

**INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**ESCUELA DE TELEMÁTICA**

**OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL  
“ITSA” MEDIANTE LA HABILITACION E  
IMPLEMENTACION DEL EQUIPO DE ALTAVOCES  
EXTERNOS**

**POR:**

**CBOS. ORDÓÑEZ SÁNCHEZ LENIN  
CBOS. MOYOTA AYNAGUANO JOSE**

**Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del Título de:**

**TECNÓLOGO EN TELEMATICA**

**2001**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Srs. CBOS. ORDÓÑEZ SÁNCHEZ LENIN HERMEL y CBOS. MOYOTA AYNAGUANO JOSÉ, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGOS EN TELEMÁTICA.

21 de Diciembre del 2001

SGOS. ING. BASTIDAS HOLGER

## **DEDICATORIA**

Quiero dejar testimonio de Eterna gratitud a DIOS el Infinito Creador, a mis padres que con su trabajo tesonero año tras año me han brindado su apoyo en mi anhelo permanente de superación y a nuestra Honorable Institución por permitirme compartir con ustedes, los secretos de mi estudio.

Que con amor, sacrificio y confianza brindados supieron motivarme moral, material e intelectualmente en la delicada responsabilidad de crear nuevos y mejores objetivos para tener la mayor satisfacción en el trabajo diario.

Hoy después de un tiempo de haber aprendido más de la experiencia entre aciertos y errores pongo a vuestra consideración mi trabajo que tiene el propósito principal de aportar una información veraz y efectiva en el Instituto.

**CBOS. ORDÓÑEZ SÁNCHEZ LENIN HERMEL**

**CBOS. MOYOTA AYNAGUANO JOSE ANTONIO**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a mi Madre porque ha sido el pilar fundamental para la culminación de mis estudios, por ser la forjadora de mis días y por guiarme hacia el camino del bien y la superación profesional.

Al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico del cual hemos tenido las mejores enseñanzas; a nuestros maestros que supieron sembrar en nosotros sus fructíferos conocimientos día a día en el transcurso de nuestra etapa de aprendizaje, a nuestros compañeros que son fieles testigos de nuestros triunfos y fracasos y en especial a nuestro Tutor Sgos. Ing. Holger Bastidas, Director de Tesis.

Mi profundo agradecimiento a la Fuerza Aérea Ecuatoriana quien me dio la oportunidad de ingresar a sus filas y depositar en mí la confianza para el desempeño de todas las prácticas dentro de mi Especialidad TELEMÁTICA.

**CBOS. ORDÓÑEZ SÁNCHEZ LENIN HERMEL**

## INDICE GENERAL

TEMAS	Pag.
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>PROBLEMA</b>	
1.1. Planteamiento del Problema .....	1
1.2. Objetivos: .....	2
1.2.1. Objetivos Generales. ....	3
1.2.2. Objetivos Específicos .....	4
1.3. Justificación. ....	5
<b>CAPITULO 2</b>	
2.1. Principios de Transmisión de Voz y Potencia Precisa en alta Fidelidad.....	6
2.1.1. Conceptos Fundamentales.....	7
2.1.2. Introducción a la Teoría de las Comunicaciones.....	8
2.1.3. Relación entre los Parámetros Físicos y Subjetivos del Sonido.....	9
2.1.4. Escala de Sonoridades.....	10
2.1.5. Medición del Nivel de Presión Sonora.....	11
2.1.6. Formantes del Sonido.....	12
2.1.7. Estereofonía .....	13
2.2. Micrófonos.....	14
2.2.1. Características Principales.....	15
2.2.2. Clases de Micrófonos.....	16
2.2.3. Otros Tipos de Micrófonos.....	17
2.3. Relación Señal Ruido.....	18
2.3.1. Tipos de Ruido.....	19
2.3.2. Impedancia de Entrada.....	20
2.3.3. Distorsión Armónica Total.....	21
2.3.4. Distorsión-Intermodulación.....	22
2.3.5. Impedancia de Salida.....	23
2.3.6. Factor de Amortiguamiento.....	24
2.4. Amplificadores.....	25
2.4.1. Generalidades.....	26
2.4.2. Preamplificadores.....	27
2.4.3. Influencia del Amplificador en el Sistema de Sonido.....	28
2.4.4. Conformador de Señal.....	29
2.4.5. Controles de Tono.....	30
2.4.6. El Compensador.....	31
2.4.7. Filtros.....	32

