hz a niveles hasta 46 dBm (20watts), la bobina de voz se estará calentando de una manera innecesaria por el efecto de las corrientes de baja frecuencia superiores a los 1.5 amperios. Como éstas no lle-

gan a reproducirse, no existe ninguna necesidad de hacer que estas corrientes de baja frecuencia pasen a través de la bobina de voz.

Aunque es posible reducir la respuesta de baja frecuencia en el amplificador, esto limitaría la respuesta de frecuencia en los parlantes en los que debe existir una reproducción de sonidos que sea de baja frecuencia.

3.2.8. Zumbido y Ruido.

3.2.8.1. Causas y mediciones:

Los arañazos de los discos, la estática, los zumbidos de las cintas, han constituido un problema para los sistemas de reproducción de sonidos desde que Edison hizo su primera grabación fonográfica.

Claro está que el problema no es tan agudo hoy en día. El uso de materiales de grabación superiores, las transmisiones por FM y la existencia de cintas superiores y de circuitos electrónicos de funcionamiento más silencioso han aumentado notablemente la relación entre la señal y el ruido (S/N). Por lo tanto, los grandes aumentos en S/N requieren nuevas técnicas

y nuevo equipo. (La relación entre la señal y el ruido es la diferencia en decibelios entre la señal más fuerte que un sistema pueda transmitir sin una distorsión inaceptable y la señal más baja que pueda oírse por encima del ruido natural del sistema). Se cuenta ahora con una gran variedad de equipo semejante entre el cual escoger: Dolby, dbx, DNL, Burwen, RG, ANRS, autocorrelación y los que faltan por venir.

Pero antes de discutir cómo estos sistemas solucionan el problema, veamos cuan severo es el problema en sí. Un sistema musical casero ideal tiene S/N de por lo menos 80 dB - el alcance entre los sonidos más suaves que pueden escucharse por encima de los ruidos naturales de la casa y los sonidos más fuertes que el oído humano puede captar sin molestia alguna.

Sin auxiliares, los sistemas sonoros que se utilizan en la casa hoy no son muy buenos que digamos. El mejor de los sistemas actuales es el disco fonográfico, el cual puede alcanzar un S/N hasta de 75 db - sin contar los chasquidos, los ruidos explosivos y los otros ruidos que gradualmente adquiere, si no se le proporciona el cuidado debido. El disco, de hecho, resulta lo suficientemente bueno para poder uno escuchar el ruido de la cinta maestra (menos de 70 db en forma final) a través de él.

Los mejores modelos de máquinas grabadoras caseras de

carretes al descubierto tienen una relación de señal a ruido de 60 db (promedio de 55 db), mientras que los sistemas a huella angosta y de baja velocidad, como los aparatos de cartuchos y cassettes tienen una relación de señal a ruido de apenas 35 o 40 db (las unidades de cassettes de alta calidad a duras penas alcanzan 50 db). Y en FM, las limitaciones prácticas reducen el S/N disponible a alrededor de 55 db.

Pero los oídos de uno escuchan ruidos y no números. A los bajos niveles de los ruidos de alta fidelidad, el oído es más sensible a las frecuencias intermedias y menos sensible a las frecuencias bajas. Significa esto que los zumbidos, los ruidos del plato giratorio y otros ruidos de baja frecuencia resultan menos molestos que los zumbidos típicos de las cintas y de la FM que también se escuchan en discos, y es éste el ruido que eliminan los sistemas de reducción de ruidos que existen en la actualidad.

Por lo general, un sistema con un S/N de 50 db produce zumbidos audibles cuando se toca a alto volumen. Con un S/N de 50 a 60 db, los zumbidos son audibles, aunque no molestos para la mayoría de los que escuchan la música. Cuando la relación entre la señal de ruido llega a 60 o 70 db, los ruidos resultan casi imperceptibles, aunque la música se escuche en un ambiente de silencio total; más allá de 70 db, los ruidos

comienzan a desaparecer totalmente.

Lo primero que se creó para hacer desaparecer el ruido fue el COMPANDER, los circuitos combinados de un compresor y un expansor. El compresor limita el alcance dinámico de la señal en la grabación, haciendo que los sonidos suaves sean proporcionalmente más fuertes y que los sonidos fuertes sean algo más suaves, de manera que el sonido más suave en la señal original siempre se encuentre por encima del nivel del ruido de grabación Fig. 3.2.114.

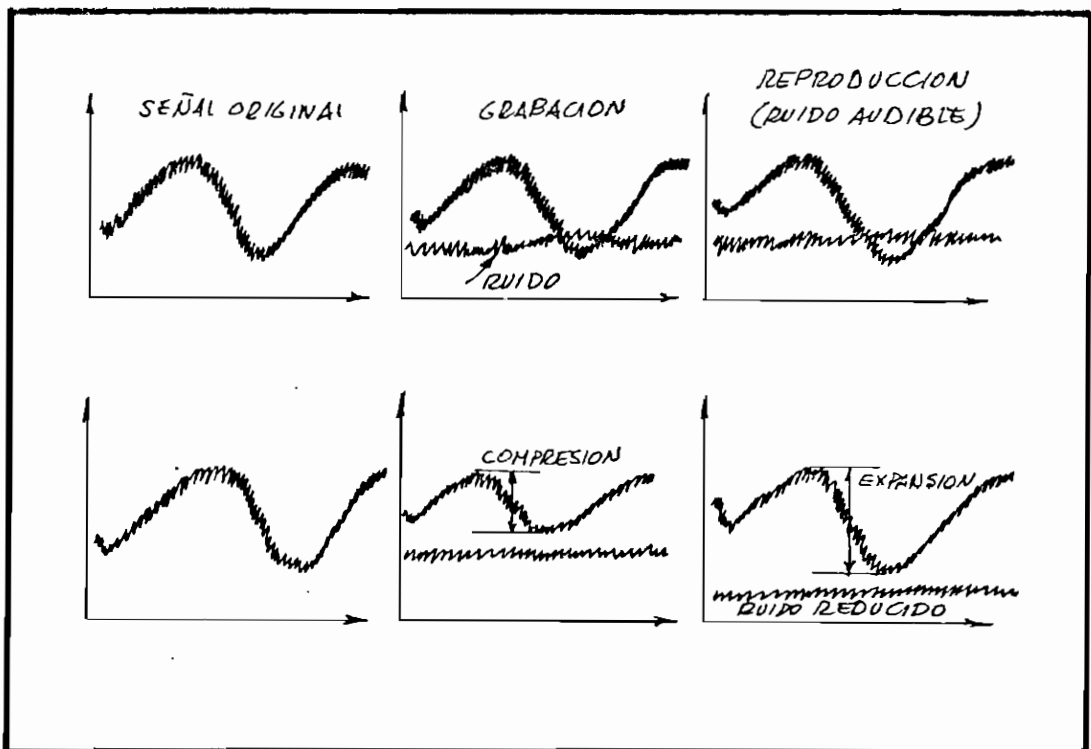


Fig. 3.2.114 El ruido que se añade durante la grabación (parte superior, se escucha solamente en el caso en que la señal no es lo suficientemente fuerte para escucharlo. Al comprimirse la señal, ésta permanece por arriba del ruido. La expansión restaura la señal.

Mediante una expansión correspondiente de la reproducción se atenúan aún más los sonidos suaves y se refuerzan los sonidos fuertes. Los ruidos - que son las señales más suaves en la grabación - se suavizan a tal punto que casi no puede oírse.

Pero luego apareció el sistema Dolby. Dividió la señal en bandas de frecuencia, cada una comprimida y expandida separadamente, de manera que el ruido en una parte del espectro no "respirara" con los cambios de niveles en la otra frecuencia. Como nuestros oídos no pueden captar sonidos suaves cuando hay sonidos más fuertes de frecuencia similar, los cambios en el nivel del ruido dentro de cada banda de frecuencia son ocultos por los cambios en el nivel de la señal dentro de esa banda. Sólo se ven afectadas las señales de bajo nivel que pueden ser ahogadas por el ruido; no son afectadas las señales de alto nivel.

Ahora casi todas las cintas maestras profesionales, especialmente las de música clásica, se graban con este sistema Dolby "A". Para usos caseros hay un sistema Dolby "B" menos costoso, que afecta una sola banda de las frecuencias altas y medianas para reducir los zumbidos.

Un sistema ARNS, produce una distorsión menor y es

compatible con el sistema Dolby (las cintas producidas mediante un sistema puede reproducirse con el otro).

Hay otro sistema más que se llama el dbx. Es un compander de banda ancha; pero, a diferencia de los sistemas más anteriores, adapta la comprensión a la expansión automáticamente con tal exactitud que el bombeo y la respiración de jan de ser problemas.

El Dolby, el ARNS y el dbx son todos sistemas que deben usarse tanto para la grabación como para la reproducción. Esto supone un problema de compatibilidad integrante: como la señal es alterada en la grabación y luego alterada en la repro ducción, suena alterada, a no ser que se use el sistema para las dos cosas.

En el caso de Dolby B, la reproducción de una señal en clave de manera convencional tiende a acentuar los sonidos agu dos de manera poco natural; con equipo bueno, bajando el con trol de los sonidos agudos se corrige esto más o menos - y en grabadoras portátiles con altoparlantes pequeños, la acentua ción de los sonidos agudos constituye una mejora. Y lo mismo sucede con el ARNS.

Pero no ocurre lo mismo con el dbx. Su comprensión de

banda ancha tiene la ventaja de ofrecer una mayor reducción de los ruidos (30 db, en comparación con los 10 db del sistema Dolby B) y de permitir que sus sistemas de estudio y de tipo casero sean compatibles entre sí. Pero también tiene la desventaja de que su señal en clave, comprimida a la mitad de su alcance dinámico original, suena como si alguien se estuviera sentando sobre la música cuando ésta se escucha sin ningún decificador dbx.

Los decifradores Dolby son ahora muy fáciles de obtener. Pueden obtenerse como accesorios que se acoplan a sistemas existentes de alta fidelidad y forman parte integrante de todos los aparatos de cassettes de alta calidad (y de algunos modelos de precio mediano), así como de varios receptores y sintonizadores de FM, algunas grabadoras de carretes al descubierto y de uno o dos preamplificadores también. Los decifradores de los sistemas dbx integrantes.

Todos los sistemas de reducción de ruidos, sin embargo, son meras muletas que se necesitan como auxiliares de los sistemas de grabación y de transmisión que no resultan lo suficientemente buenos por sí solos. Ya existen algunos sistemas, como las grabaciones de 7 1/2" (19.05 cm) por segundo para aparatos de carretes al descubierto, que resultan excepcionalmente buenos para usos caseros, para esta ayuda. Habrá más

sistemas semejantes a medida que pase el tiempo, pero seguirán usando los primeros sistemas, claro está, para grabaciones viejas.

A la larga, creo que utilizaremos grabaciones digitales (ya se está experimentando con ésto para su uso en estudio); los sistemas digitales, que graban un tren de pulsaciones que representan la señal numéricamente, en vez de un modelo electrónico de la señal, son inmunes a los ruidos.

Para medir el zumbido y el ruido, hay que poner al máximo los controles de volumen correspondientes a todos los canales de entrada. También deberán ponerse a intensificación máxima los controles de bajos y trebles. Deberá conectarse un resistor de carga de entrada fantasma a través del enchufe de entrada de cada canal para evitar que los jacks desprovistos de carga capten algún zumbido. Por ejemplo, es posible conectar un resistor de 1.0 megaohms a través de un enchufe de entrada de un micrófono de cristal y un resistor de 51.000 ohms, a través de un jack de entrada de fono. Los hilos de los resistores deben mantenerse cortos para evitar la captación de zumbidos.

Asímismo, la salida del amplificador deberá alimentarse a una carga fantasma. Si el amplificador tiene una salida de 500 ohms, será necesario conectar un resistor de 500 ohms

a través de las terminales de salida de 500 ohms. Sin embargo en ausencia de una salida de 500 ohms, deberá conectarse un resistor apropiado a través de una de las impedancias de salida disponibles. Es más fácil efectuar la medición a 500 ohms, porque bajo estas condiciones, el zumbido, los ruidos y los voltajes de señales serán proporcionalmente más altos. Estos aparatos deberán conectarse tal como se indica en la Fig. 3.2. 115.

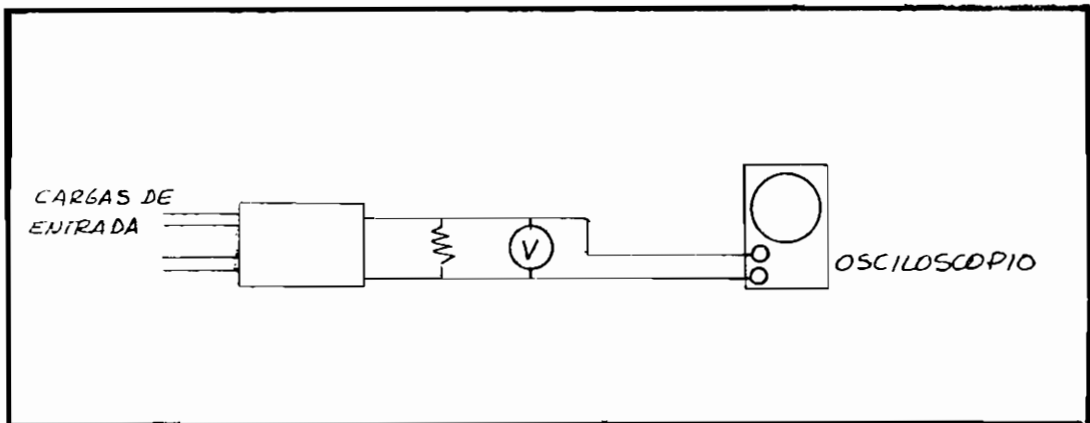


Fig. 3-2.115 Arreglo para mediciones de zumbido y ruido.

Cuando está encendido el amplificador, el voltaje de salida, indicado por un voltímetro o vtvm de corriente alterna, mide el nivel de zumbido y ruido combinados. Si también se conecta un osciloscopio a través de la salida y si aquél se ajusta para la observación visual de una señal de 120 Hz, tanto el contenido 60Hz como de 120Hz podrá verse en la salida, en relación con el ruido, que se presentará como un borrón en la pantalla. El nivel de zumbido deberá estar por lo menos

60 dB por debajo de la salida completa nominal del amplificador. Cuando existan zumbido o ruido excesivos, deberán tomarse las medidas correctivas necesarias.

3.2.8.2. Respuesta de frecuencia.

Cuando se mide la respuesta de frecuencia a bajos niveles de salida cuyo orden de magnitud sea de 10 miliwatts, hasta los amplificadores relativamente corrientes son, aparentemente, de mejor calidad de lo que son en realidad. La medición de la respuesta de frecuencia a 3 dB y 10 dB ($1/2$ y $1/10$ de potencia, respectivamente) por debajo de la salida de potencia de salida nominal, aporta, por consiguiente, una apreciación real de este aspecto tan importante del funcionamiento de los amplificadores. Las mediciones de frecuencia se hacen de la misma manera que la ganancia, excepto que la frecuencia del oscilador de prueba se sintoniza a diversas frecuencias. Quizá sea interesante observar, cuando se hace determinación de ganancia y frecuencia de amplificadores, que la ganancia no siempre resulta igual, cuando la salida de potencia es plena que cuando es a niveles más bajos.

En las aplicaciones de sistemas de sonido industriales no es importante, por lo común, que un amplificador esté en condiciones de suministrar una salida de potencia apreciable a

10.000 Hz, o aún a 20.000 Hz. Este aspecto puede ser importante en un sistema de alta fidelidad porque es posible que la deformación sea más baja en un amplificador de esta naturaleza. Aún cuando los sonidos que sobrepasan los 15.000 Hz no son audibles a la mayoría de los oídos humanos, su presencia en una onda compleja sí puede aumentar o disminuir el efecto sobre el oído.

3.2.8.3. Mediciones de nivel de sonido.

Por lo general no es necesario efectuar mediciones de nivel de sonido dentro de un edificio ni determinarlos en los sistemas de sonido público; basta con una sencilla prueba auditiva. En los casos en que sea necesario obtener una indicación precisa del nivel de la intensidad del sonido, se recomienda el uso de un medidor de nivel de sonido. Este es un medidor de dB provisto de un amplificador, atenuadores y un micrófono omnidireccional. Algunas unidades utilizan filtros que permiten al operario seleccionar varias bandas de frecuencias para efectuar la medición. El cuerpo del operario puede afectar la medición y por ello, en las ocasiones en que se necesite tomar lecturas precisas, puede colocarse el micrófono en una posición alejada usando un cordón largo para alejarlo de la unidad indicadora.

3.3. Instalaciones de sonido en diversas aplicaciones.

3.3.1. Introducción y generalidades.

En este capítulo se darán algunos ejemplos de cómo aplicar lo estudiado en capítulos anteriores; no se introducen conceptos nuevos, sino solamente criterios para orientar los cálculos o relación de magnitudes a considerar para poder dar buenas cualidades acústicas a un local carente de ellas.

Como es muy elevado el número de factores que intervienen en estos cálculos, conviene a menudo tener una idea aproximada del resultado a obtener, a modo de un primer tanteo; en tal sentido se presenta la Fig. 3.3.1 como gráfica que da las dimensiones relativas de una habitación o local paralelepípedo para que en el no tenga lugar la formación de ondas estacionarias.

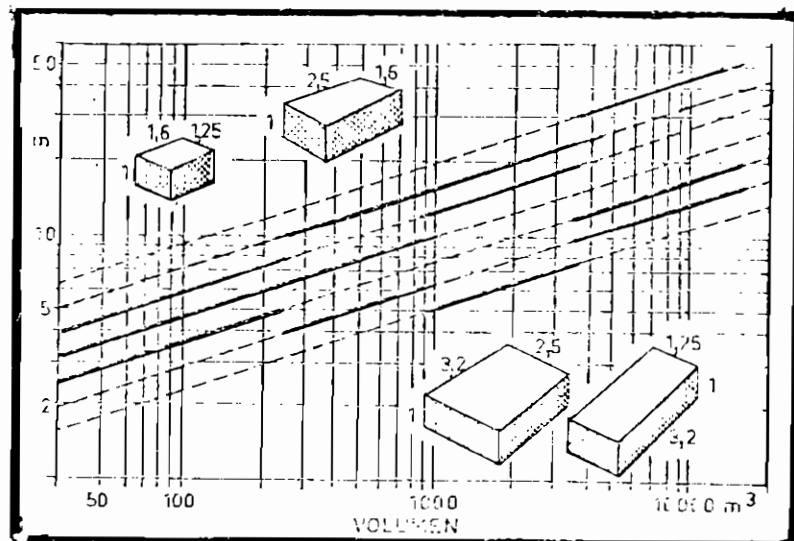


Fig.3.3.1 Relación de dimensiones en un recinto paralelepípedo.

En esta figura se puede apreciar que los locales de pequeño volumen, entre 40 y 250 m³, tienen sus dimensiones en la proporción 1 - 1, 25 - 1,6. De esta forma, eligiendo para una misma abscisa, por ejemplo, de 100 m³, esta relación de sus dimensiones, indicada por las tres líneas de trazo grueso, darán 3,6 m de altura, 4,6 m de ancho y 5,8 m de longitud. Si se tratara de un local de mayores dimensiones, por ejemplo, de 500 m³, como ya no es práctico el empleo de dichas proporciones dadas por la prolongación en líneas de trazos de las líneas de trazo grueso anteriores, es preciso recurrir a otras que, acomodadas a la práctica, eviten la formación de ondas estacionarias. Así aparecen otras líneas de trazo grueso en la región de 250 a 900 m³ y para proporciones de locales mayores.

Con esta ayuda puede preverse la modificación de las dimensiones de un local dado para que, sin mayores variaciones de su capacidad, evitar la formación de resonancias indeseables, independientemente de los materiales absorbentes que puedan instalarse.

Antes de aplicar las curvas de la Fig. 3.1.13 para determinar la intensidad sonora en los distintos puntos de un local en función de su absorción y constante R, conviene tener una idea aproximada de la potencia acústica necesaria para conse

guir un nivel sonoro normal, entre 70 y 100 dB, para un volumen determinado, suponiendo que el valor numérico de R en m^2 es parecido al valor numérico del volumen del local en m^3 , como ocurre muchas veces. En la Fig. 3.3.2-A, se da en la escala izquierda de ordenadas la potencia en vatios y en la escala derecha el nivel de potencia NPW en dB sobre 10^{-12} W.

Si en lugar de un local cerrado se trata de una instalación megafónica al aire libre en la que $R = \infty$, entonces, en lugar de aplicar las gráficas de la figura 3.1.13, se puede emplear la Fig. 3.3.2-B. En esta figura se supone que el ángulo entre las direcciones de $Q = 0,5$ del altavoz, es de 30 grados y que el nivel obtenido varía entre 70 y 80 dB. La gráfica da la potencia acústica para obtener tal nivel a una distancia dada en m con ayuda de la línea de trazo grueso y la potencia eléctrica necesaria para alimentar el altavoz, de rendimiento conocido, mediante las líneas de trazo fino acotadas con el valor del rendimiento del altavoz.

En la sucesión de ejemplos que siguen se ha tenido en cuenta que pueden agruparse los locales en varias categorías: en primer lugar los no contruidos para la audición musical, como pudiera ser una habitación de cualquier domicilio, sala de estar, comedor, etc., en las que se oye a un receptor o tocadiscos sin excesivas preocupaciones por la calidad del sonido,

a menos de tener instalado un equipo de alta fidelidad.

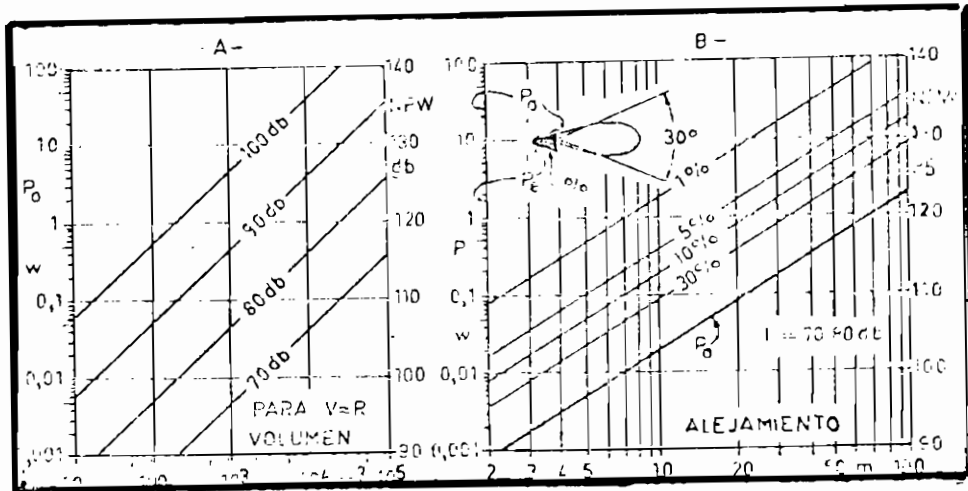


Fig.3.3.2 Relación de : Potencias - volumen o alejamiento.

En otro grupo de locales se incluyen los de concurrencia pública, como salas de cine y teatros, en los que se realiza un esfuerzo económicamente considerable para procurarles unas buenas condiciones acústicas mediante el empleo de materiales absorbentes.

Hay otro grupo de locales que sin una buena acústica dejan de tener razón de ser, pues han sido construídos expresamente para tenerla; entre éstos pueden citarse los estudios cinematográficos, de televisión, salas de registro, etc.

Se citarán ejemplos de instalaciones para diversos usos, sin tomar en cuenta las características acústicas, sino más bien las facilidades y servicios de los sistemas.

Por último, se tratará la acústica de locales extraordinariamente amplios en los que de antemano se sabe que no se realizarán obras de reparación acústica, como en velódromos cubiertos, estadios, etc. Estos locales deben manejarse como si se tratara de una instalación al aire libre, como actos públicos en parques, plazas, etc; que citamos en los últimos puntos de este capítulo.

3.3.1.1. Proyección de sistemas.

Para proyectar un sistema de sonido es necesario analizar cuidadosamente las necesidades y el medio ambiente antes de preparar una lista de materiales. En los casos en que el costo sea un factor importante debe ponderarse cualquier cambio que se efectúe, a fin de no proyectar un sistema inadecuado o poco digno de confianza.

A continuación se citan aspectos de importancia que deben tomarse en cuenta para la proyección de sistemas de sonido:

a) Ruido ambiental:

La cantidad de potencia de audio y el número y tipo de parlantes que se necesiten dependerá del ruido ambiental, del tiempo de reverberación y de las dimensiones cúbicas del cuarto. El nivel de ruido puede medirse con un medidor de nivel de ruido calibrado en dB, preferentemente, estando ocupado el salón. Una manera sencilla para determinar el nivel de ruido relativo consiste en usar una grabadora portátil. Durante la reproducción de la cinta es posible escuchar el ruido, y el nivel del mismo puede medirse con un V.O.M. o un V.T.V.M. conectado al enchufe del audífono de la grabadora. Pueden establecerse, así, comparaciones de grabaciones en sitios más silenciosos.

b) Necesidades de potencia acústica:

Ordinariamente, la intensidad del nivel de sonido deberá ser, por lo menos, 80 dB en todas direcciones de la superficie que se quiere cubrir. La cantidad de potencia acústica (expresada en watts) que se necesita, depende de las condiciones acústicas y de las dimensiones cúbicas del recinto. En la Fig. 3.3.3 se muestra la relación de la cantidad de potencia acústica que es necesaria, en recintos de diversos tamaños, para obtener una intensidad de nivel de sonido mínimo de 80 dB.

La potencia acústica no es igual a la potencia (energía) eléctrica consumida por los parlantes; ésta depende de la efi-

ciencia de conversión de los parlantes. Como se indica en la Fig. 3.3.4, estos valores son iguales cuando la eficiencia es del 100%. Mas no existen parlantes de esta índole.

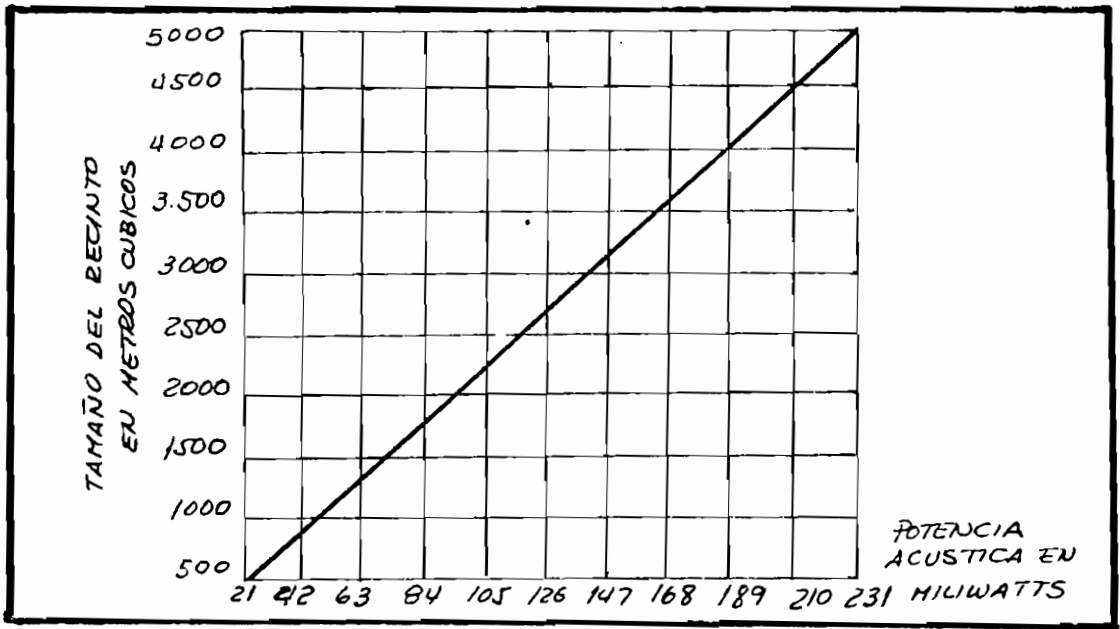


Fig. 3.3.3 Potencia acústica necesaria para un nivel de sonido de 80 dB.

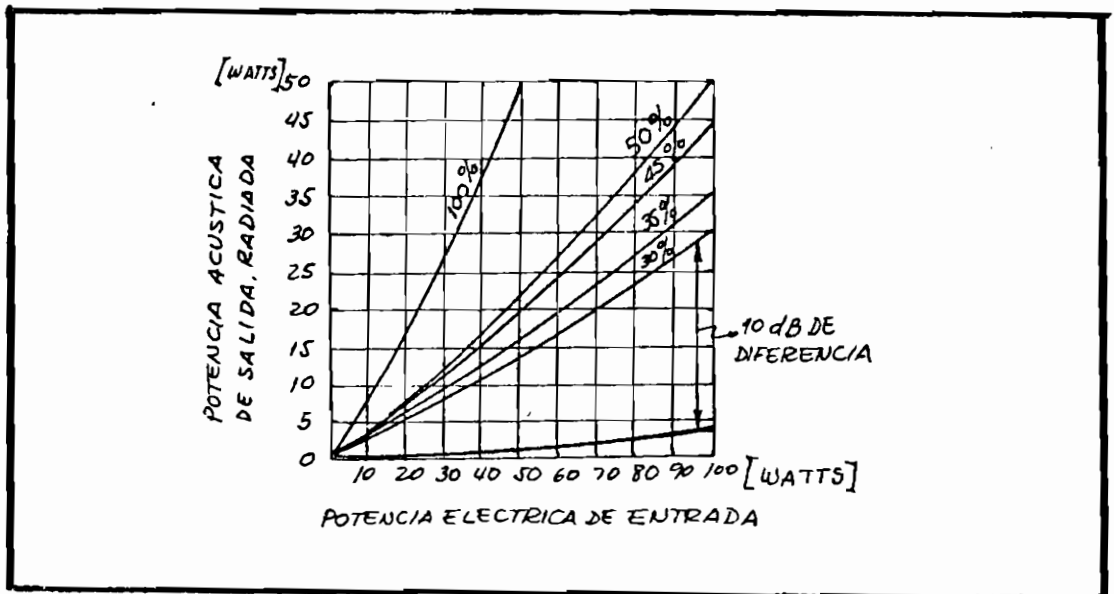


Fig. 3.3.4 Potencia eléctrica de entrada, en watts eficiencia de conversión de los parlantes.

Un buen parlante (bocina en forma de cuerno) posee una eficiencia que fluctúa entre 30 y 45%, pero solamente a una frecuencia específica. La eficiencia del parlante de cono típico oscila entre 2 y 4%.

Cuando la eficiencia de los parlantes, por ejemplo, del 3% y su potencia eléctrica de entrada es de 10 watts, su salida de potencia acústica sólo será igual a 300 miliwatts.

Observando la Fig. 3.3.3 que relaciona espacio (m^3) con potencia acústica, nos parecerá que únicamente se necesitan 10 watts de potencia eléctrica de entrada, bajo condiciones ideales, para suministrar un nivel de intensidad de 80 dB en un espacio de 5.000 metros cúbicos, pero este valor no toma en consideración el nivel de ruido ni la absorción del sonido a causa de la presencia de las personas y de los muebles.

En la tabla siguiente se anotan los valores nominales de la eficiencia de los parlantes en dB, con respecto al porcentaje de eficiencia. El valor nominal de un parlante, por cierto no existente, con 100% de eficiencia, es de 0 dB, mientras que el valor nominal de un parlante cuya eficiencia sea de 2%, es de - 17 dB.

Por ejemplo, si la entrada de potencia eléctrica de

%	dB
100	0
80	- 1
50	- 3
40	- 4
25	- 6

%	dB
20	- 7
10	- 10
5	- 13
4	- 14
2	- 17

Valores nominales, en dB de eficiencia de parlantes.

una bobina cuyo valor nominal es de - 17 dB, es de 10 watts, se obtendrá una potencia acústica radiada de 200 miliwatts ya que $40 \text{ dBm} - 17 \text{ dBm} = 23 \text{ dBm}$ ($40 \text{ dBm} = 10 \text{ watts}$ y $23 \text{ dBm} = 0,2 \text{ watts}$).

Si la escala dinámica de la señal de audio alimentada al parlante es de 20 dB, la potencia acústica radiada, con una entrada de 10 watts, sería igual a 200 miliwatts y con 0,1 watts (20 dB menos), sería únicamente, de 2 miliwatts. Por otra parte, si se emplea un parlante de - 6 dB (de 25% de eficiencia), las potencias acústicas radiadas respectivas serán de 2.5 watts y 25 miliwatts.

En una zona ruidosa, el nivel de la intensidad del sonido deberá estar entre 10 y 16 dB más alta que el ruido constante. Para alcanzar un nivel de intensidad de sonido de 90 dB

cuando se usa un parlante de - 17 dB, será necesario incrementar la potencia de entrada eléctrica 10 dB (10 veces) sobre lo que se exige para un nivel de intensidad de sonido de 80 dB. Si se necesita una potencia de entrada de 10 watts para que la intensidad de sonido sea de 80 dB, se necesitarán 100 watts para 90 dB. En tal caso se usarían más parlantes y la entrada y salida de potencia quedaría dividida entre ellas.

c) Escala dinámica:

El nivel de la intensidad de sonido varía, obviamente, con la distancia desde un parlante. Al duplicarse la distancia decrece la intensidad de sonido en 6 dB. Por ejemplo, si la intensidad de sonido es de 80 dB a 10 metros, aquella será de 74 dB a 20 metros y de 86 dB a 5 metros. El nivel de intensidad de sonido producido por los parlantes varía, también, con la distancia desde un micrófono. Cuando una persona normal dirige la voz de un micrófono desde una distancia de 22,5 cm., la intensidad de sonido en el punto del micrófono es, típicamente, próxima a 77 dB. Si el micrófono está a una distancia de unos 45 cm., la intensidad de sonido cae a 71 dB, y cuando está a unos 90 cm, llega hasta 65 dB. El nivel de intensidad de sonido de la voz de una mujer normal es cerca de 3 dB más bajo. Al hablar en voz muy baja los niveles de intensidad del sonido a diversas distancias son unos 35 dB más bajo que a voz normal.

La escala dinámica de la conversación ordinaria es próxima a 40 dB. La escala dinámica de una orquesta sinfónica es, por otra parte, del orden de los 70 dB (una variación de potencia de 10.000.000).

A medida que varía la señal de entrada, así varía también la potencia eléctrica de salida del amplificador y la potencia acústica de salida de los parlantes. Por ejemplo, cuando se ajusta el control de nivel de un amplificador, cuyo valor nominal sea de 30 watts rms, para que entregue un promedio de 5 watts a los parlantes cuando un hombre habla al micrófono a una distancia de 45 cm., la potencia eléctrica de salida del amplificador puede variar desde 50 miliwatts (20 dB) hasta 50 watts (+ 20 dB) en las crestas. Cuando el hombre se aproxima más (22,5 cm) al micrófono, sube la salida de potencia eléctrica en 6 dB. Si el valor nominal de potencia pico es de 50 watts, se manifestará alguna deformación, a menos que se ajuste el control de nivel a 6 dB menos.

3.3.1.2. Determinación de las necesidades:

Al hacer la proyección de un sistema para el refuerzo de sonido (excepto cuando se trate de un sistema muy rudimentario), la tarea puede facilitarse empleando una forma de análisis de necesidades, semejante a la que se muestra a continuación:

FORMA DE ANALISIS DE NECESIDADES DE UN SISTEMA DE SONIDO:

Interesado: _____ Entrevistar a: _____

Dirección: _____ Ciudad: _____ Región: _____

Teléfono: _____ Tipo de instalaciones: _____

Dimensiones del salón: Largo _____, ancho _____, alto _____
 metros cúbicos _____, superficie de paredes _____, superfi-
 cie de techos _____, superficie de pisos _____, muebles:

Capacidad (personas): promedio _____, sentadas, máx. _____
 de pie, máx. _____.

Nivel de ruido ambiente medido: vacío _____ dB, parcialmente ocu-
 pado _____ dB, completamente lleno _____ dB.

Acústica: intensa _____, media _____, ausente _____.

Problema de eco: si _____ no _____. Posibles problemas con
 la acústica y el ruido _____

Funciones del sistema: _____ Escala de frecuencia:
 voz _____, música _____.

Fuentes de entradas necesarias (indicar cantidad): micrófonos
 de piso _____, micrófonos de escritorio _____, mi-
 crófonos lavalier _____, grabadoras de cintas de carrete
 a carrete _____, grabadoras de cintas, de cartucho _____,

grabadoras de cintas de cassette _____, tocadiscos _____,
sintonizadores de FM _____, sintonizadores de AM _____,
línea remota _____.

Dispositivos de salida necesarios (indicar cantidad): parlantes
de salón principal _____, parlante monitor _____, audí-
fonos _____, tocacintas _____, ¿Qué tipo? _____,
líneas de radiodifusión remotas _____.

Accesorios necesitados (indicar cantidad): amplificadores de
comprensión _____, amplificadores de puente _____,
controles de nivel remotos _____, derivaciones de audífo-
nos _____, medidores VU _____, amplificadores
de reserva _____.

Observaciones: _____

Anexar el plano del local y anotar las posiciones tentativas del
equipo así como las necesidades de cable.

La forma anterior se llena cuando se inspecciona el lo-
cal y al entrevistar al interesado. Posteriormente se la puede
estudiar, ya con los datos completos, para determinar las nece-
sidades del equipo y del cableado. Debe prepararse un plano
del local.

3.3.1.3. Especificaciones:

Frecuentemente, las especificaciones se "arreglan" de manera que solamente un proveedor puede presentar una oferta sin hacer excepciones a las especificaciones. Esto representa una restricción ilegal del comercio que puede ser perjudicial al comprador. Muchas especificaciones para la compra de sistemas de sonido estipulan detalles de poca importancia.

Un comprador en potencia, al preparar las especificaciones de adquisición, puede recibir mayor número de ofertas y también una información más amplia, si solicita a los presuntos proveedores que presenten proposiciones técnicas que estipulen qué es lo que se va a suministrar, el desempeño garantizado y la confiabilidad estimada de ese equipo. Una solicitud de oferta de esta especie deberá indicar con claridad lo siguiente:

1. Las funciones que debe llenar el equipo.
2. Las condiciones del medio ambiente.
3. La confiabilidad del equipo en MTBF (Men Time Before Failure, o sea, el tiempo promedio antes de una falla).
4. El ciclo de servicio (tiempo de encendido y tiempo de apagado).

5. Aspecto físico.
6. Presupuesto aproximado.
7. Si el equipo va a comprarse o arrendarse.
8. Quién instalará el sistema incluyendo los problemas de mano de obra posibles).
9. Quién dará servicio al sistema una vez vencido el período de garantía, y qué garantía se necesita.

3.3.2. Salas de cine:

Es preciso, en la mayoría de los casos; un acondicionamiento acústico del local, que tiene que empezar con la forma de la sala. Teniendo muy presente el capítulo referente a Acústica Geométrica.

Un problema digno de tomarse en cuenta en estos locales es el de su aislamiento sonoro del exterior y de los motores auxiliares que en sus proximidades pueda existir. Por ejemplo, la presencia de un grupo electrógeno puede dar lugar a trepidaciones en el suelo. Se aísla mediante una doble pared la cámara flotante en medios absorbentes de las trepidaciones, entre los que se destaca el empleo de resortes ajustados con la masa del grupo para entrar en resonancia mecánica.

Otra fuente notable de ruidos es el sistema de ventila

ción. Este requiere el empleo de un compresor con la trepidación correspondiente, emplea potentes ventiladores productores de ruido apreciable en altas frecuencias, y además está en contacto directo con la sala a través de los conductos del aire. La rejilla o rejillas calefactoras actúan como un primer atenuador de ruidos y cada uno de los codos de la canalización contribuye con una atenuación supletoria de unos 18 dB. Si está cubierto interiormente de material aislante (véase el capítulo 3.1 las características de transmisión de canalizaciones). Por último, las últimas rejillas difusoras contribuyen también a atenuar dichos ruidos. En el caso de que se apreciara un ruido rico en bajas frecuencias sería preciso disponer, dentro de la canalización de aire, unos tabiques paralelos al flujo de aire, construïdos por paneles resonantes a dichas frecuencias.

En estos locales debe instalarse siempre un grupo megafónico con uno o varios altavoces. Cuando el altavoz o sistema de altavoces está situado detrás de la pantalla de proyección (la cual introduce una atenuación de unos 3 dB) entonces debe conocerse la directividad en altas frecuencias para orientar los altavoces de forma que se logre un nivel sonoro apreciablemente uniforme en toda la sala. Así si r_1 es la distancia del altavoz a un espectador sentado en las últimas butacas (en la Fig. 3.3.5) y r_2 la distancia de dicho altavoz a un espectador de las primeras filas, se orientará el altavoz para

que con su curva de directividad se tenga en dirección de cada espectador un factor de directividad Q_1 y Q_2 o sus índices de directividad correspondientes para que para cada par de valores $r_1 Q_1$ y $r_2 Q_2$ las curvas de la figura 3.1.13, den iguales ordenadas o muy parecidas, pudiéndose admitir hasta 10 dB de diferencia como máximo. Este mismo proceso se repetirá en el plano horizontal y para todos y cada uno de los sistemas de altavoces que puedan montarse detrás de la pantalla como en las proyecciones estereofónicas. En estos últimos sistemas pueden emplearse también altavoces montados en las paredes que usualmente vienen provistos de una caja resonante.

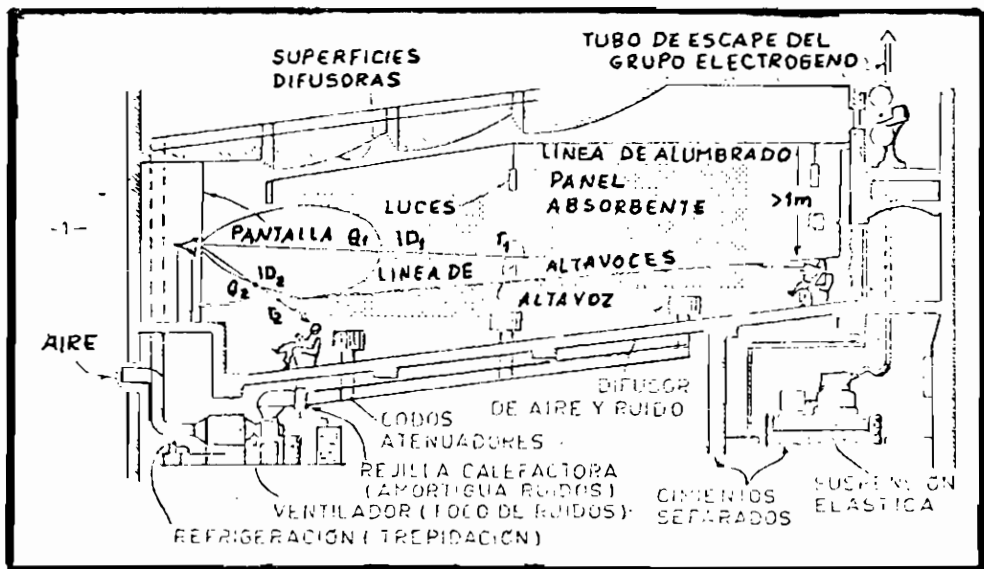


Fig. 3.3.5 (PARTE I)

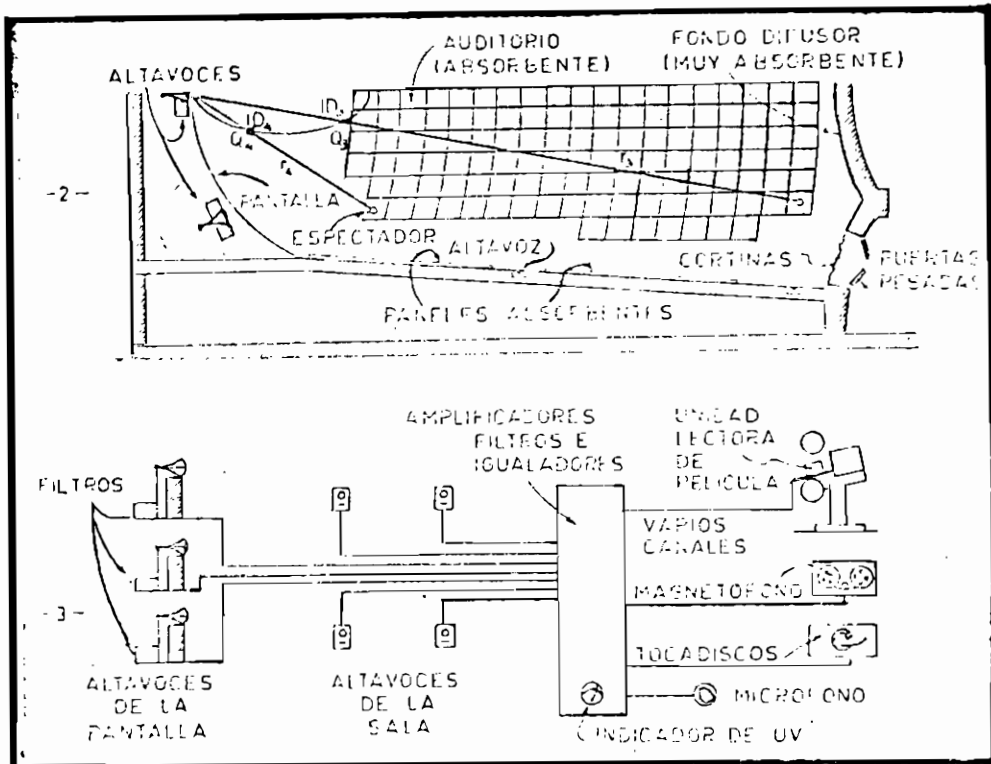


Fig. 3.3.5 (PARTES 2 y 3)

Determinada la potencia acústica y eléctrica necesaria, la instalación eléctrica viene indicada en las líneas generales de la Fig. 3.3.5-3, pudiéndose conducir a los distintos sistemas de altavoces las señales generadas en los proyectores de las películas, en tocadiscos, en grabadoras magnéticas y en algún micrófono de avisos. En el conjunto de amplificadores, filtros, igualadores y mezcladores suelen encontrarse algunos indicadores de volumen para la debida regulación del sistema.

3.3.3. Teatros y auditorios:

Construido el local del teatro según la acústica geomé

trica y decorado en lo posible para conseguir el tiempo de reverberación óptimo, se hace preciso considerar el empleo de altavoces que refuercen el sonido de los actores y cantantes.

Es evidente que el sonido directo debido a la emisión vocal de un actor se amortigua con la distancia, puede ser representado por la curva A de la Fig. 3.3.6-2 que da la intensidad sonora en función del alejamiento del escenario.