2.4.8. Tipos de Amplificadores.....	33
2.4.9. Selector de Altavoces.....	34
2.4.10 Potencia de Salida.....	35
2.4.11. Banda de Potencia.....	36
2.5. Altavoces y Cajas Acústicas.....	37
2.5.1. Principio de Funcionamiento.....	38
2.5.2. Sistema Radiante.....	39
2.5.3. Tipos de Altavoces.....	40
2.5.4. Recintos Acústicos.....	41
2.5.5. Evaluación de Altavoces.....	42
2.5.6. Interpretación de los Resultados.....	43
2.5.7. Impedancia.....	44
2.5.8. Respuesta en Frecuencia.....	45
2.5.9. Distorsión Armónica.....	46
2.5.10. Diseño de Un Recinto Acústico Tipo Infinito.....	47
2.5.11. Determinación del Q (Factor de Amortiguamiento de Altavoz).....	48

### **CAPITULO 3**

#### **SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

3.1. Selección de los Equipos de Transmisión.....	49
3.1.1. Estudio de Funcionamiento.....	50
3.1.2. Ventajas y Desventajas.....	51
3.2. Evaluación del Sistema de Transmisión.....	52

### **CAPITULO 4**

#### **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS GENERALES**

4.1. Amplificador de Potencia.....	53
4.2. Altavoces.....	54
4.3. Cables.....	55
4.4. Interruptores para cada Aplicación.....	56

### **CAPITULO 5**

#### **DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA**

5.1. Diseño del Sistema.....	57
5.2. Implementación del Sistema.....	58

### **CAPITULO 6**

#### **PRUEBA DE OPERABILIDAD Y EFICIENCIA**

6.1. Verificación de Continuidad en el Cableado.....	59
6.2. Verificación de Ohmiaje en los Equipos de Altavoces.....	60
6.3. Verificación de Potencia en los Equipos.....	61

6.4. Verificación de Funcionamiento de todo el Equipo.....	62
--	----

**CAPITULO 7**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

7.1. Análisis de Potencia de Salida de Altavoces.....	63
7.2. Lecturas Obtenidas.....	64

**CAPITULO 8**  
**MARCO ADMINISTRATIVO**

8.1. Cronograma.....	65
8.2. Presupuesto.....	66

**CAPITULO 9**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

9.1. Conclusiones.....	67
9.2. Recomendaciones.....	68
9.3. Anexos.....	69
9.4. Diagramas.....	71
9.5. Otros.....	72
9.5.1. Ventajas.....	73

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

En vista del constante desarrollo tecnológico hemos visto la necesidad de optimizar el Sistema de Información del ITSA mediante la Habilidad e implementación del Equipo de Altavoces Externos ha sido realizado tomando en consideración varios aspectos de funcionamiento correspondientes a los Amplificadores de Potencia, Altavoces, Cajas Acústicas, Cables de Transmisión de Voz y a algunos Conceptos de Acústica.

Como veremos en el desarrollo de los capítulos tomaremos muy en cuenta los requerimientos generales del Equipo que vamos a Habilitar así como también los requerimientos y Características Generales del Equipo que hemos implementado en el cumplimiento de los objetivos de tal forma que cubra con las expectativas y el alcance de la presente Tesis.

### **1.1- Planteamiento del Problema**

En vista de la falta de un servicio de información y comunicación que cubra las necesidades de todo el personal del Instituto hemos orientado el presente proyecto al campo de la información externa del “ITSA”, cuyos beneficiarios directos serán las autoridades, personal docente, personal administrativo, alumnos militares, civiles y empleados civiles, de tal forma que este proyecto cubrirá las expectativas y objetivos que nos hemos propuesto, para lo cual hemos tomado como base el antiguo sistema de Información que se encontraba deshabilitado y hemos implementado el sistema en varias

áreas que no contaban con este servicio para lo que hemos utilizado un amplificador de potencia.

## **1.2- Objetivos:**

### **1.2.1- Objetivo General.**

Habilitar e Implementar el Sistema de Altavoces externos para el “ITSA”, de esta manera lograremos que la información fuera del edificio sea rápida y contribuya al desarrollo e implementación y optimización de los recursos disponibles en el “ITSA”.