Al sonido de los actores A se suma el producido por la orquesta B, que, como el anterior, se amortigua rápidamente.

Un sistema de altavoces, C, puede compensar con su potencia y directividad el amortiguamiento del sonido directo de los actores y de la orquesta; para ello debe seguirse la misma técnica explicada para las salas de cine, hacer conjugar la distancia a puntos clave con la directividad del altavoz en su misma dirección. Llevándose los valores de las intensidades producidas por el altavoz a misma gráfica de la Fig. 3.3.6-2, pueden sumarse las intensidades de las curvas A, B y C, retocando esta última, variando la potencia del altavoz, hasta conseguir una suma total lo más uniforme posible, procurando no sobrepasar la relación 10/1 entre el punto de mayor y menor intensidad en la zona de butacas, pues en las demás localidades suele ser más uniforme el nivel sonoro.

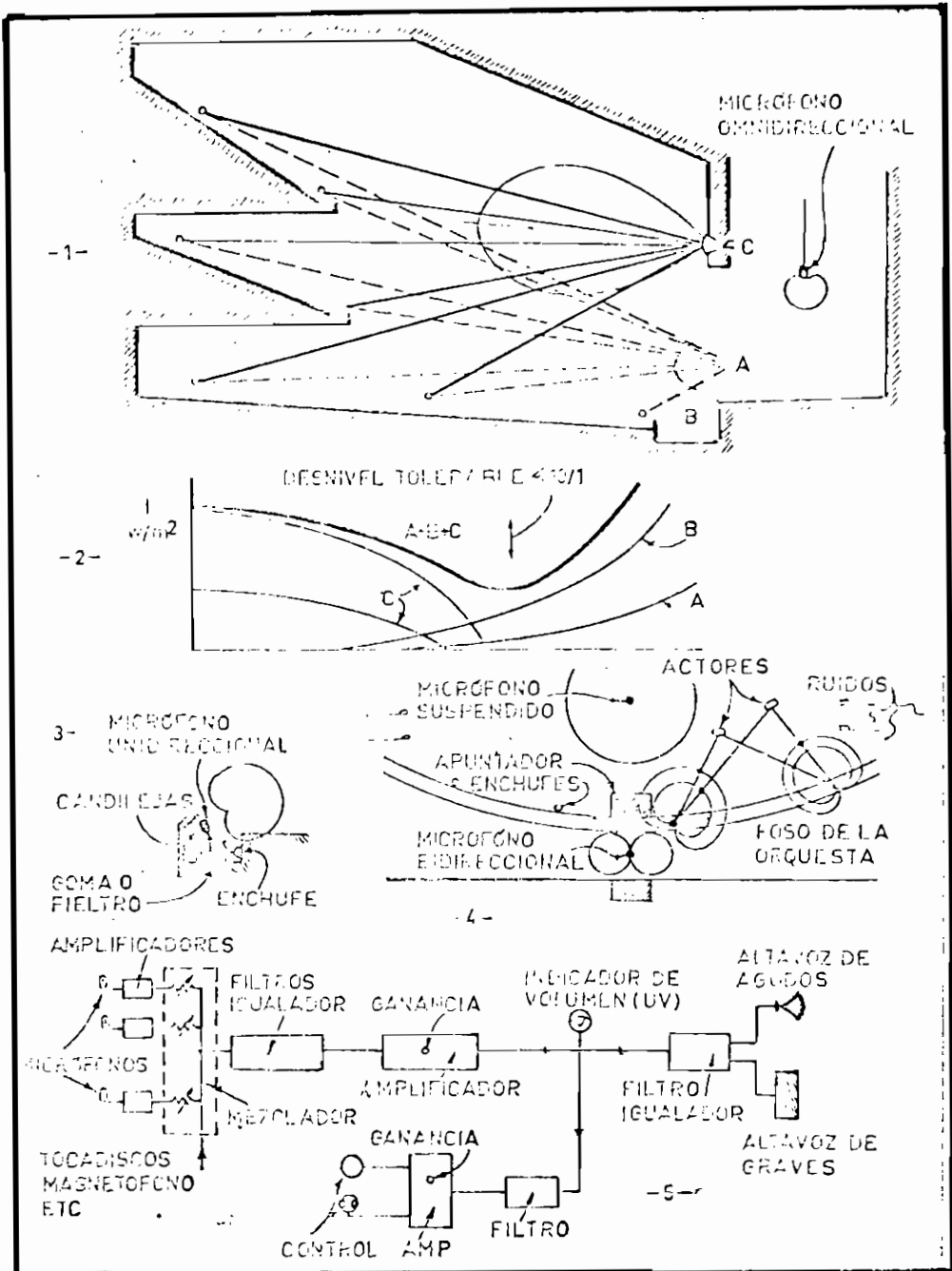


Fig. 3.3.6

El altavoz conviene que esté situado en la embocadura del escenario, para dar la impresión que el sonido llega directamente de los actores, no conviene colocar altavoces diseminados en las paredes del teatro como se hace en el cine para

los efectos especiales de la estereofonia, a menos de emplearse unidades de retardo especiales. Este altavoz o altavoces deben tener su directividad de forma que no radien en dirección a los emplazamientos de los micrófonos para evitar la realimentación acústica del sistema.

Los micrófonos captadores del sonido del escenario deben situarse entre las candilejas, apoyados sobre fieltro, goma u otro material aislante que absorba las vibraciones del piso. Deben ser direccionales, especialmente presentando direcciones de sensibilidad nula o mínima que coincidan con la de la situación de los altavoces. Se procurará situar una de estas zonas de sensibilidad mínima hacia la cabina del apuntador y otra hacia los bastidores, para evitar la audición de sonidos auxiliares del apuntador o de los ruidos producidos entre bastidores.

En el foso puede disponerse un micrófono bidireccional, por ejemplo, de tipo de cinta, para captar con preferencia a la orquesta sobre los actores y público próximo.

Las señales de estos micrófonos se mezclan también con la de otro, omnidireccional, suspendido entre los bastidores, a través de filtros mezcladores e igualadores adecuados, antes de amplificar la señal conjunta medida con un indicador de vo-

lumen que se lleva a los altavoces. Esta misma señal actúa sobre un amplificador de control para que una persona encargada pueda ir mezclando adecuadamente la orquesta, solistas, etc. En la Fig. 3.3.6-5 se indica el montaje de esta instalación.

3.3.4. Estudios de cine y televisión:

Estos estudios suelen ser amplios locales aislados del exterior por todos los medios posibles, paredes dobles, recubrimiento absorbente, techos dobles (para evitar el ruido de posibles aviones) y suelos huecos.

Como en estos locales se montan decorados (Fig. 3.3.7) con materiales relativamente reflectores, y existen focos luminosos, aparatos, etc., que reflejan también los sonidos, es necesario lograr que el estudio tenga un tiempo de reverberación lo menor posible, ya que dichos reflectores accidentales lo aumentan.

Si se trata de un estudio cinematográfico, generalmente muy grande, se suelen emplear cabinas de registro portátiles, las cuales deben construirse con aislamiento acústico del ambiente. En estas cabinas deben existir mezcladores de sonido,

para mezclar las señales captadas por los diferentes micrófonos, generalmente direccionales y suspendidos en una barra larga que permita enforcar, por medio de un operador su sensibilidad máxima hacia los actores y que a la vez no interfieran con el cuadro a filmarse. Teniendo además, enlaces sincrónicos con las cámaras:

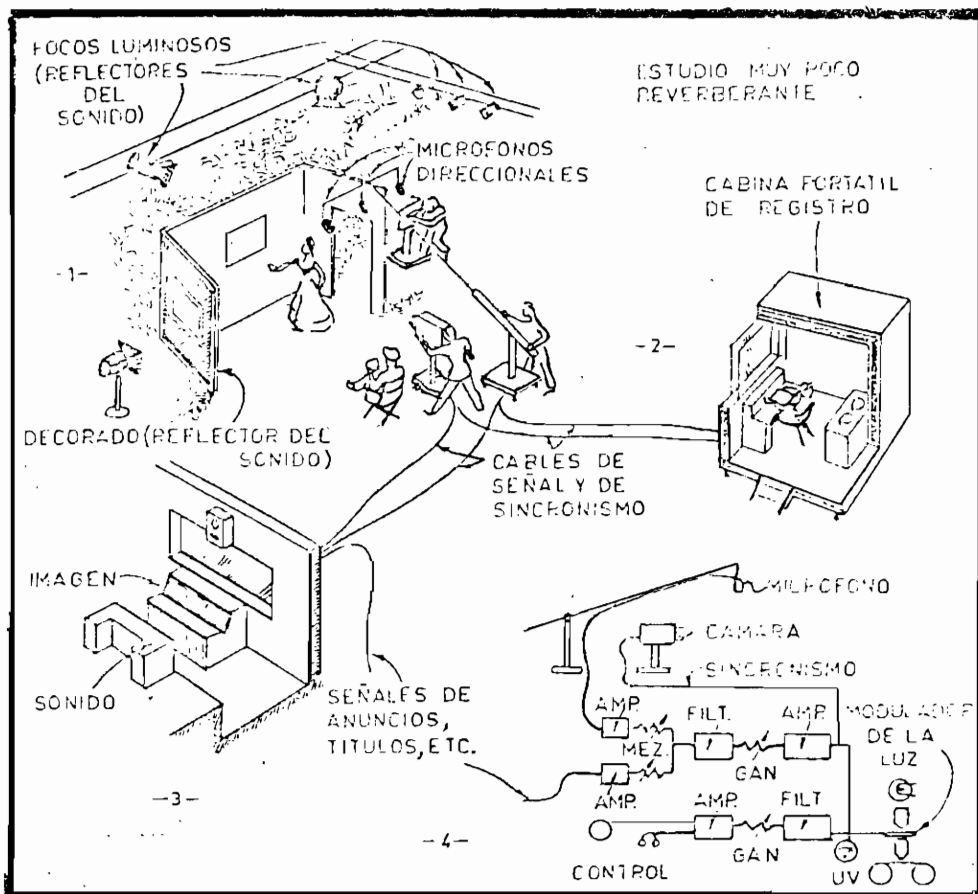


Fig. 3.3.7

En el caso de un estudio de televisión, el enlace entre las cámaras y los micrófonos es más estrecho a través de

los monitores de imagen y de la consola de sonido.

Tanto en uno como en otro caso se suelen emplear, suspendidos en el cielo raso, dispositivos absorbentes que están formados de tubos de gran diámetro, contruídos con materiales de alta absorción y cerrados por sus extremos. Como elementos auxiliares se emplean tabiques portátiles buenos reflectores, baterías de resonancias, etc. En el caso de la televisión se recogen simultáneamente señales desde diversos puntos que un operario en una cabina fija puede mezclar, suprimir, etc. En la Fig. 3.3.7 se ha representado en 1) la toma de una escena, en 2) una cabina móvil, en 3) una cabina fija y en 4) el esquema de un montaje típico de registro de sonido en película.

3.3.5. Registro de sonidos:

En la Fig. 3.3.8 se recogen diversos aspectos de un estudio para la captación del sonido de una orquesta, acompañada o no de algún solista, tanto para grabarse en una película en producción como para su radiación por una emisora.

En el caso del registro para una película, se proyecta ésta de forma que la pueda ver el director de la orquesta, así como el operador del equipo de mezcla, situado en una cabina cuyas condiciones acústicas sean lo más parecidas posible con

las de una sala cinematográfica de proyección normal.

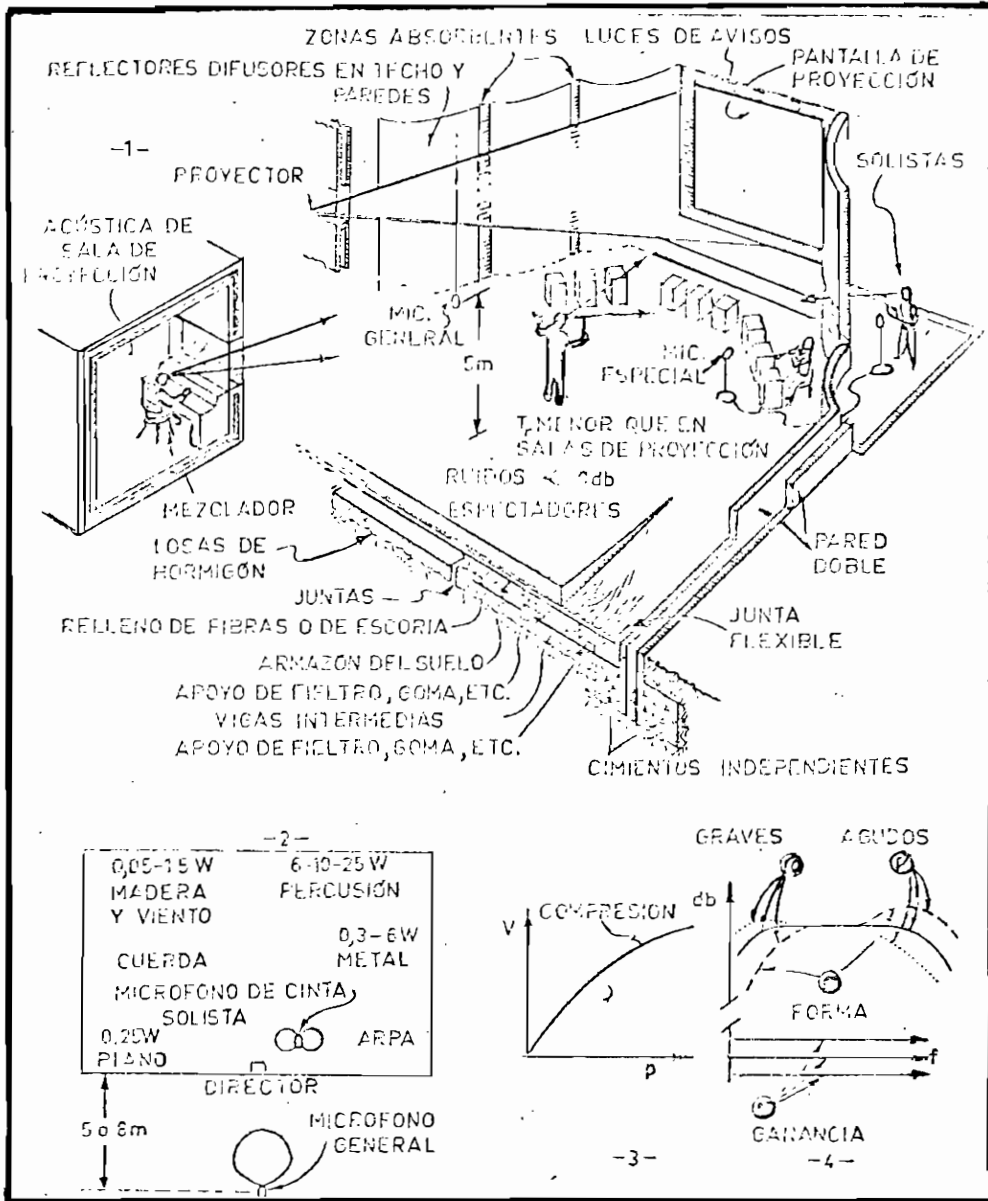


Fig. 3.3.8

El director de la orquesta puede ver y ser visto por un solista situado en una pequeña sala lo más irregular posible, provista de una vidriera doble y relativamente aislada de la or questa.

Este estudio suele tener las paredes laterales en forma de superficies cónicas difusoras del sonido con pequeñas zonas muy absorbentes allí donde la incidencia del sonido sea casi normal. Estas superficies difusoras se emplean también en el techo, disponiéndose en la pared posterior toda la absorción posible para que el tiempo de reverberación de este local sea menor que el que suele encontrarse en las salas de proyección cinematográfica. En el caso de emplearse este estudio en una emisora de radiodifusión suele aceptarse la presencia de un poco de público en la parte posterior de la sala.

El aislamiento del local debe ser muy bueno; no debe permitirse, en cualquier caso, un ruido superior a los 20 o 30 dB, y para ello se debe usar una disposición especial en el suelo, provista de grandes losas de hormigón, independientes entre sí y separadas por juntas flexibles. Sobre dichas losas se dispone una serie de vigas apoyadas a intervalos regulares sobre piezas flexibles, tales como fieltro o goma; después sobre estas vigas, otras, cruzadas, que sirven de armazón al piso y separadas de las primeras por otros revestimientos flexibles. El hueco que queda suele rellenarse de materiales inertes y absorbentes, tales como escorias, fibras de vidrio, etc.

En casos extremos de cercanía de estos locales a un centro ruidoso; y, especialmente a los aeropuertos (teniendo en cuenta que hasta cuatro kilómetros de distancia el ruido es muy alto, considerando la altura de vuelo de los aviones). Es conveniente una construcción con paredes dobles, apoyadas cada una de ellas en un cimiento independiente y forradas de materiales absorbentes.

En estos casos conviene que el techo sea, por lo menos, doble, para lograr un buen aislamiento. Suele revestirse el cielo raso con una gruesa capa de material aislante.

Para la colocación de los instrumentos, deben tomarse en cuenta, a más de las costumbres del director de orquesta, la consideración de que los instrumentos de mayor potencia acústica se deben encontrar más alejados del micrófono que los de débil emisión. En la Fig. 3.3.8-2 se indica una posible colocación, en función de sus potencias acústicas, de algunas clases de instrumentos.

La utilización de micrófonos direccionales es muy conveniente, ya que permiten hacer resaltar a un determinado instrumento, y en un momento dado colocándolo en las proximidades del mismo, con la debida orientación. En general se utiliza, para la captación del conjunto un sólo micrófono situado entre

5 y 8 metros de la orquesta y a unos 5 metros de altura , si es posible; situación que corresponde a la zona donde se funden los sonidos de los distintos elementos de la orquesta. Si se encontrara más próximo favorecería a unos instrumentos en perjuicio de otros, y si se alejara más se atenuaría su nivel.

En la cabina de mezcla se pueden comprimir las señales (Fig. 3.3.8-3) o bien modificar la respuesta en bajas y altas frecuencias (Fig. 3.3.8-4), variar la forma de ésta, aumentando un extremo y disminuyendo el otro, o bien variar su ganancia.

3.3.6. Asambleas o banquetes.

Uno de los ejemplos más sobresalientes de sistemas de refuerzos de sonido deficientes se encuentra en los salones para banquetes en los hoteles. Frecuentemente, el equipo se renta o se lo instala en forma temporal. Entre los problemas que afronta se incluyen la colocación de parlantes y micrófonos, las conexiones de los cables y la acústica del salón. Podrían obtenerse resultados más satisfactorios instalando el equipo en forma permanente, con excepción de los micrófonos.

En vez de instalar un micrófono en un entarimado, la

Fig. 3.3.9 muestra tres micrófonos colocados en la mesa principal (por supuesto, también es posible usar más micrófonos).

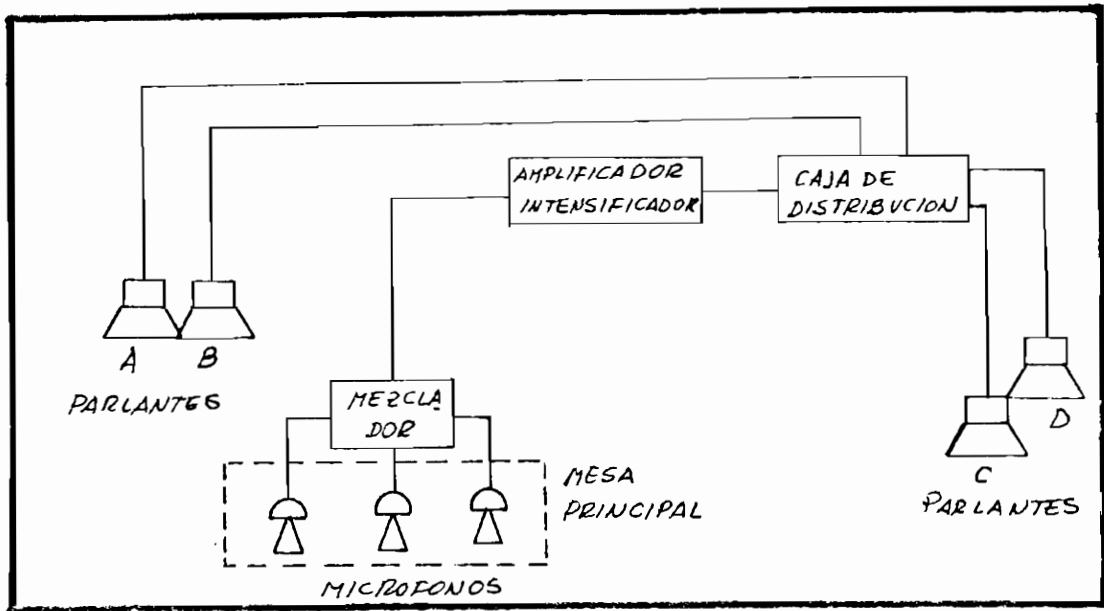


Fig. 3.3.9 Distribución para un sistema de sonido de alto nivel.

En este ejemplo se muestran cuatro parlantes de columna de aire, dos a cada lado de la mesa principal (puede bastar un parlante a cada lado de la mesa). En este mismo ejemplo se muestran un mezclador de audio, un amplificador de potencia separado y una caja de distribución de salida. Podría usarse un amplificador provisto de un mezclador incorporado, según fueran las necesidades de flexibilidad.

Aunque sería suficiente con el empleo de dos líneas alimentadoras de parlantes, cada una de las cuales alimentará a dos parlantes, es posible obtener mayor flexibilidad en la co-

locación de los parlantes corriendo una línea separada a cada uno de ellos. En vez de tratar de conectar dos o cuatro líneas de parlantes a las terminales de salida del amplificador, resulta mucho mejor y más práctico si se utiliza una caja de distribución. La Fig. 3.3.10 representa un diagrama de alambado de la caja de distribución, proyectada específicamente para esta instalación.

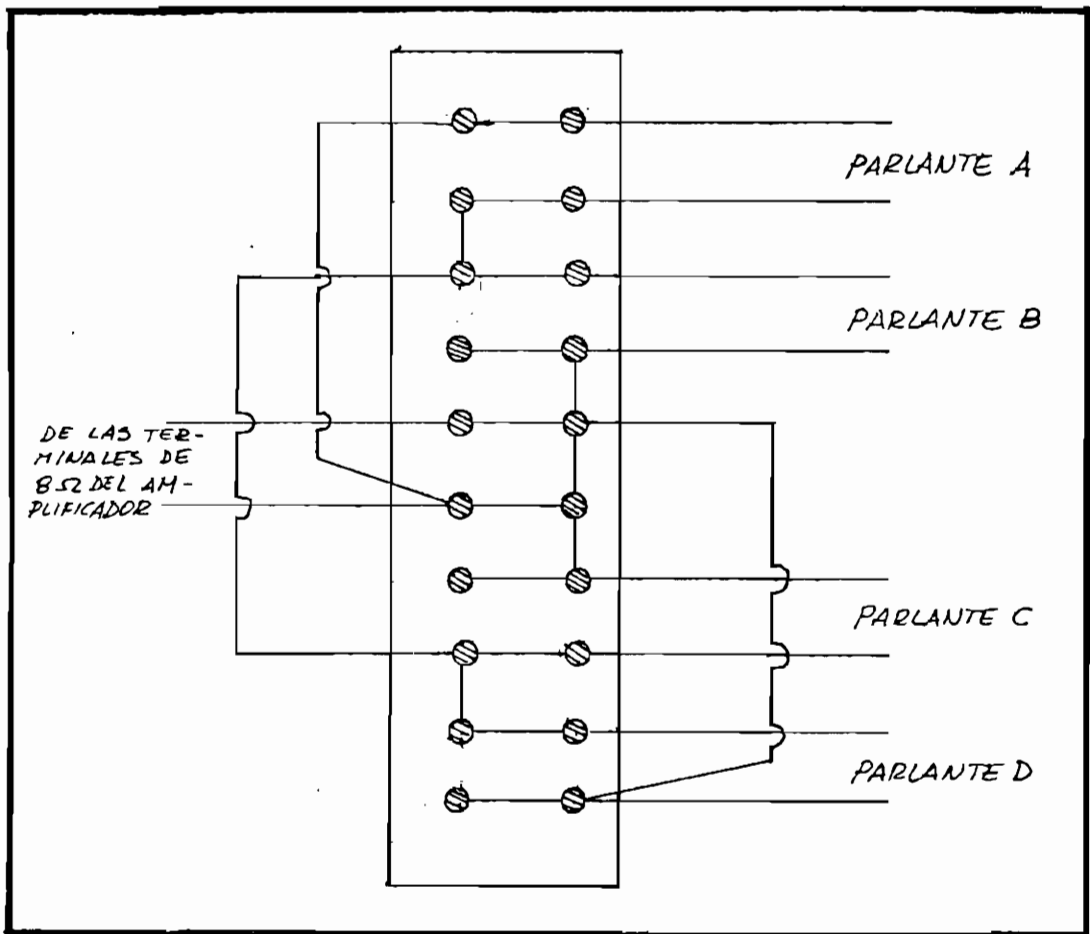


Fig. 3.3.10 Circuito de caja de distribución.

Como se muestra en el diagrama esquemático, Fig. 3.3.

11, los cuatro parlantes de 8 ohmios se conectan eléctricamente en serie y en paralelo a través de la salida de 8 ohmios del amplificador.

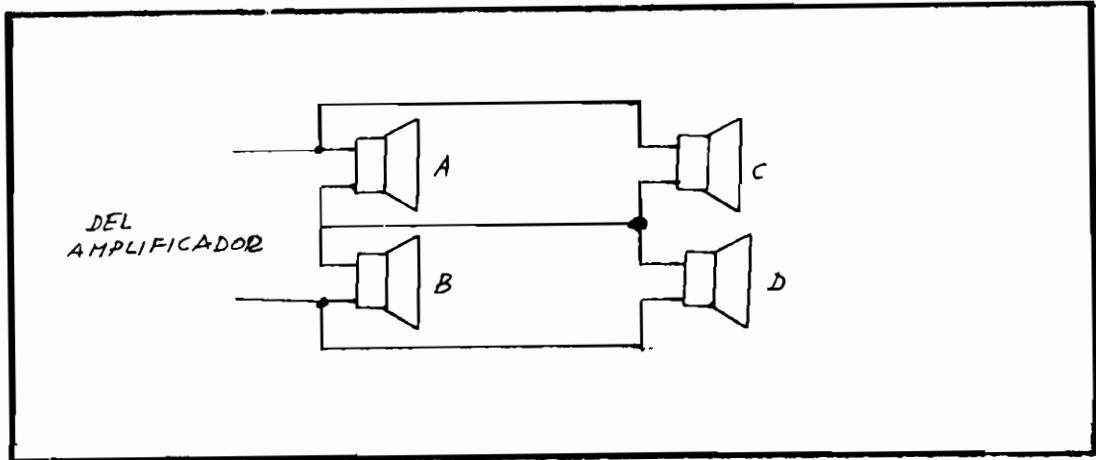


Fig. 3.3.11 Cuatro parlantes conectados en serie / paralelo.

En caso de que se usen parlantes de 16 ohmios, conviene alimentarlas desde la terminales de salida del amplificador, de 16 ohmios.

3.3.7 Sistemas de localización.

Puede proyectarse un sistema de localización de tal manera que todos los parlantes funcionen simultáneamente o para que se seleccionen parlantes individuales o grupos de parlantes, según sea necesario. En un sistema para localización típico se cuenta con un micrófono en el conmutador telefónico, generalmente; el sistema queda bajo el control de la persona que

atiende los teléfonos. Algunos sistemas de localización tienen más de una fuente de entrada. En algunos sistemas, cualquier persona que se encuentre dentro del edificio, puede tener acceso al sistema de localización, para lo cual basta con que marque un número específico en un teléfono de extensión, para luego hablar al audífono telefónico manual.

En este caso también es posible usar una forma de análisis de necesidades con el fin de simplificar la proyección del equipo así como las necesidades de equipo.

A continuación se describen algunos sistemas de localización específicos.

3.3.7.1. Fábricas:

En una fábrica o almacén típico es necesario cubrir, ordinariamente, una superficie grande. Esto significa que las líneas alimentadoras de parientes tienen que ser largas y que se necesita mucha potencia de audio. Con objeto de reducir al mínimo las pérdidas en las líneas alimentadoras, pueden usarse ramales, como se ilustra en la Fig. 3.3.12.

En este ejemplo, el micrófono y un preamplificador se instalan en el cuarto del conmutador telefónico. La salida ba-

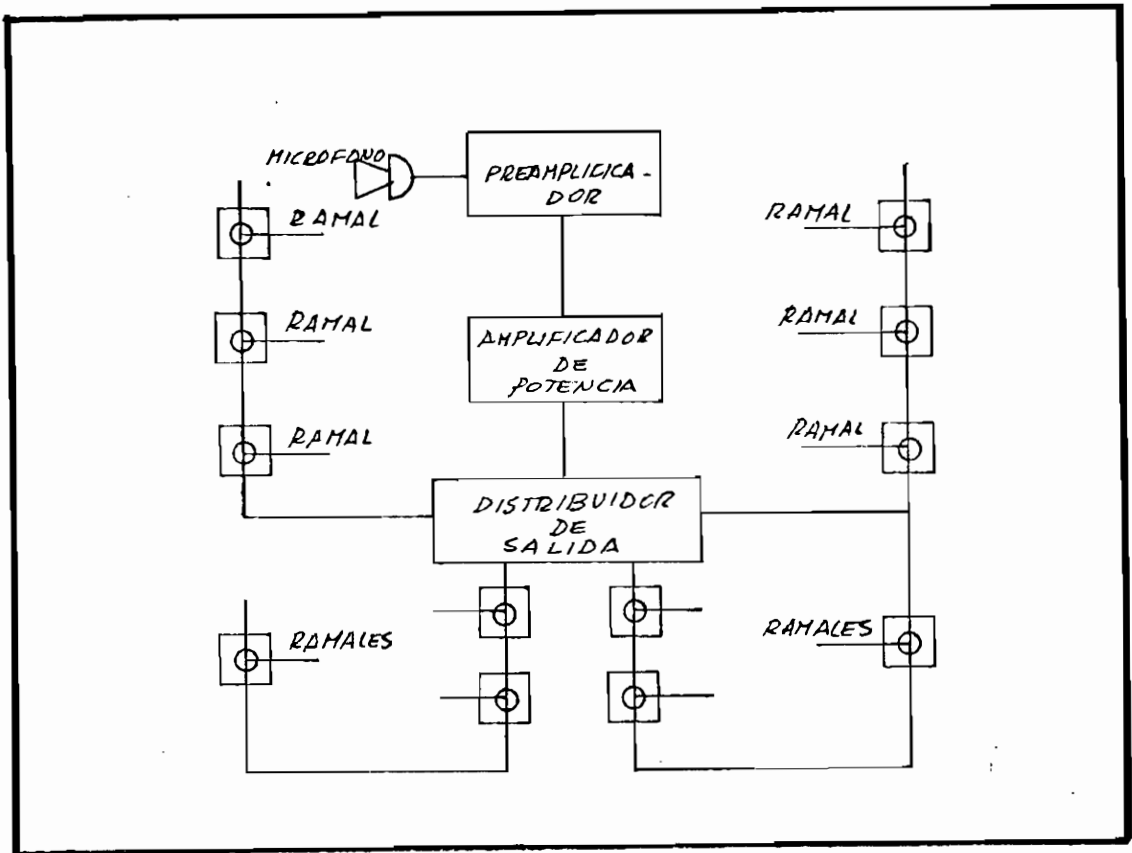


Fig. 3.3.12 Ejemplo de un sistema de localización en una fábrica.

lanceada del preamplificador se alimenta a la entrada balanceada del amplificador de potencia a través de un alambre par telefónico, un alambre de caída telefónico o un cable de par torcido blindado. En este ejemplo el amplificador de potencia se ha instalado en una situación central con el fin de reducir al mínimo las longitudes de los cables alimentadores de los parlantes.

La salida del amplificador de potencia se alimenta a un distribuidor de salida desde el punto en que salen las líneas

alimentadoras a los parlantes principales. Como se muestra en la figura anterior, se conectan líneas ramales a las líneas alimentadoras principales, a través de cajas de unión. Puede usarse la técnica de alimentación de parlantes a 70 voltios o 140 voltios, que necesita el uso de transformadores descendentes en todos los sitios de parlantes o a las entradas de las líneas ramales que sólo alimentan a unos cuantos parlantes.

3.3.7.2. Estacionamiento cubierto:

La localización sonora se usa frecuentemente en estacionamientos para automóviles, en edificios de varios pisos, tanto para poner en alerta como para dirigir al personal. En la Fig. 3.3.13 se encuentra un sencillo proyecto para un sistema de localización de personal en un garage de 4 pisos. En cada piso están montados cuatro parlantes en una columna, cerca del centro del área que ha de cubrirse. La línea alimentadora de los parlantes (alambre No. 14 AWG o más grueso) se alimenta desde el amplificador hasta la columna y se la corre hacia arriba, hasta el piso superior, por conducto de bloques terminales situados en cada piso.

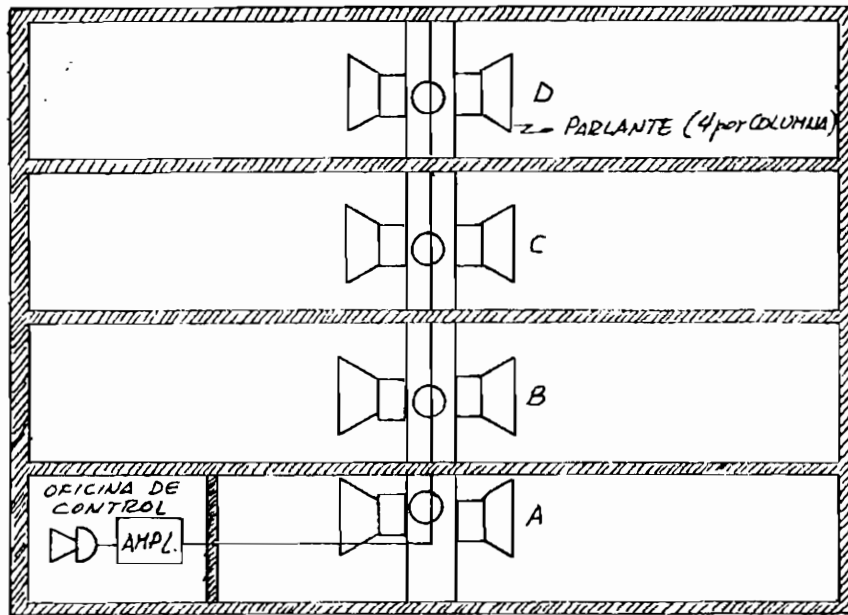


Fig. 3.3.13 Sistema de localización para garages (vista seccional lateral del edificio).

La regleta 1 representa en la Fig. 3.3.14, el bloque terminal de barrera situado en el primer piso. Como puede observarse, los cuatro parlantes de 8 ohmios están conectados en serie:

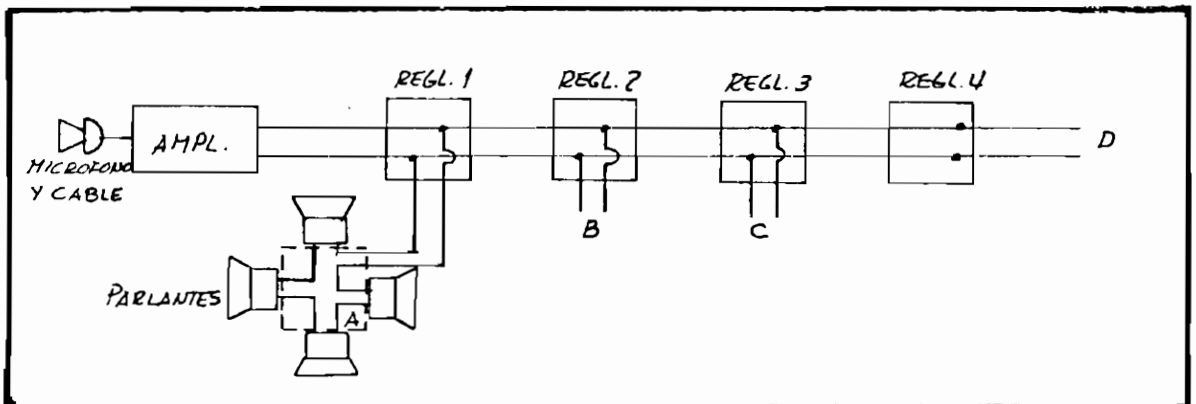


Fig. 3.3.14 Diagrama de alambrado de un sistema.

En cada uno de los demás pisos están conectados cuatro parlantes de 8 ohmios, de manera parecida, regletas 2, 3 y 4. La impedancia de carga es de 32 ohmios en cada uno de los bloques terminales. La impedancia de carga ejercida sobre el amplificador es de 8 ohmios (menos el efecto de las líneas) ya que los 32 ohmios por carga de cada piso están conectadas en paralelo.

Aunque las regletas se muestran como si tuvieran cada una dos terminales, puede efectuarse un trabajo de más calidad profesional usando en cada piso bloques con 6 terminales alambrados, tal como se muestra en la Fig. 3.3.15.

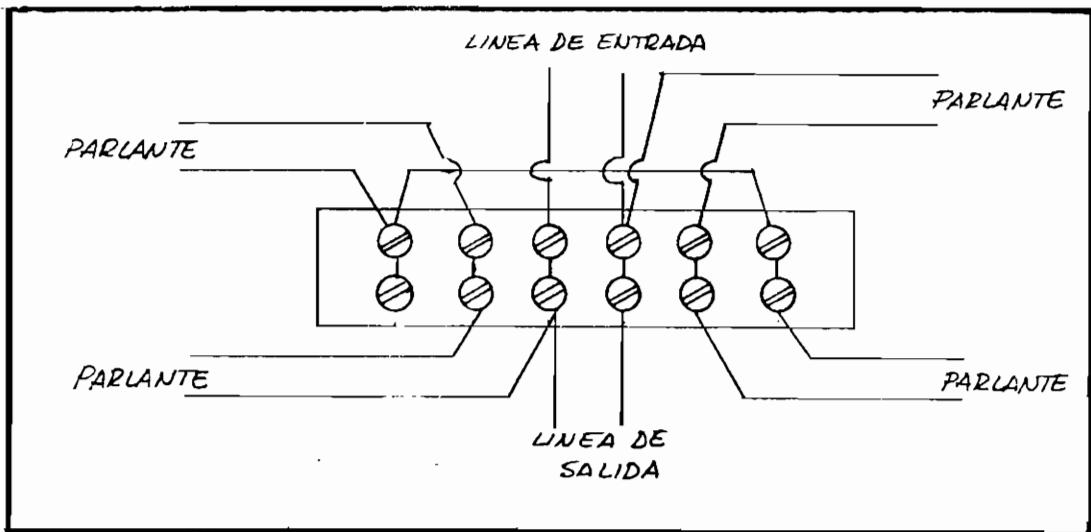


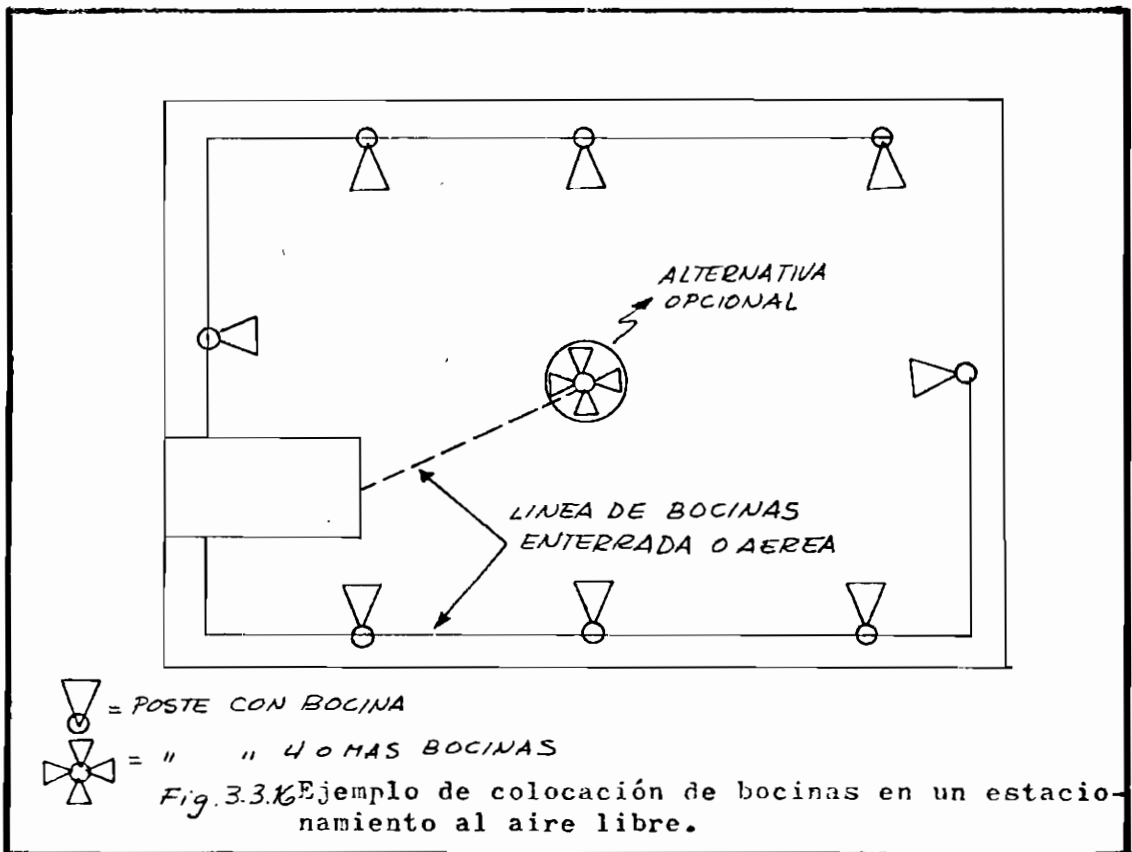
Fig. 3.3.15 Diagrama de alambrado del tablero de terminales.

El examen del diagrama revela que los cuatro parlantes están conectados en serie a través de la línea. En caso de que

llegue a fallar un parlante, pueden desconectarse sus hilos del bloque terminal, para conectar en su lugar un resistor de 7,5 o 10 ohmios y 5 o 10 watts, hasta que se haya reparado o sustituido el parlante.

3.3.7.3. Estacionamiento al aire libre:

Un sistema de sonido utilizado para localizar personas, dar avisos o para distribuir programas en un lote de estacionamiento utiliza, generalmente, bocinas en forma de cuerno para uso exterior.



Estas bocinas pueden fijarse a postes de luz en torno al perímetro del área. Están destinados a la transmisión del sonido dentro del área y a dejar que salga el mínimo de sonido fuera del terreno propio. En la Fig. 3.3.16 se muestran ejemplos de posiciones de bocinas:

Pueden instalarse ocho bocinas alrededor del perímetro. Mediante el empleo de dos líneas alimentadoras, para que cada una de éstas se conecte a cuatro bocinas, puede reducirse al mínimo la pérdida de potencia. Una alternativa consiste en montar cuatro o más bocinas en un poste de luz en el centro del terreno, tal como se indica en la figura.

Las bocinas pueden alimentarse a través de un cable de dos conductores, a prueba de intemperie, suspendido de postes o por medio de un cable forrado de plomo, de dos conductores, enterrado. Para mayor eficiencia se recomienda el uso de bocinas de 70 voltios.

3.3.7.4. Garage de autoservicio:

Son pocas las ocasiones en que hay necesidad de localizar a alguien simultáneamente en todas las áreas de un departamento de servicio de una casa que comercie con automóviles. Esto disminuye las necesidades de potencia de audio. La Fig. 3.3.

17, es un diagrama de bloque de un sistema de localización típico que puede aplicarse en un garage de servicio automotriz:

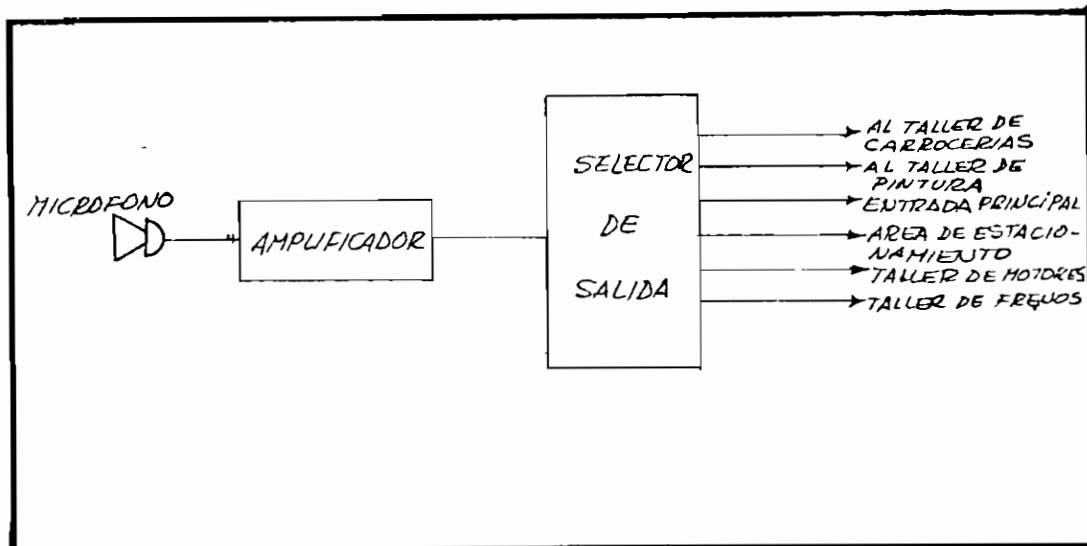


Fig. 3.3.17 Ejemplo de un sistema de localización en un taller de servicio de automóviles.

Está constituido por un micrófono instalado en la oficina del gerente del servicio, un amplificador de sonido público, un selector de salida y varios parlantes.

El selector de parlante permite efectuar la localización en cualquier área que se seleccione, sin molestar al personal en otras áreas. En la Fig. 3.3.18 se ilustra un diagrama de alambrado parcial de un selector de salida.

Los interruptores S1 y S2 son parte integrante de un interruptor deslizable de botón de presión que se detiene en

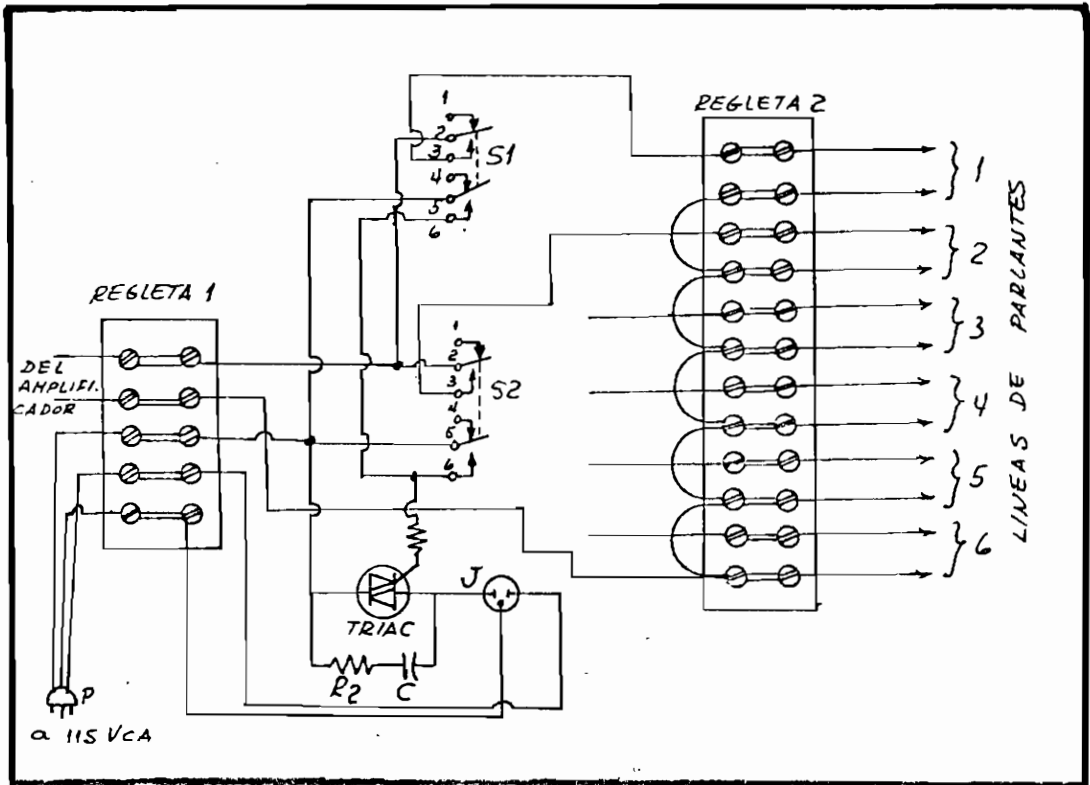


Fig. 3.3.18 Selector de salida con interruptor deslizante.

su sitio mediante un encastre; este ensamblaje de interruptor está formado por seis o más secciones (sólo se han dibujado dos secciones). Todos los botones de presión se encuentran, normalmente, en la posición desconectada; el amplificador permanece desconectado. Por ejemplo, para localizar a alguien en el taller de carrocerías, se oprime el boton de presión S1. La salida de audio del amplificador se alimenta a través de los contactos 3 y 2 de S1, a la línea alimentadora de los parlantes del taller de carrocerias. El amplificador se enciende mediante el cierre simultáneo de los contactos 5 y 6 de S1. Para localizar a alguien en el salón de pintura, por ejemplo se oprime S2 y con ello el interruptor S1 queda liberado en forma automática

y así sucesivamente.

Para apagar el amplificador se oprime el botón de presión de desconexión y con ello se libera mecánicamente cualquier botón de presión que esté oprimido.

La clavija de potencia del amplificador se inserta en J, un receptáculo de corriente alterna montado en la parte posterior del selector de salida. La clavija P se conecta a una salida de potencia de corriente alterna. En este ejemplo se muestra el tapón de tres púas, para conexión a tierra. Se inserta un triac en un ramal del circuito de P a J. Cuando todos los botones de presión se encuentran en la posición de desconectado, el triac no conduce y actúa como un circuito abierto. Al estar oprimido cualquier botón del selector de áreas, sus contactos 4 y 5 conectan a R1 con la compuerta del triac, obligándolo a dispararse y aplicar corriente alterna al amplificador de estado sólido que no necesita ningún tiempo para calentamiento. Al abrir los contactos 4 - 5 se elimina la corriente de disparo del triac obligándolo a bloquear el flujo de corriente alterna. Se utiliza un triac de manera que la corriente de suministro del amplificador no tenga que fluir a través de los contactos de baja capacidad de los botones de presión.

3.3.8 Sistemas para restaurantes.

3.3.8.1. Para transmitir órdenes:

El sistema descrito en el diagrama de bloque que se muestra en la Fig. 3.3.19 permite a los proveedores de comidas transmitir a la cocina órdenes de los platillos a prepararse.

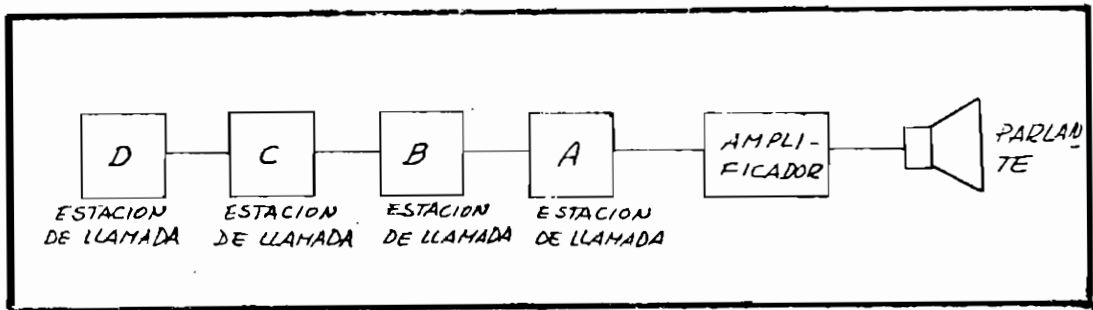


Fig. 3.3.19 Sistema de llamada para órdenes diversas.

Las cuatro estaciones de llamadas (A, B, C y D) podrían estar situadas, por ejemplo, en la pared posterior a un mostrador y estar montadas a la altura de la boca, para mayor comodidad. Un sirviente transmite una orden de comidas al hablar a la estación de llamadas mientras empuja hacia abajo un interruptor para hablar, el cual puede tener un resorte que lo haga regresar a su sitio.

Las estaciones para transmitir las órdenes son idénticas. Como se indica en la Fig. 3.3.20.

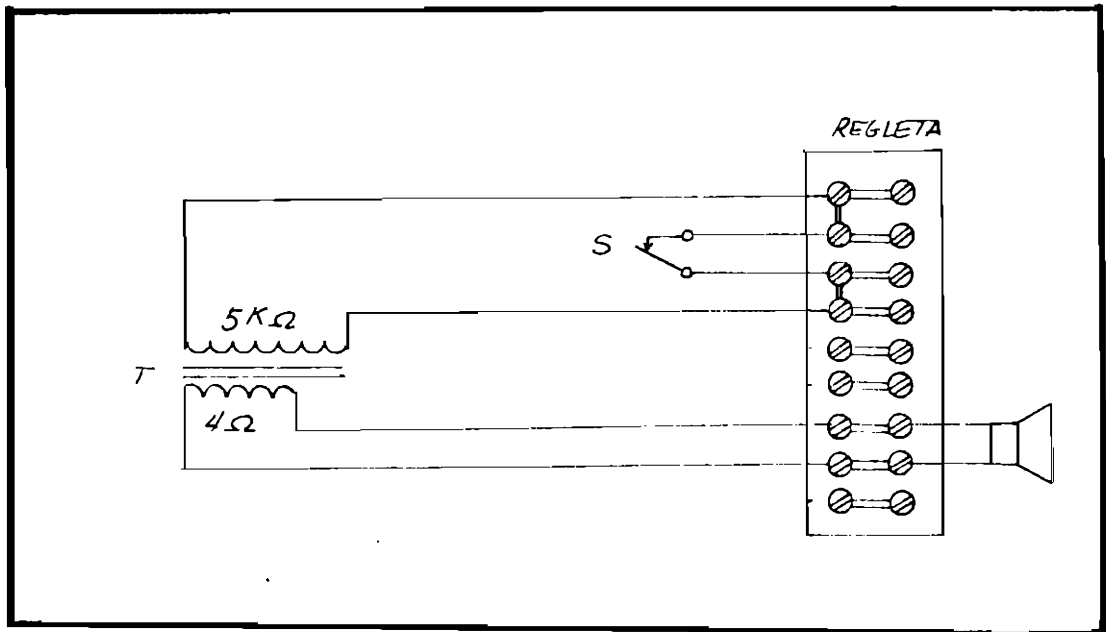


Fig. 3.3.20 Esquema de una estación de llamadas.

Cada estación de llamadas consiste en un parlante de 4 ohmios, un interruptor de palanca, cerrado normalmente, cargado con un resorte o un botón de presión, un bloque terminal de barrera y un transformador de salida de 4: 5.000 ohmios; to dos esos elementos van encerrados dentro de una caja metálica.

El parlante de la estación de llamadas funciona como micrófono. El parlante está, normalmente, en corto por la acción del interruptor para hablar. Como se indica en el diagrama esquemático de la Fig. 3.3.21, los devanados de alta impedancia de los transformadores de las estaciones de llamadas están conectados en serie a través de la entrada del amplificador.

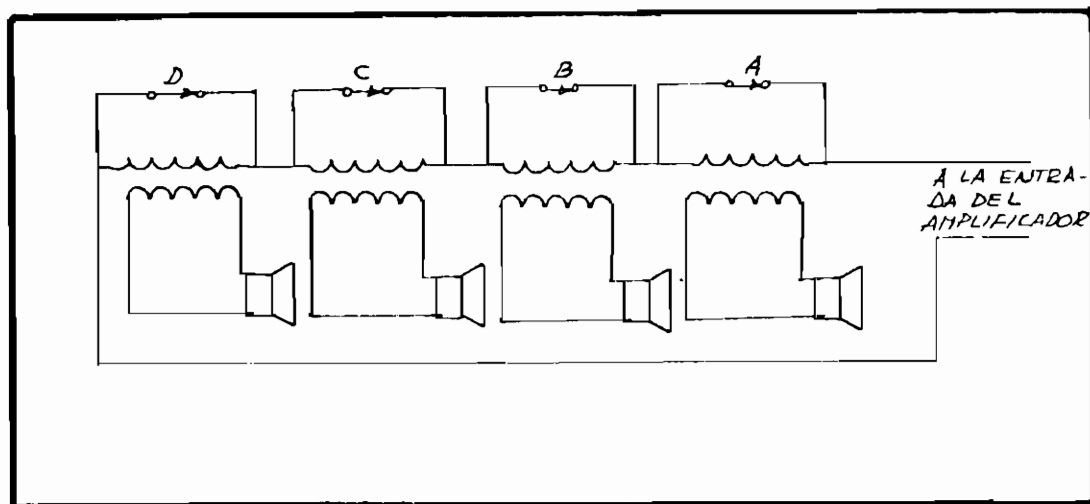


Fig. 3.3.21 Secciones de llamadas conectadas en serie.

Normalmente están inactivas todas las estaciones de llamadas y la entrada del amplificador está en corto para reducir al mínimo la captación de zumbidos y ruidos.

Al abrir el interruptor en la estación de llamadas A, se permite que su bocina capte el sonido. Cada estación de llamadas puede activarse individualmente. Si se hacen funcionar dos estaciones de llamadas de manera simultánea, ambas captarán el sonido.

Aunque la construcción y el alambrado interno de las estaciones de llamadas son idénticas, existen pequeñas diferencias en sus conexiones externas, tal como lo revela el diagrama de alambrado de la Fig. 3.3.22.

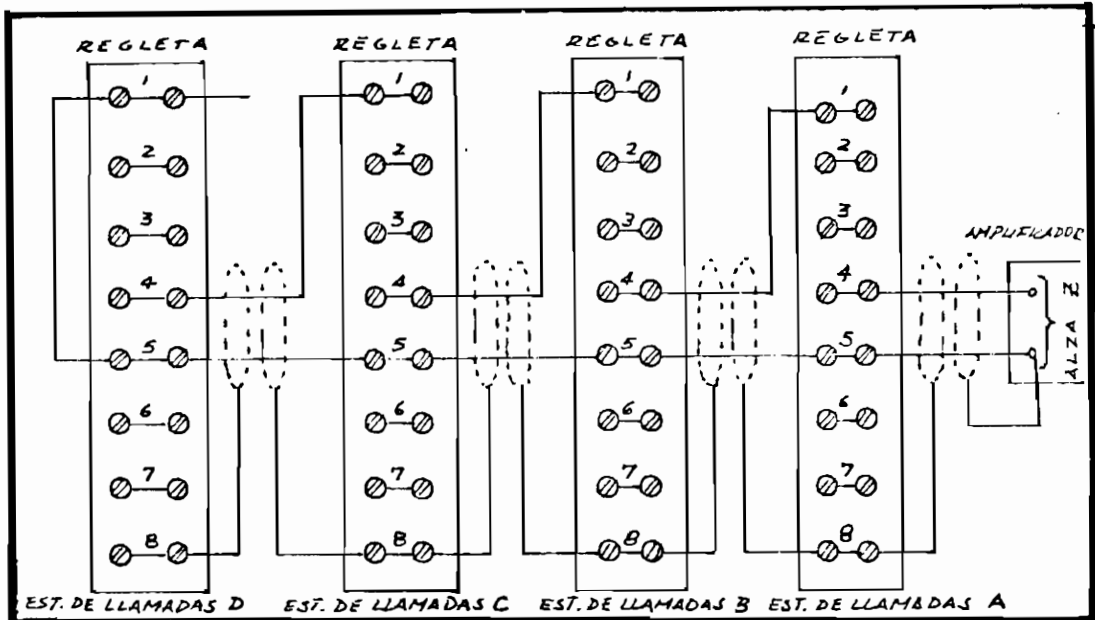


Fig. 3.3.22 Diagrama de alambado de un sistema de llamadas.

Las estaciones de llamada y la entrada de alta impedancia del amplificador están interconectadas mediante un cable blindado, de dos conductores. Cuando se necesitan menos de cuatro estaciones de llamadas deben colocarse puentes en las terminales 1 y 5 de la regleta de la estación más alejada. Para agregar estaciones debe quitarse el puente 1 - 5 (como se muestra en la estación D) y se conecta la terminal 1 a la terminal 4 de la estación siguiente y la 5 a la 5, y así de manera sucesiva. En la última estación se instala un puente entre las terminales 1 y 5.

3.3.8.2. Llamada y respuesta para restaurantes con servicio en el estacionamiento.

Dentro de un restaurante en interiores, son pocas las ocasiones en las que el cocinero tiene necesidad de comunicarse con los meseros cuando están listas las órdenes. En un restaurante con servicio en el automóvil existe mayor necesidad de la existencia de la comunicación en dos sentidos. La Fig. 3.3.23 representa un diagrama en bloque de un sistema de sonido de llamada y respuesta (intercomunicación) para un restaurante con servicio en el automóvil del cliente.

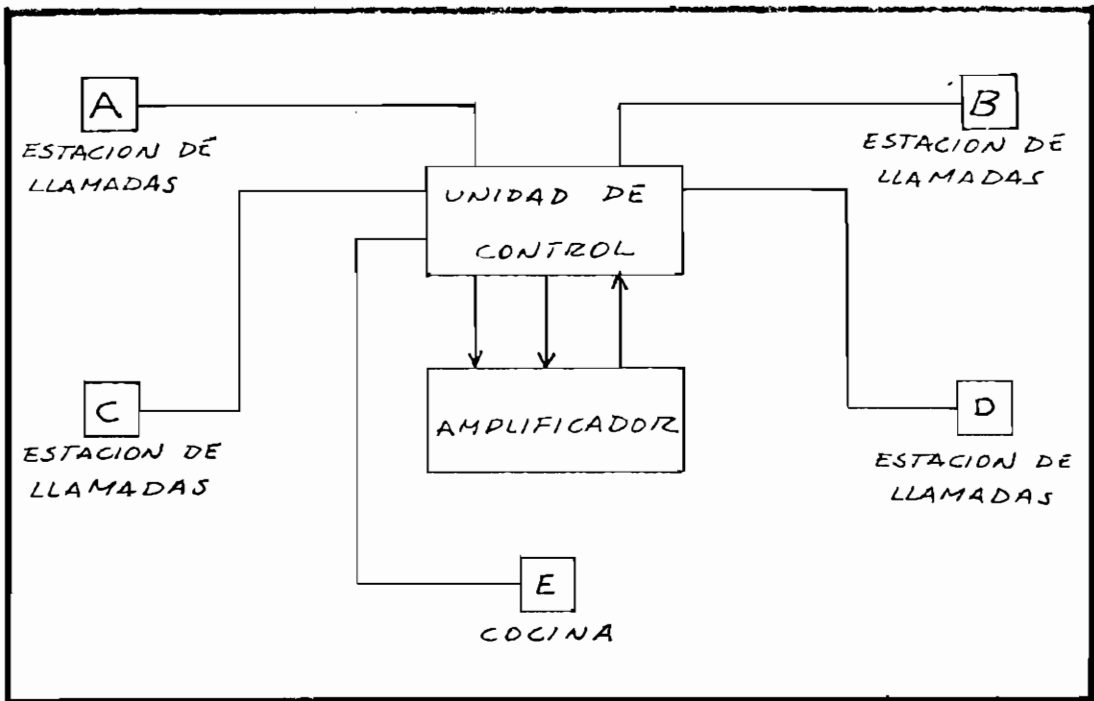


Fig.3.3.23 Ejemplo de un sistema de llamada y respuesta.

Se muestran, en este ejemplo, cinco estaciones de llamadas. Las estaciones A, B, C y D sirven a los meseros que atienden los automóviles para transmitir las órdenes. La estación E representa la cocina y se emplea para avisar a los mese

ros cuándo están listas las órdenes de los clientes.

Todas las estaciones de llamadas son idénticas y están alambradas como se indica en la Fig. 3.3.24.

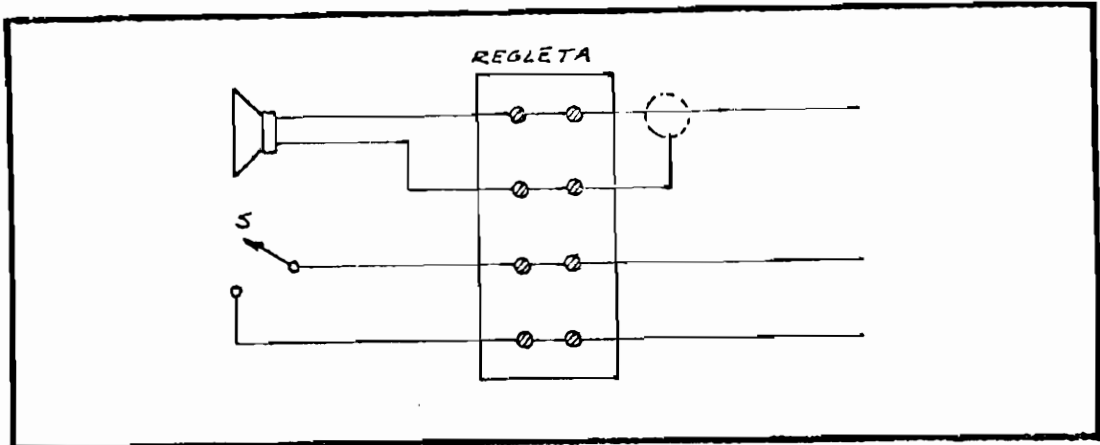


Fig. 3.3.24 Diagrama de alambrado de una estación de llamadas.

Cada estación consiste de una bocina de 4 ohmios, un interruptor tensado con un resorte que, normalmente, está abierto y un bloque terminal de barrera (regleta), albergados en una caja metálica a prueba de la intemperie.

La unidad de control, cuyo diagrama de alambrado se ilustra en la Fig. 3.3.25, se instala cerca del amplificador. Esta contiene cinco relevadores, dos transformadores de salida de 4 : 5.000 ohmios (T1, T2), una fuente de poder de corriente directa, dos bloques terminales de barrera y dos enchufes de fono (J1, J2).

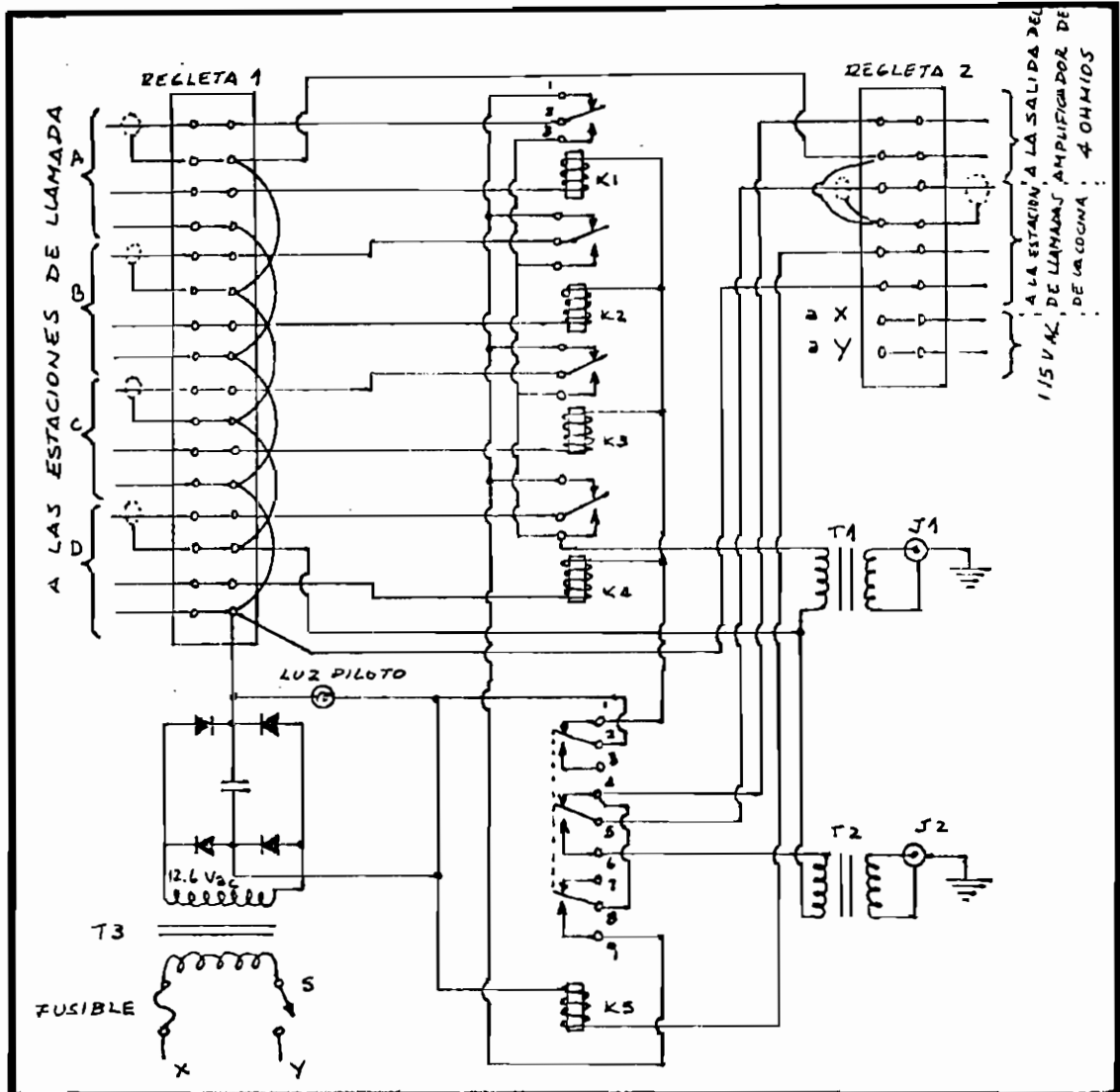


Fig. 3.3.25 Diagrama de alambado de una unidad de control.

Todas las estaciones de llamadas se encuentran perfectamente comunicadas a la unidad de control a través de un cable blindado de conductor sencillo y un cable no blindado, de conductores gemelos. Los fonojacks de la unidad de control están conectados a los enchufes de entrada de los micrófonos de amplificador, por medio de cables de audio blindados.

Cuando se cierra el interruptor en la estación de llamadas A, se energiza el relevador K1 en la unidad de control. El parlante de la estación A queda conectado a través de los contactos 2 y 3 de K1 al devanado de 4 ohmios de T1, cuyo secundario de 5.000 ohmios queda conectado al jack de fono J1. La señal de audio en J1 alimenta a una de las entradas de micrófono del amplificador. La salida del amplificador se alimenta al parlante situado en la unidad de llamadas de la cocina por conducto de los contactos 4 y 5 del relevador K5 que está desenergizado. Al cerrar el interruptor en la estación de llamadas B se energiza K2 y así sucesivamente. En cada ocasión en que se cierra el interruptor de una estación de llamada el parlante funciona como si fuera un micrófono.

Sin embargo, cuando se cierra el interruptor de la unidad de llamadas de la cocina, se energiza K5. Sus contactos hacen que la unidad de llamadas de la cocina funcione como micrófono y se alimente una señal de audio a la otra entrada del micrófono del amplificador a través de T2 y J2. Los contactos conectan, también la salida del amplificador simultáneamente a todas las estaciones de llamadas por conducto de los contactos posteriores de K1, K2, K3 y K4. Cuando se transmite de la cocina a las estaciones de llamadas, ninguna estación de llamada puede transmitir a la cocina, porque los relevadores K1, K2, K3 y K4 no pueden funcionar, ya que entonces se encuentran

abiertos los contactos 1 y 2 de K5. El nivel de volumen de la unidad de llamadas de la cocina se controla en el amplificador independiente del nivel de audio que se alimenta a las estaciones de llamadas.

3.3.8.3. Distribución de música.

Es más fácil proyectar e instalar sistemas estereofónicos para la distribución de música, que sistemas cuadrafónicos, aunque éstos dan resultados muy satisfactorios.

En la Fig. 3.3.26 se presenta un diagrama esquemático en bloque de un sistema de distribución de música mono y estéreo combinado:

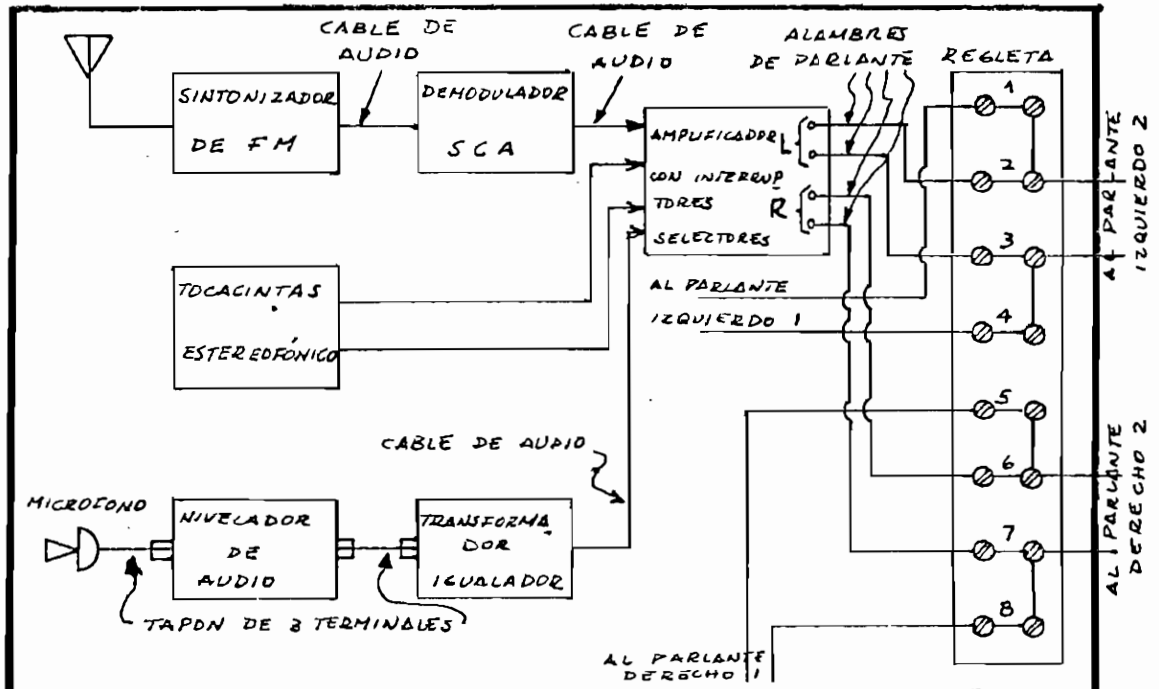


FIG. 3.3.26 Sistema de distribución de música para sonido público.

Las fuentes de entrada que se muestran en este ejemplo incluyen un canal SCA (Subsidiary Carrier Authorization, o sea, autorización de portador subsidiario), un tocacintas estereofónico y sonido público monofónico. Se supone en este caso que el amplificador estereofónico tiene controles de selección de entrada y un interruptor de mono a estéreo.

a) Programa SCA:

El sintonizador de Fm está sintonizado a una estación de FM que emite un programa semiprivado por un canal SCA que no puede ser interceptado por el público excepto cuando se tiene a la disposición un demodulador SCA. La frecuencia central del canal SCA es, ordinariamente, de 67 KHz. El canal SCA se transmite simultáneamente con el programa público, pero no interfiere con éste. La señal SCA se deriva a la salida del selector del sintonizador de FM y es alimentada al demodulador de SCA que es un receptor FM subportador de baja frecuencia. Su salida monofónica de radio se alimenta a la entrada del amplificador de audio.

NOTA: En algunos sitios es ilegal interceptar programas de SCA, excepto en el caso de personas o establecimientos que estén suscritos al servicio de programas aplicable mediante el pago de una cuota. Ordinariamente dicho servicio está

desprovisto de anuncios comerciales.

El sintonizador FM puede ser un modelo doméstico monofónico convencional que pueda sintonizarse en la banda de 88 MHz hasta 108 MHz. La señal de SCA se deriva a la salida del detector, antes de llegar a la red desenfanzadora o en el jack de salida al que pueda conectarse un desmultiplicador estereofónico. Para la mayoría de las aplicaciones profesionales, lo más conveniente es usar un receptor de FM de sintonización fija o una combinación de un demodulador SCA y un receptor de FM.

b) Sonido público:

Cuando un amplificador tiene suficiente ganancia, es posible conectar directamente un micrófono de alta impedancia a una de las entradas de fono magnético. En una instalación de categoría más profesional se utiliza un nivelador de audio (amplificador de compresión o de limitación, o compander). En este caso se conecta un micrófono de baja impedancia, a través de un cable de dos conductores blindado, para micrófono y una clavija de tres púas, para micrófono a la entrada de 150 hasta 250 ohmios del nivelador de audio. Su salida se conecta a través de clavijas parecidas y cable similar, a un transformador de igualación cuya salida de alta impedancia no balan-

ceada tenga que alimentarse a través de un cable de audio al amplificador principal. El nivelador de audio mantiene un ni vel de señal de salida relativamente constante hacia la entrada del amplificador principal, porque atenúa las diferencias que se presenten entre los niveles de la voz y las distancias desde el micrófono.

c) Distribución a alto nivel:

Las salidas de estéreo del amplificador principal se alimentan a líneas alimentadoras de parlantes principales separadas y conectadas a dos o más puntos de distribución de alimentación a parlantes. Al usar un amplificador de estado sólido convencional, la impedancia de carga total a través de cada salida no deberá ser inferior a 4 ohmios. Esto signi fica que cada canal (izquierdo y derecho) pueden alimentarse a un parlante de 4 ohmios, a dos de 8 o a 4 de 16 ohmios en paralelo.

d) Distribución a bajo nivel:

Puede usarse una distribución a bajo nivel (ver Fig. 3.3.27) para alimentar más de cuatro parlantes por canal o cuando pudieran llegar a ser excesivas las pérdidas en las líneas alimentadoras de parlantes. Las salidas de baja impedancia

del amplificador principal se alimentan a transformadores de elevación de 4 : 600 ohmios (T1 y T2), y atenuadores fijos o variables de 600 ohmios (R1, R2) a dos líneas alimentadoras separadas.

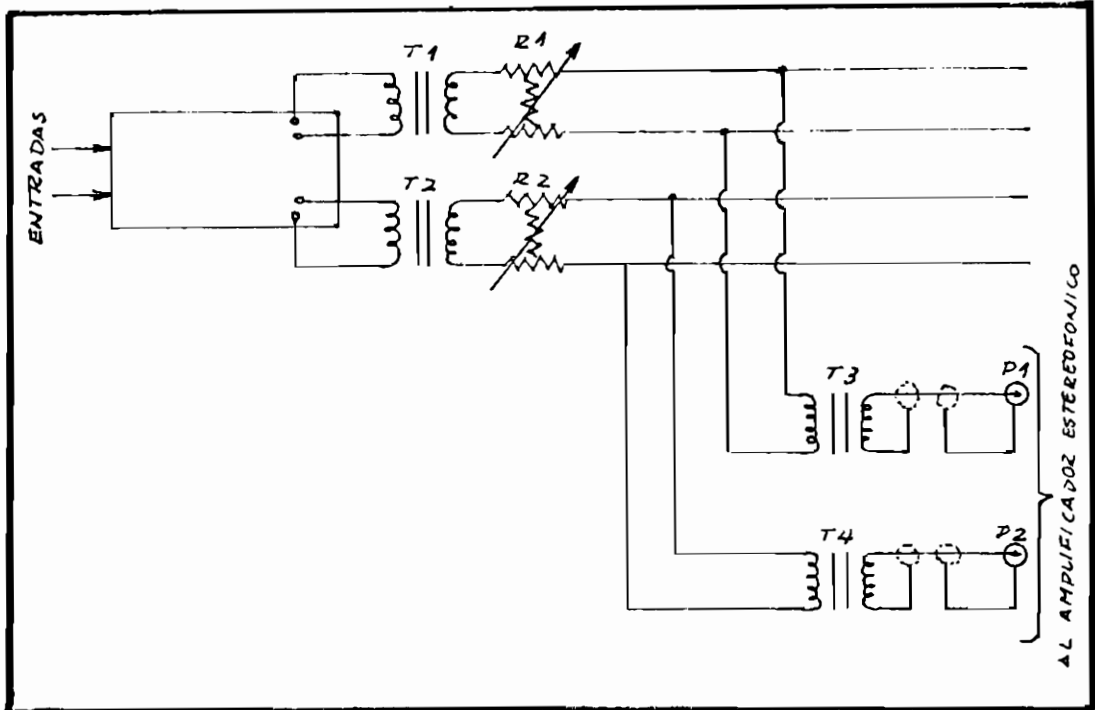


Fig. 3.3.27 Sistema de distribución a bajo nivel.

Pueden unirse estas líneas por medio de puentes a varios puntos. T3 y T4 son transformadores de puente con una impedancia primaria de 10.000 a 20.000 ohmios y una impedancia secundaria de, por lo menos, 40.000 ohmios. Cuando se coloca como puente un transformador de esta clase a través de una línea de 600 ohmios, éste tiene un efecto de carga muy restringido. Los secundarios de estos dos transformadores se conectan a las entradas estereofónicas auxiliares de un amplificador de potencia

estereofónico a través de cables de audio y clavijas de fono (P1, P2). Las salidas del amplificador se alimentan a los parlantes cercanos.

La Fig. 3.3.28 representa el diagrama de alambrado del amplificador principal a la unidad de interfase de la línea.

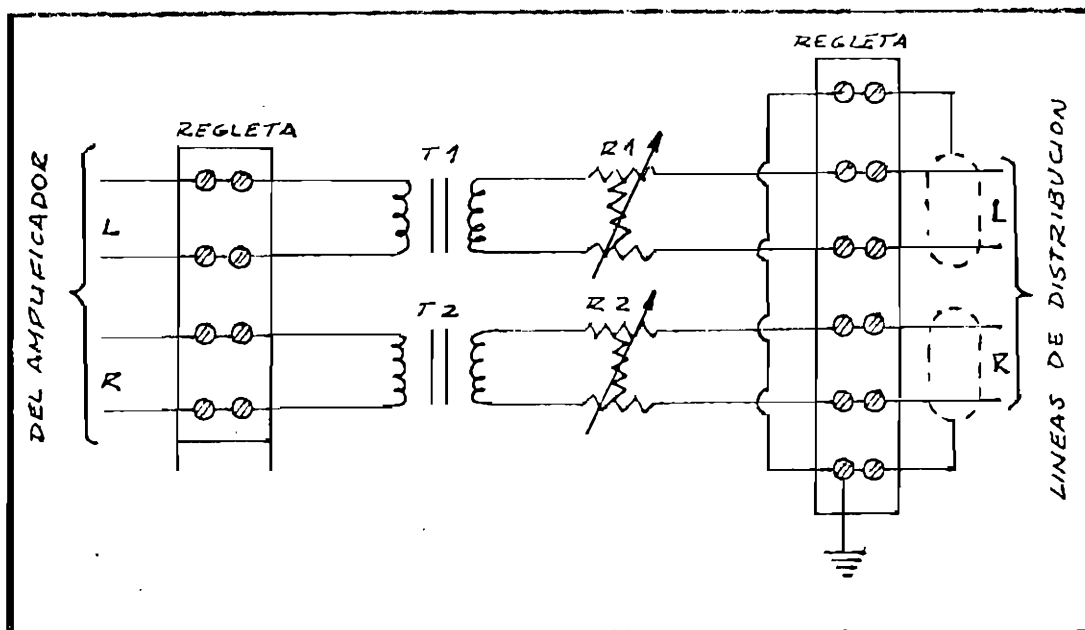


Fig. 3.3.28 Diagrama de alambrado de interfase de entrada de línea.

Las salidas del amplificador principal se alimentan a través de un bloque terminal (regleta) a los primarios de 4 ohmios de T1 y T2. Los secundarios de 600 ohmios de T1 y T2 se alimentan a través de los atenuadores R1 R2 y un segundo bloque terminal, a las líneas de distribución. Estas líneas pueden ser pares telefónicos, pero es preferible que sean cables

de dos conductores blindados.

En la Fig. 3.3.29, se ilustra un diagrama de alambrado de un punto de puente. Esta indica que los secundarios de los transformadores de puente T3 y T4 están conectados a jacks de fono (J1, J2).

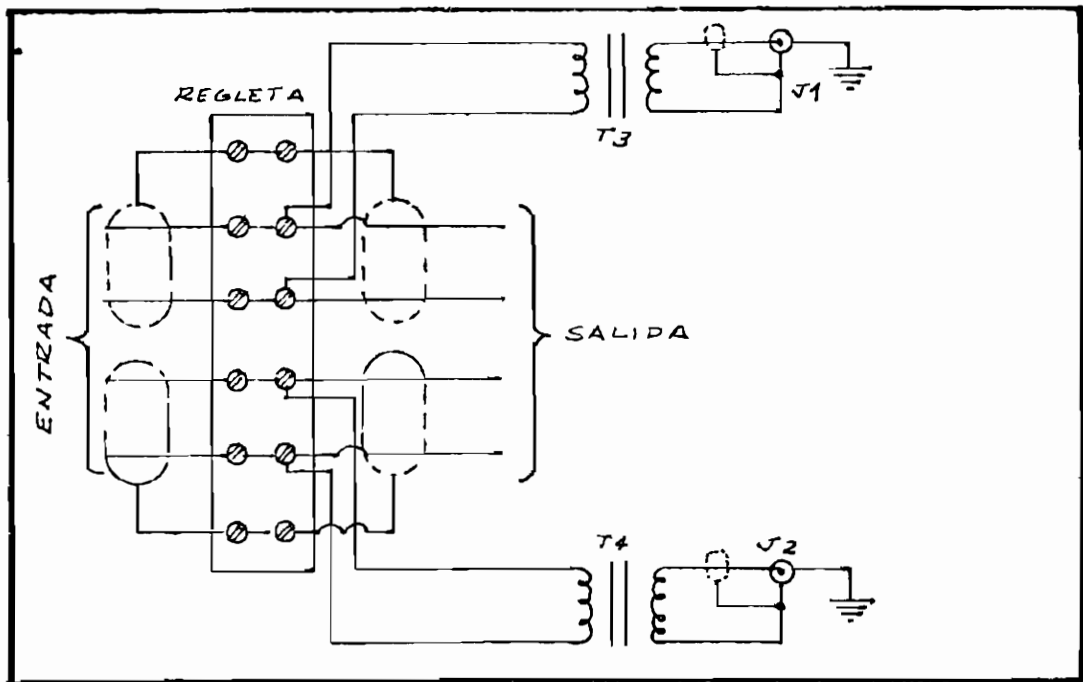


Fig. 3.3.29 Diagrama de alambrado de punto de puente.

Se usan cables de audio provistos de una clavija de fono en cada uno de sus extremos, para conectar J1 y J2 a las entradas del amplificador.

Los atenuadores R1 y R2 deberían ser capaces de disipar la potencia que les suministra el amplificador principal. Co-

mo cada punto de puente consume muy poca potencia, es factible utilizar un amplificador principal de baja potencia.

3.3.9. Sistema de sonido de seguridad para edificios de varios pisos.

Es obvia la necesidad de un sistema de sonido público en todo edificio que se eleve a gran altura. El sistema deberá seguir en condiciones de funcionamiento aún cuando falle la energía eléctrica; tampoco deberá fallar aunque se quemen o corten las líneas alimentadoras de parlantes.

En la Fig. 3.3.30 se representa un diagrama en bloques de un sistema de sonido público para advertir a los ocupantes de un edificio de oficinas de la existencia de peligros potenciales o reales.

El micrófono y el amplificador deberán estar situados al alcance inmediato del personal autorizado. La salida del preamplificador (operado por pilas, preferentemente) se alimenta a través de una línea balanceada, de 150 o de 600 ohmios, al amplificador intensificador instalado en un sitio en donde sea poco probable que lo dañe algún incendio.

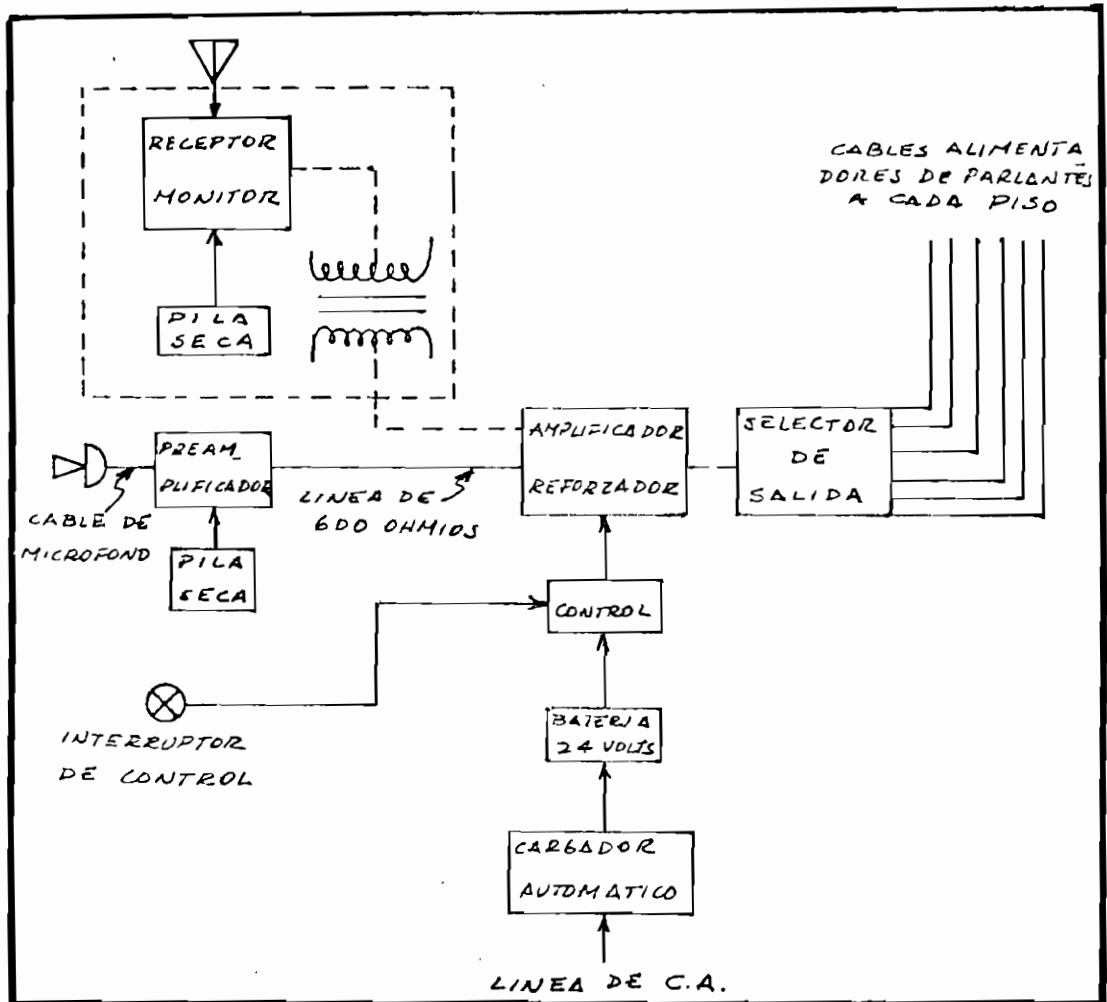


Fig. 3.3.30 Diagrama en bloque de sistema de advertencia.

La salida del amplificador de potencia se alimenta a una unidad selectora de salida (Fig. 3.3.31) que tiene interruptores que permiten cortar cualquier línea de parlantes que pueda estar cortocircuitada y que permiten transmitir exclusivamente a los pisos que se hallen afectados en caso de que el problema sea localizado. El selector de salida tiene también un voltímetro de corriente alterna que está conectado a través de la

línea alimentadora principal de 70 voltios, desde el amplificador, para indicar que el sistema está en condiciones de funcionar.

El amplificador intensificador está energizado por una batería de 24 voltios (o dos baterías de 12 voltios, en serie), que se mantiene cargada por medio de un cargador automático.

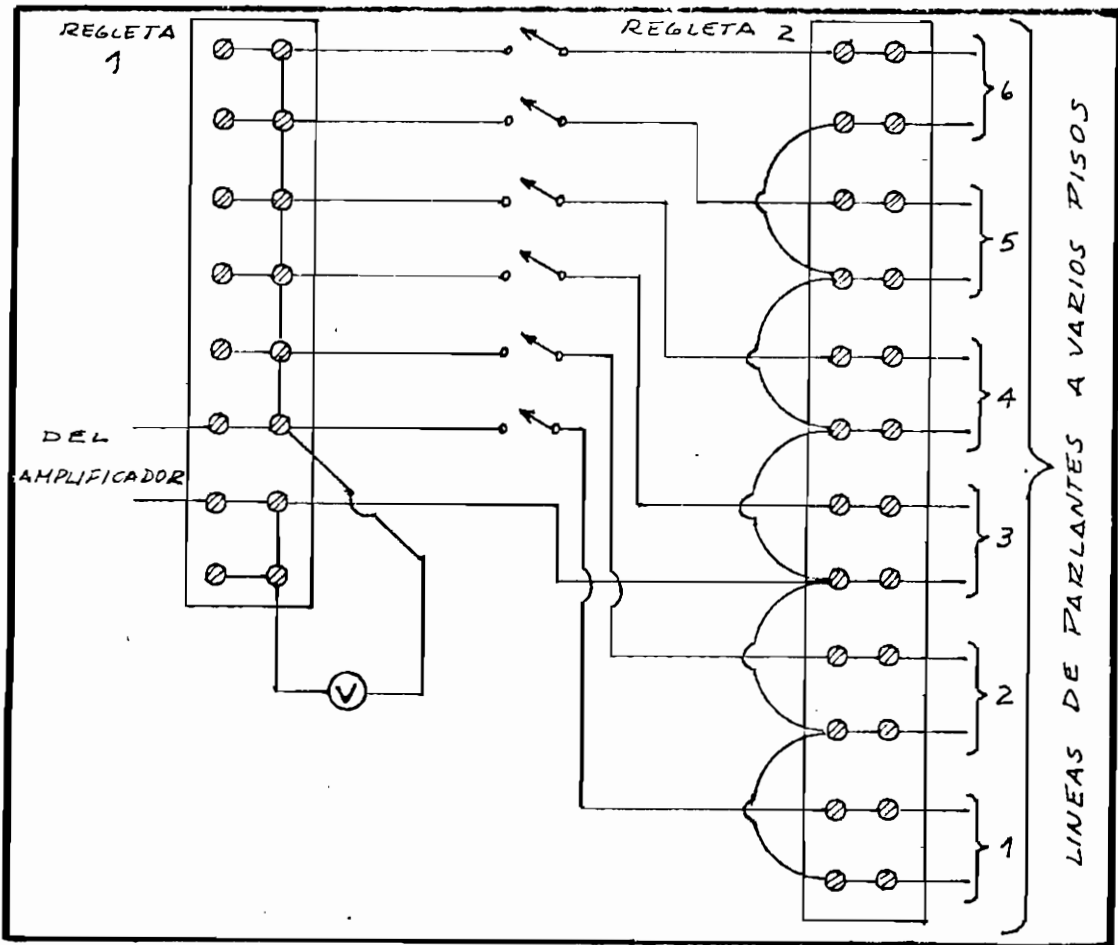


Fig. 3.3.31 Diagrama de selector de salida.

Puede añadirse también un control remoto para hacer in-

necesario que alguna persona vaya hasta el amplificador para encenderlo. Este control remoto consiste en un interruptor instalado en el sitio en donde se encuentra el micrófono, además de una unidad de control situada en el punto en donde está el amplificador intensificador. En la Fig. 3.3.32 se encuentra un diagrama de alambrado de la unidad de control.

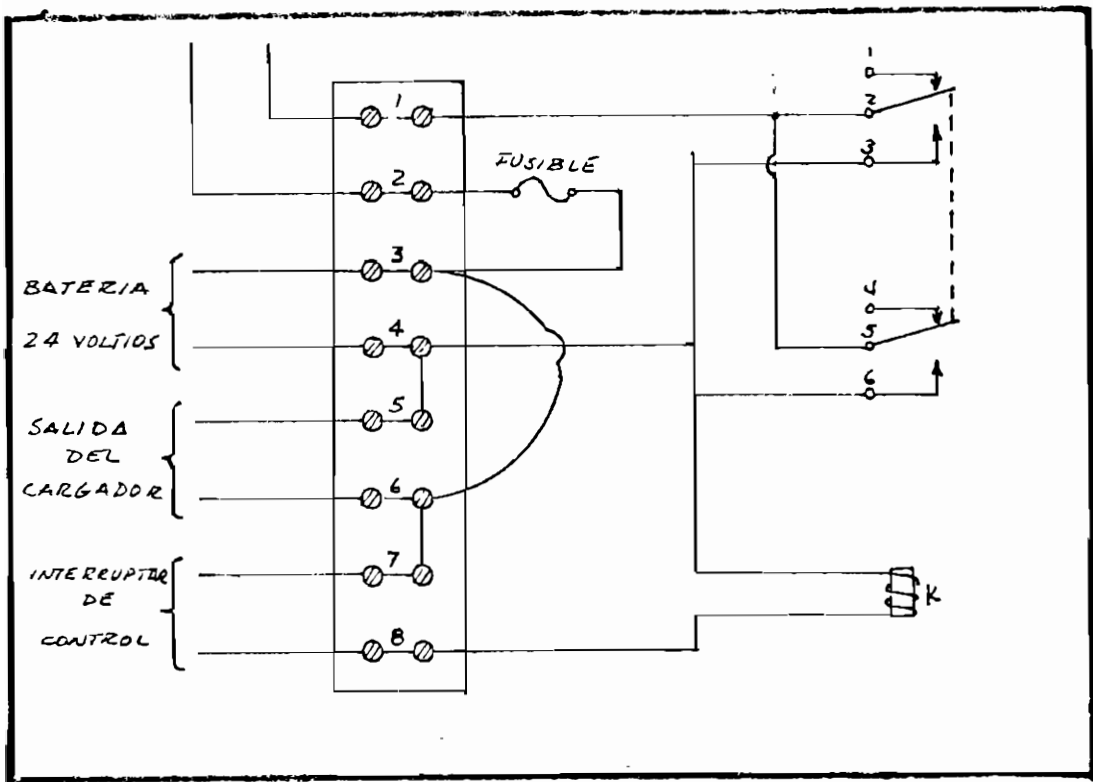


Fig. 3.3.32 Unidad de control.

El relevador K tiene contactos de interruptor conectados con puentes (2,5 y 3,6), de tal manera que el relevador pueda manejar la corriente alta con mayor facilidad (un amplificador de 250 watts, operado con corriente directa consume más de

20 amperios). Cuando se dispone de energía de corriente alterna, la batería se mantiene cargada y una parte de la corriente de carga es suministrada por el cargador. Cuando no se dispone de corriente alterna se suministra la corriente de carga exclusivamente por medio de la batería.

Las líneas alimentadoras de los parlantes corren desde el selector de salida a los diferentes pisos, tal como se ilustra en la Fig. 3.3.33.

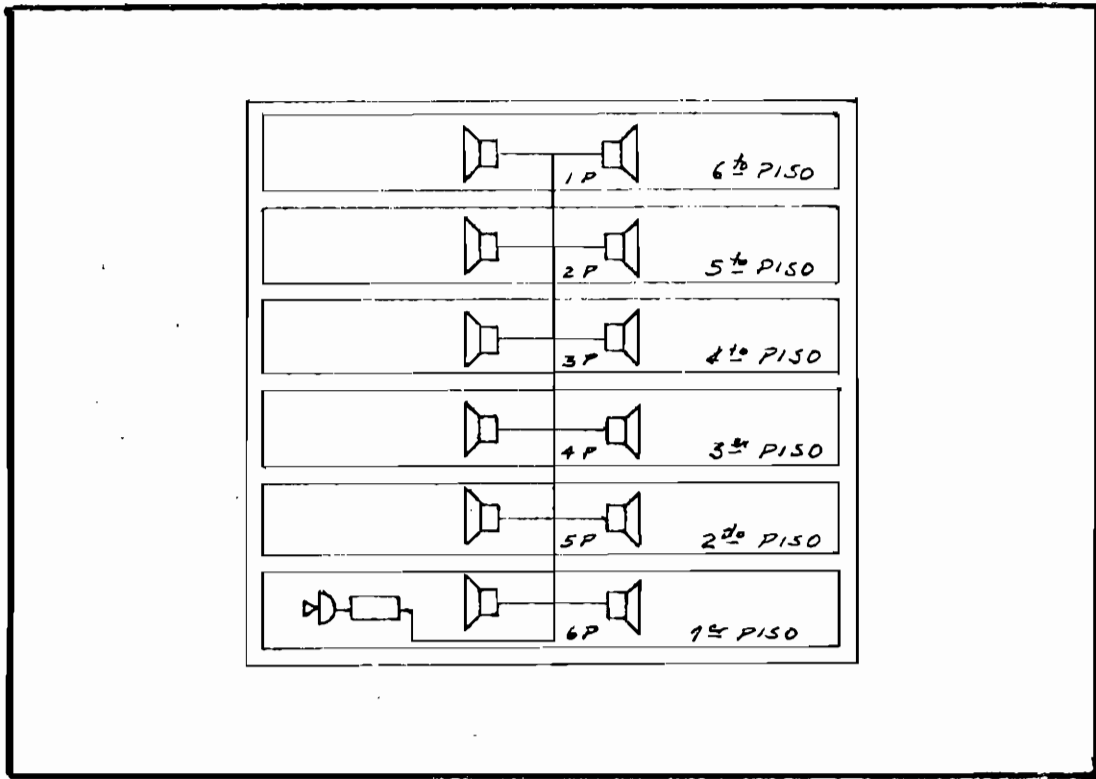


Fig. 3.3.33 Sistema de sonido de emergencia en un edificio de oficinas.

Se corre hasta cada piso una línea alimentadora de par

lantes separada, de modo que el daño que pueda resentir una línea no interrumpa la transmisión de audio a los demás pisos. La Fig. 3.3.34, muestra un ejemplo de un plano de piso que identifica los sitios en que se encuentran los parlantes en los corredores.

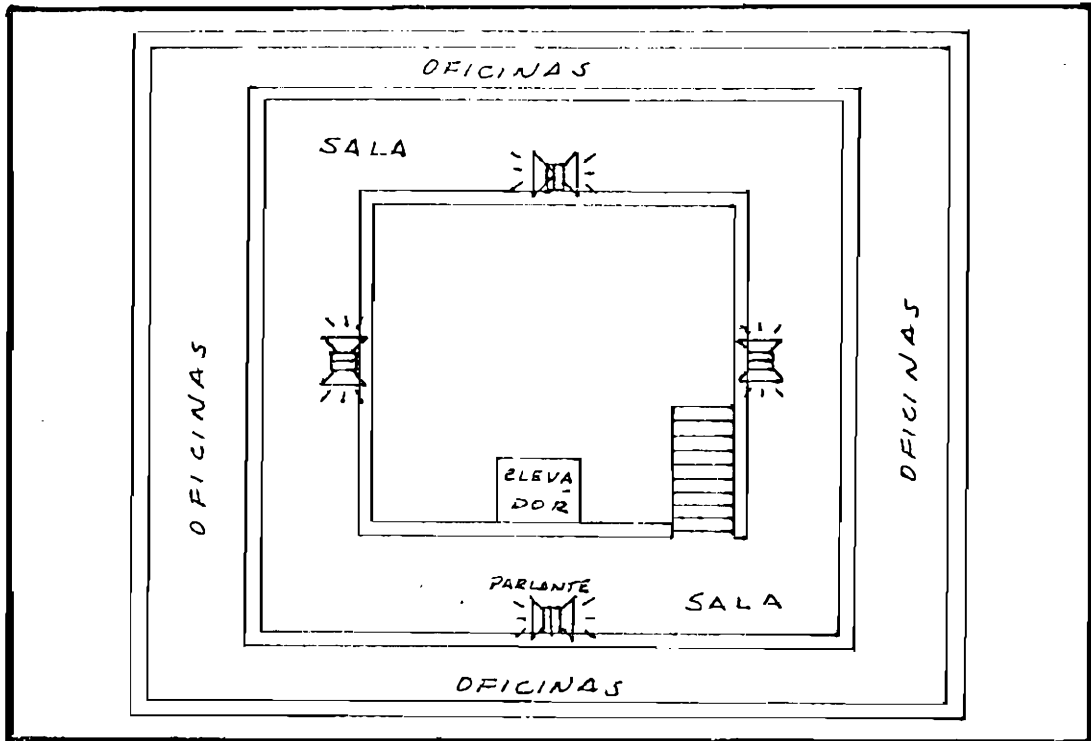


Fig. 3.3.34 Ejemplo de un plan de piso.

En este ejemplo están colocados dos parlantes en posición de respaldo contra respaldo, en cada sitio de parlantes. En la Fig. 3.3.35 se ilustra la manera en que se pueden conectar los parlantes en cada piso. Se emplean cuatro transformadores de línea de setenta voltios para alimentar cada par de parlantes conectados en paralelo.

Para alcanzar el máximo de protección, conviene correr las líneas del preamplificador al amplificador intensificador y las líneas de alimentación de los parlantes, dentro de un tubo conduit; de lo contrario, éstas líneas deberán estar constituidas por cables resistentes al fuego.

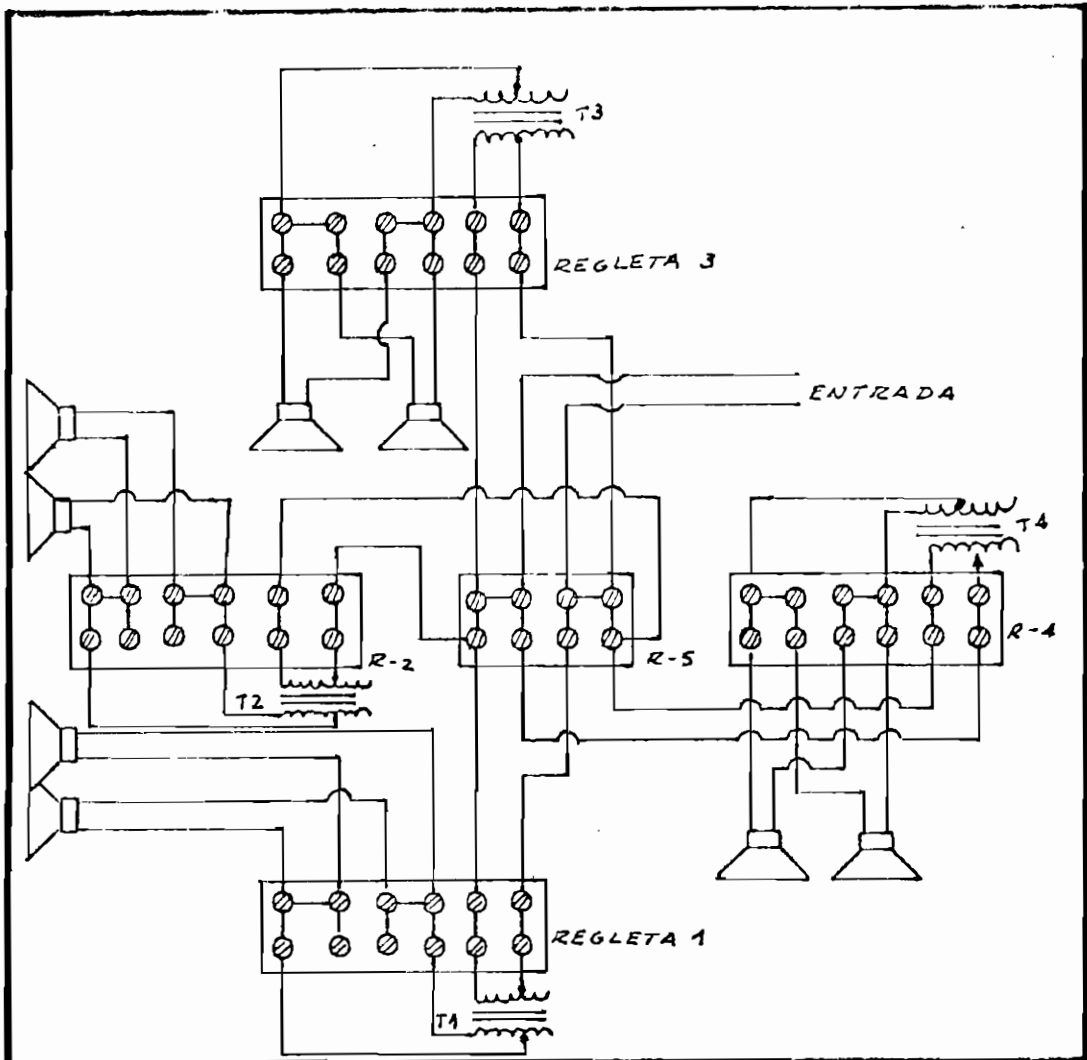


FIG. 3.3.35 Alambrado de cada piso.

Un amplificador de 250 watts excitará cada uno de los 48 parlantes a un nivel superior a los 5 watts, en un edificio

de 6 pisos. Es indudable que se necesitará una potencia de au dio mayor en un edificio más alto. La potencia adicional pue de obtenerse por medio de dos o más amplificadores intensifi- cadores, cuyas entradas queden en paralelo a sus salidas de tal manera que se alimenten a selectores de salida separados.

3.3.10. Arenas deportivas.

En la mayoría de estos sistemas, el racimo de bocinas está suspendido del techo, directamente sobre el ring o el es- cenario central. El cable del micrófono corre a través del racimo y el anunciante o animador del escenario puede hacerlo descender cuando sea necesario. Esta instalación se ilustra de manera sencilla en la Fig. 3.3.36.

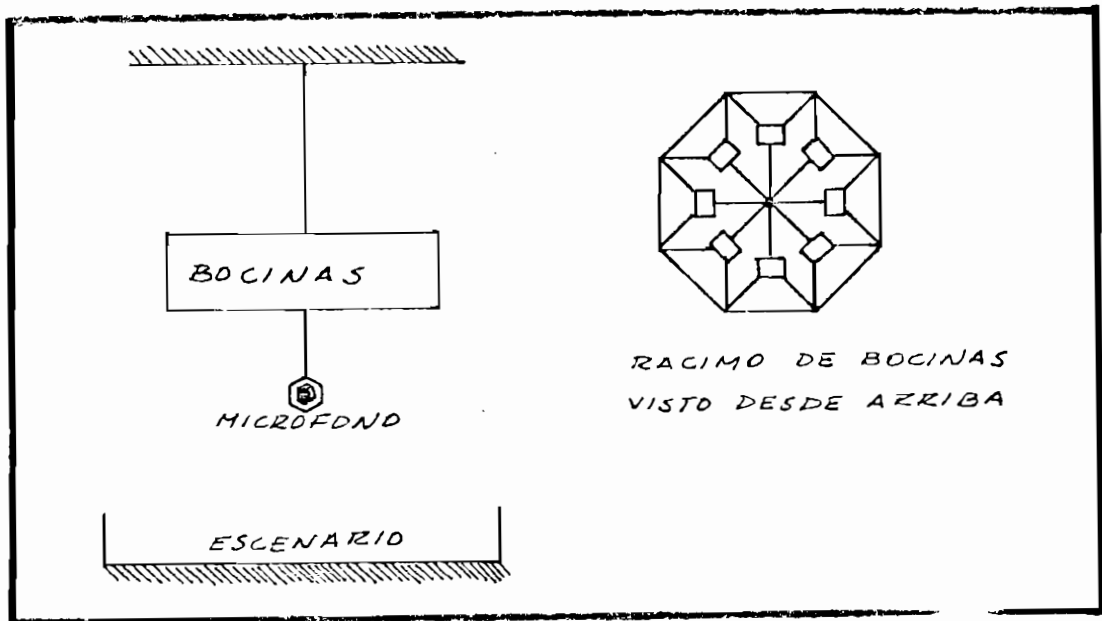


Fig. 3.3.36 Arreglo para un teatro redondo o ring de boxeo.

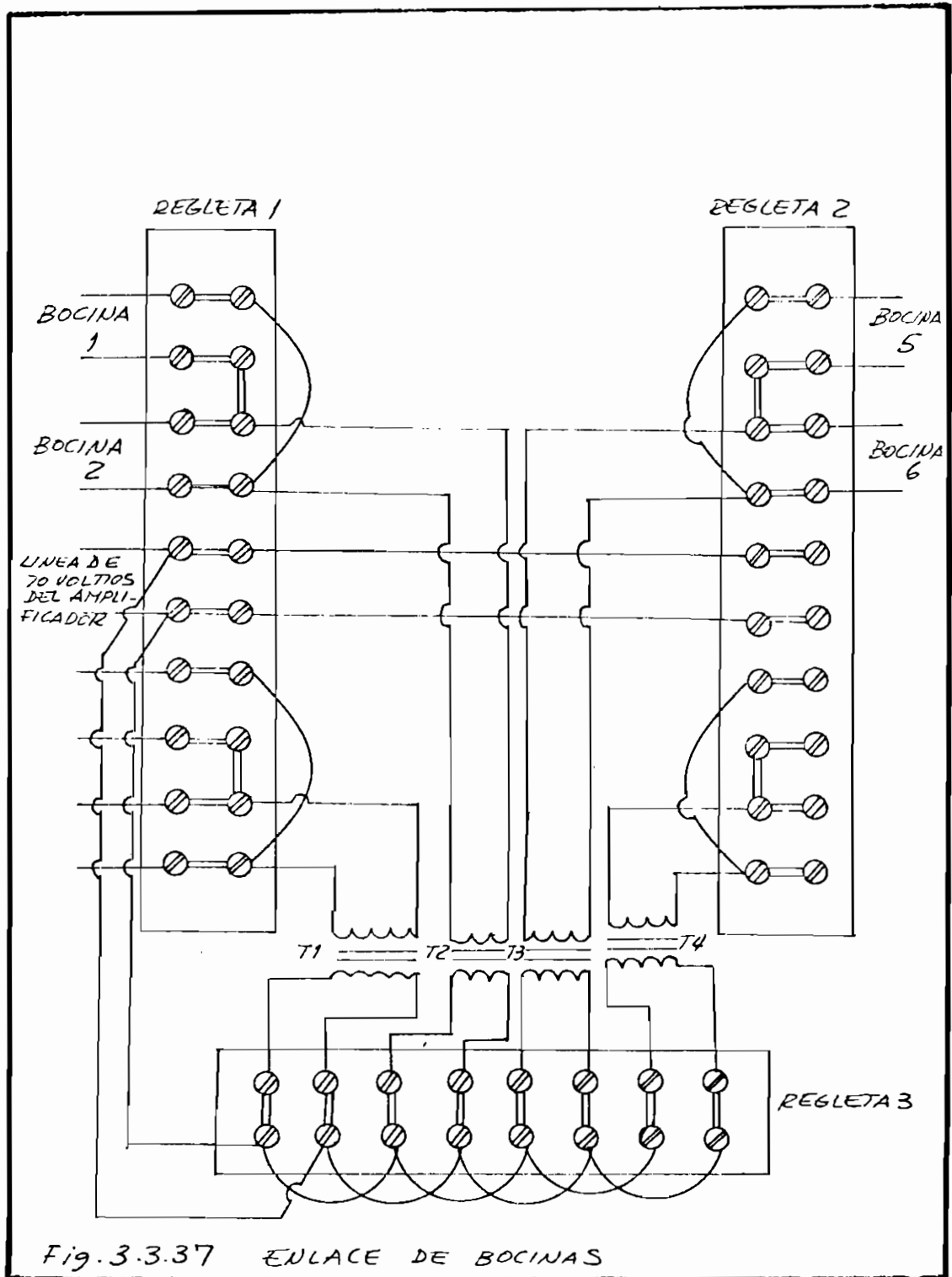
Como el racimo de bocinas está colocado directamente sobre el ring, se obtiene la ilusión auditiva y visual apropiada.

Puede utilizarse la misma técnica para la instalación de las bocinas o parlantes en los teatros en donde el escenario esté rodeado por el auditorio. No es necesario que el micrófono esté situado inmediatamente encima, a menos que se desee darle esa colocación. En vez de eso, los micrófonos pueden situarse en el piso y en torno al perímetro del escenario. Los actores pueden usar, también, micrófonos sostenidos manualmente.

Las bocinas pueden ser de tipo de cuerno o de cono (parlantes), colocadas en baffles apropiados.

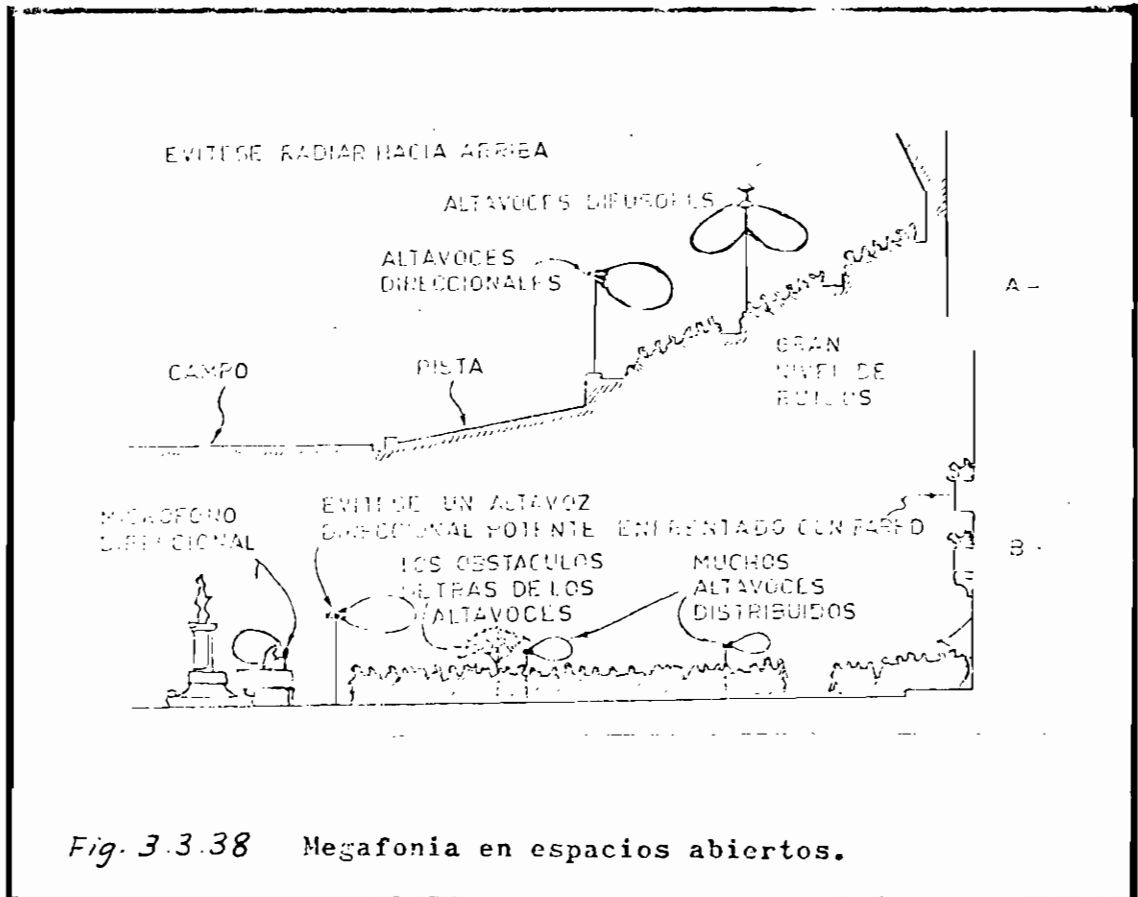
La Fig. 3.3.37 representa un diagrama de alambrado que muestra ocho bocinas conectadas a través de un bloque terminal de barrera y cuatro transformadores de línea a la salida de 70 voltios de un amplificador.

(Ver página siguiente.).



3.3.11. Megafonía en espacios abiertos.

En la Fig. 3.3.38 se indican dos situaciones acústicas semejantes: la radiación en un campo de deportes, cubierto o no, y la de un acto público en una plaza de una población.



En el caso del campo de deportes cubierto debe evitarse en todo lo posible radiar hacia arriba, pues en caso de producirse ecos dificultan la audición y si éstos no se producen la energía se pierde. Esta situación, análoga a la de una gran Iglesia, representa una absorción "unidad" del techo, por lo

que los radiadores deben ser bastante directivos para orientar su flujo sonoro solamente a los asistentes.

En ambos casos debe evitarse igualmente el empleo de altavoces potentes que se dirijan hacia una pared distante, pues se producen ecos muy molestos; en estos casos se emplea una multiplicidad de pequeños altavoces que cubran zonas pequeñas del auditorio y, a su vez, no radien hacia los micrófonos existentes, los cuales, a su vez, deberán tener una directividad acusada que no recoja la radiación de ningún altavoz ni las señales indeseadas, tales como ruidos del público. En estos casos no es necesario el empleo de amplificadores cuya banda sea muy amplia, basta que se recoja solamente la voz y se obtenga un nivel sonoro por encima del ruido del ambiente (grande) en unos 30 dB. Desde luego no se considera ruido ambiente el aplauso momentáneo o los gritos de entusiasmo en momentos determinados en que por otra parte no se escucha al comentarador u orador de turno.

En estos casos es conveniente el empleo de un micrófono de boca.

Como altavoces más indicados se mencionan los de bocina y las columnas sonoras o conjunto de varios altavoces en hilera.

3.3.11.1. Estadios.

Existen dos maneras básicas para distribuir el sonido hasta todos los asientos de un estadio o parque deportivo para juegos abiertos. Una manera consiste en instalar muchos parlantes individuales distribuidos entre la tribuna principal y los tendidos generales. Esta técnica adolece de ciertas desventajas, principalmente de la deformación de fases que resulta de la intercepción del sonido de un parlante y luego de otro. Otra forma consiste en instalar un racimo de parlantes o bocinas en el tablero de anotaciones, por ejemplo, o detrás del campo central de manera que el sonido de la impresión debe emanar de una sólo fuente.

En la Fig. 3.3.39 se aprecia un diagrama en bloque de un sistema de esta naturaleza.

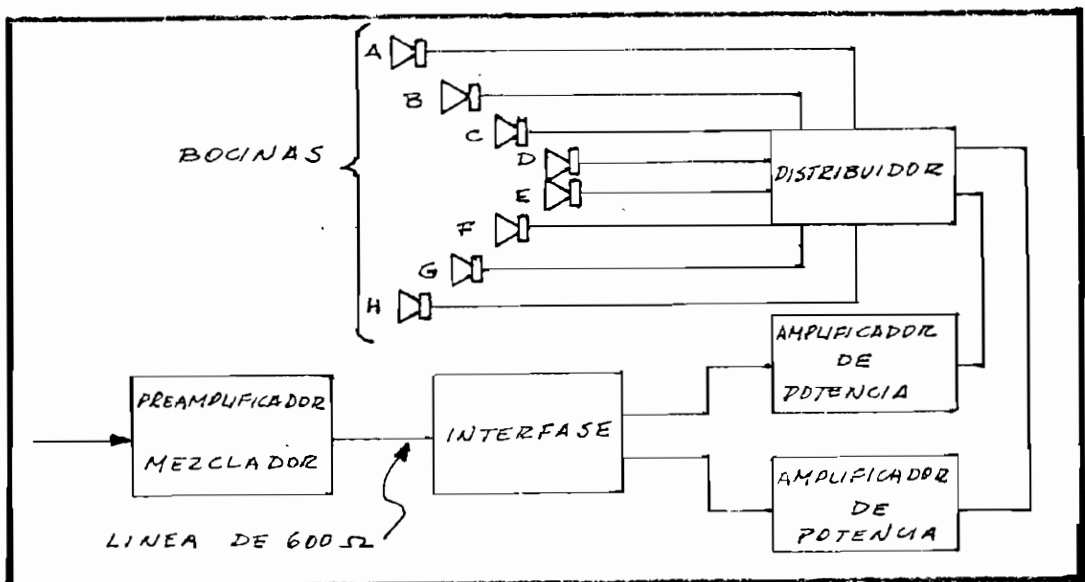


Fig. 3.3.39 Diagrama funcional de un sistema de sonido público para un estadio.

En este ejemplo el preamplificador - mezclador se ha instalado en el palco de prensa o en algún otro sitio desde el cual se domine el campo. Los amplificadores de potencia, por otra parte, deben quedar situados cerca de las bocinas. La salida del preamplificador - mezclador se alimenta por conducto de una línea balanceada (par telefónico, alambre de acometida telefónica o cable de par retorcido, blindado), a la

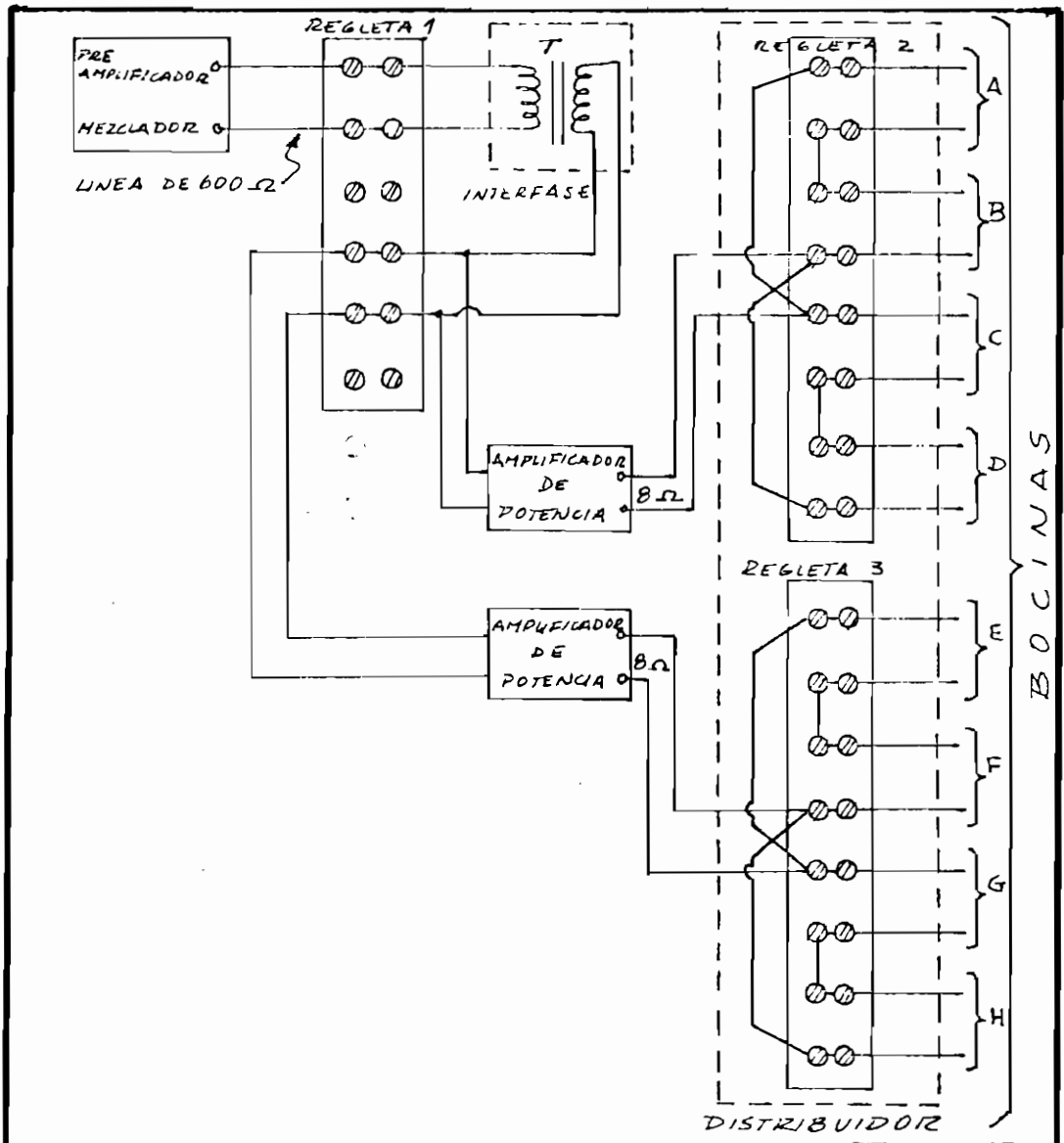


Fig. 3.3.40 Diagrama de alambrado de un sistema de sonido público para un estadio.

entrada de una unidad de interfase cuyas salidas de alimentan a las entradas de los amplificadores de potencia. La unidad de interfase (Fig. 3.3.40) puede estar constituida por un transformador elevador (primario de 150 o 600 ohmios) cuyo secundario esté conectado a las entradas de alta impedancia del amplificador de potencia.

Las salidas de 8 ohmios de los dos amplificadores de potencia alimentan, cada una de ellas, cuatro bocinas conectadas en serie/paralelo a través de un distribuidor de salida consistente en dos bloques de barrera terminales.

El voltaje que se necesita de los amplificadores de potencia depende del tamaño del estadio y de la eficiencia de las bocinas. En las instalaciones a cielo abierto se necesita una cantidad de potencia mucho mayor, porque ahí no hay ningún techo que refleje el sonido. Además, el viento puede modular el sonido y los aviones sobrevolantes pueden aumentar muchísimo el ruido de fondo.

C A P I T U L O 4

C O N C L U S I O N E S Y O B S E R V A C I O N E S

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con la finalidad de sintetizar y principalmente de establecer una guía de manejo de este estudio, es conveniente realizar un enfoque global del mismo, que permita un mejor aprovechamiento de todos los temas tratados.

En primer lugar, para el caso de un proyecto, el Ingeniero consultor deberá guiarse básicamente por un estudio previo, inicial, que le permita catalogar las necesidades básicas relacionadas con el centro a proyectarse. Para esto, se cita una guía en el Capítulo Primero, numeral 1.3 que resume los principales casos que podrían presentarse en un determinado centro. Además, como ayuda complementaria, deberán hacerse estudios de pre-diseño de los sistemas, pudiendo presentarse varias alternativas que deberán ser discutidas en relación a las infraestructuras disponibles.

Una vez determinado el sistema a proyectarse, es conveniente, hacer una revisión del posible diseño de la red de alimentación del sistema, y principalmente de las ubicaciones de los puntos terminales y secundarios, con los correspondientes chequeos del estado del local en casos de edificios terminados. Naturalmente, la tarea se facilita mucho visitando el local y

comprobando las condiciones y dimensiones del mismo. En el caso de un edificio nuevo, del que se tienen únicamente los planos arquitectónicos, es de mucha importancia comprobar que todos los ductos verticales para distribución de las redes estén dimensionados correctamente en los planos estructurales. Deberán, también trazarse sobre éstos los ductos horizontales y verticales secundarios con las asignaciones correspondientes del número de hilos por cable y el número de cables por ducto con el diámetro de éste. Se ha normalizado el uso de pares para las instalaciones telefónicas. Para la alimentación de las salidas y demás dispositivos de un sistema de sonido, deben asignarse el calibre de los conductores y la especificación de los mismos. Utilizando las normas dadas por el Instituto Nacional de Normalización INEN. Como guía de instalación puede consultarse el Capítulo Primero, numeral 1.2, en el que se encuentran normas y criterios generales.

Con ayuda de la cantidad de salidas del sistema, deberá, entonces, procederse al análisis y cálculos de tráfico para el dimensionamiento de los diferentes equipos, en el caso de los sistemas telefónicos; y la potencia, y medidas de control acústico, en el caso de sistemas de sonido. Para esto pueden tomarse los puntos 2.5.4 para lograr un conocimiento más o menos exacto del dimensionamiento de un equipo telefónico; y, en los puntos 3.3.1 para lo relacionado con sistemas de sonido. Tenién

dose en cuenta, siempre, posibles cambios en aumento o disminución del número de salidas, para lo cual debe darse un margen de tolerancia, tanto en el equipo como en la red de alimentación y distribución del sistema.

Un aspecto muy importante para el caso de no diseñarse los equipos completos, (cosa un poco extensa muchas veces), se debe entonces escoger entre los posibles equipos aplicables al sistema que pueden ser conseguidos en el mercado. Para tener bases críticas para un escogitamiento adecuado, deben saber interpretarse las especificaciones de los fabricantes, que, con cierta elegancia presentan la "sofisticación" de un equipo; para esto, pueden observarse los criterios citados en este estudio, relacionados principalmente con la interpretación de las especificaciones.

Debido a la extensión de los temas tratados es conveniente limitar un tanto las sugerencias; que, en la práctica están directamente relacionadas con el ingenio y visión de los Ingenieros Consultores.

Por último, y a manera de mensaje, me permito motivar la sensibilidad de los técnicos de este campo tan generalizado, para que se esfuercen y logren alcanzar una visión global de nuestras necesidades más urgentes, y sepan entregarse a un fe-

liz logro de los trabajos y proyectos básicos para nuestra armonía y desarrollo.

B I B L I O G R A F I A

BIBLIOGRAFIA: TONO I.

- A. Baenolli, G. Monti y I. Poretti. Tráfico Telefónico, Servicios Públicos, Desarrollo Nacional. (Wesport, Connecticut, U.S.A., 1973) P. 27-30.
- Arne Cavalli - Björkman. Sistemas de Telecomunicación. (Estocolmo: 1971).
- Barphone S.A. Sistema B 75 para intercomunicación telefónica. (Folleto publicitario).
- Bloomqvist y otros autores. Telecomunicación. (Estocolmo: 1973).
- Ericsson L.M. Manual Técnico. (F 1531 AND 151/1 Ue Dic. 60) P. 1-57.
- Ericsson L.M. Conmutador Manual de Abonado de BC con cordones y múltiple. ADF 301 y ADF 302. (F 155 ADF 301-302/3Ve Jun. 66) P. 1-10.
- Ericsson L.M. Planta de cables para instalaciones telefónicas. (40-7-90H May. 64) P. 1-12.
- Ericsson Review. Contestador Telefónico. (Extracto 959 No. 2 1955) P. 3-7
- Ericsson Review. Sistemas min BX (Extracto 1435 No. 2, 1964) P. 1-7.
- Ericsson L.M. Selectores y pasos de selección. (1551-4542 Ue, Mar. 69) P. 1-21.
- Ericsson L.M. Acomodamiento en los sistemas manuales de telefonía. (1551 4544 Ue, Oct. 70) P. 1-11.
- Ericsson L.M. Sistema de comunicación para hoteles. (LMS 10193 1969 - Folleto.)
- Ericsson L.M. PABX BSEP Technical Description. (6 1550-124 Ue, 1972 Folleto) P. 62.

- Ericsson LM. Cuadro conmutador manual a.B.C. (F 1551 ADK Sept. 65, Madrid.) P. 1-13
- Ericsson LM. Cuadros conmutadores manuales. (Folleto publicitario. Suecia: 1968).
- Ericsson LM. Centrales Telefónicas Manuales. Sistemas. (Suecia: 1968, Folleto publicitario.)
- Ericsson LM. Cuadros conmutadores BL tipo ABG 15. (Folleto publicitario. Suecia: 1968.)
- Ericsson LM. Cuadros conmutadores BL ABH-162 y ABK 20. (Suecia: 1970. Folleto publicitario.)
- Ericsson LM. Cuadros conmutadores BL portátiles ABH 101 - 103 (Suecia: 1970 Folleto publicitario).
- Ericsson LM. Cuadro conmutador manual de magneto con cordones y múltiple (Madrid: 1965) P. 1-10.
- Ericsson LM. Instalaciones de teléfonos domésticos. (Estocolmo: 1964. Catalogo 684) P. 105 -142.
- Ericsson LM PABX ARD 526 Cross Bar exchange (Suecia: 1975, Folleto 12/R 316 35).
- Ericsson LM PABX AKD 741 Code Switch exchange. (Suecia: 1975 Folleto 16/R 316 35 Ue.)
- Ericsson LM PABX AMD 516 Mini BX all relay exchange. (Suecia: 1975 Folleto 6/R 316 35 Ue.)
- Ericsson LM Central automática privada de abonado ARD 561. (Madrid: 1962 F 1551 Ard 561/2Ue) P. 1-20.
- Ericsson LM Technical Description 307 and 817. (Francia: 1974 NN 07001/02/01/6) PP. 1-26.
- Ericsson LM Implementos de redes. (Suecia: 1969 Catálogo 744).
- Ericsson LM. PABX AKE 735 Manual de Instalación. (Suecia: 1970 B 203 - 22 Ue).
- Ericsson LM. PABX ARD 530 Documentos e Instalación. (Suecia: 1974 B 207 05 Ue).

- I. T. T. Telecommunication Division To-100 EPABX. Electronic Switching. Telephone Engineer & Management.
(1976 - Marzo 15).
- I. T. T. Telecommunication Division TD-100. Time Division Multiplexing. Telephone Engineer & Management.
(1976 - Marzo 15).
- Fatme Brevetti Ericsson, 961601. Intercom System. (Roma: 1969).
- Liepold, Robert B. Telecommunications consultant. The Real World of Business Communications. (Clayton - Missouri. 1976).
- Schrack. Instrucciones de Empleo de Sistemas Domésticos y Porteros Eléctricos. (1968 - Marzo.) F. 202 im.
- Schrack, Intercomunicación de puerta, teléfonos domésticos.
(1969 - Marzo). F 202 i.

BIBLIOGRAFIA:

TOMO II.

- Babani. Recintos acústicos para altavoces de alta fidelidad.
(Madrid: 1978, 2da. Edición).
- Barquero Joaquin G. Electroacústica. (Madrid: 1967).
- Bensson. Amplificadores de baja frecuencia. (Madrid: 1976,
Paraninfo).
- Beranek, Leo L. Acoustic Measurements. (New York: Jhon Wiley
& Sons Inc. 1949).
- Bloomberg, Daniel J., W.O. Watson, and Michael Rettinger.
A Combination Scoring, Rerecording and Preview Studio,
(Journal of the SMPE, July 1947).
- Chauvigny Pierre. Recintos Acústicos Hi-Fi. (Madrid: 1977, Pa-
raninfo).
- Ericsson LM. Ericsson Centrum ZS Direct Voice Control Systems.
(Estocolmo: 1977).
- Ericsson LM. Instalaciones de Altavoces. (Estocolmo: 1966, Ca-
tálogo 689
- Ericsson LM. ZS Central de Comando. (Estocolmo).
- Marin M. La estereofonia en 20 lecciones. (Barcelona: 1968,
Marcombo).
- Markell y Stanton. Cómo instalar sistemas de alta fidelidad.
(Madrid: 1977, Paraninfo).

Rettinger, Michael. Acoustic Design Factors for Wide Screen Theaters. (Journal of the SMPTE, Jan. 1966).

Rettinger, Michael. Room Design and Noise Control. (New York: Chemical Publishing Co. Inc. 1968).

Sands Leo G. Manual del Instalador de Sistemas de Sonido. (México: 1973. Edit. Diana.)

Seto W. William. Acustica. (México: 1973, Mac Graw Hill).

Stark, Peter A. Transistorized Stereo Microphone Mixer. (Audio, Oct. 1963).

Svenska Radio Aktiebolaget. Transistoriserad Transportradio. (Stockholm. Folleto publicitario).

Folleto publicitarios de varios equipos y sistemas de sonido.