### **1.2.2- Objetivos Específicos.**

- ❖ Habilitar e Implementar el Sistema de Altavoces Externos.
- ❖ Satisfacer las necesidades de Información existentes fuera del edificio para hacer más eficiente la localización de cualquier persona en forma rápida.
- ❖ Lograr que los miembros del “ITSA” se informen de las actividades diarias planificadas y no planificadas con el uso de los altavoces.
- ❖ Dar aviso de EMERGENCIA en el exterior del edificio a todo el personal del “ITSA” militares y civiles.
- ❖ Informar de forma rápida y eficiente a las personas que son requeridas en la Prevención del “ITSA”.

### **1.3- Justificación.**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de la Fuerza Aérea es un centro de educación Superior que entre otras actividades, imparte conocimientos en Telemática; técnica donde se conjugan la información y las telecomunicaciones. En tal sentido siendo esta especialidad, parte sustantiva de la comunicación, tanto entre personas como entre ordenadores y una rama muy activa del desarrollo técnico que engloba cada día más tipos de servicios operativos, se ha creído conveniente que el personal de alumnos militares y civiles, instructores, padres de familia, empleados civiles y más personas que necesitan los servicios de información tenga acceso a un sistema de información inmediato, eficiente y eficaz de tal manera que en un tiempo mínimo exista el contacto entre el buscador y el buscado.

Se estima como lo más adecuado, que todas las personas mencionadas tengan acceso a receptar llamadas desde el exterior (Prevención "ITSA"), a los distintos lugares de permanencia del personal que trabaja o estudia en el "ITSA", este sistema sería a través de parlantes (Megáfonos), con suficiente potencia de salida, ubicados entre las villas de alumnos, auditorio, cafetería, sitios de recreación, comedor, prevención y talleres, para que escuchen de manera inmediata que en la central de información, prevención o cualquier otro lugar necesitan de su presencia. No se incluyen los parlantes en aulas, dormitorios y lugares que están reservados debido a que no son recomendables para que sean implementados porque interrumpen con el normal desarrollo de las actividades docentes y administrativas.

Estas acciones crearán un impacto positivo a la buena imagen externa de la institución y de manera especial a quienes dirigen y administran el instituto, desde los distintos puestos de trabajo donde se planifica el futuro de la misma; en este sentido se espera contribuir en forma práctica y efectiva con el desarrollo de las comunicaciones entre todos los que hacemos el “ITSA”.

## **CAPITULO 2**

### **2.1- Principios de Transmisión de Voz, Potencia Precisa en Alta Fidelidad.**

#### **2.1.1- Conceptos Fundamentales**

##### **Acústica**

##### **El sonido**

El sonido se define como el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico como el aire. La propagación de las ondas sonoras a través del aire se efectúa en ambas direcciones (longitudinal y transversal).

Según la definición dada, podemos considerar el sonido en un doble aspecto:

- Como un fenómeno físico.
- Como un fenómeno fisiológico.

Desde el punto de vista del técnico o especialista en electroacústica, el fenómeno físico es, sin duda, el que ofrece mayor interés.

## **El sonido como fenómeno físico**

Antes de entrar en materia conviene distinguir entre sonido (movimiento vibratorio) y sensación sonora (efecto que produce en el órgano auditivo). El sonido posee una serie de propiedades que no son análogas a las que posee la sensación sonora.

Para la producción de un sonido no es suficiente la presencia de un cuerpo que vibre, sino además es preciso que dicho cuerpo se encuentre dentro de un cuerpo material adecuado en el cual pueda propagarse.

## **Velocidad de propagación del sonido**

La velocidad de propagación del sonido es constante para cada medio de propagación y tan solo depende de éste.

Si llamamos  $\lambda$  a la longitud de onda (distancia recorrida por un frente de onda en un tiempo igual a un periodo) y sabiendo que:

$$velocidad = \frac{espacio}{tiempo}$$

podemos deducir que la velocidad de propagación  $v$  del sonido en un medio dado es igual a

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

## **El sonido como fenómeno fisiológico**

Desde el punto de vista fisiológico, el sonido es una perturbación del medio que, al alcanzar el oído, produce la sensación auditiva.

Los sonidos audibles pueden ser periódicos o pseudoperiódicos, con o sin carácter musical, o también no periódicos (ruidos). Los sonidos periódicos podemos distinguirlos por su tono, que aumenta cuando se pasa de los sonidos graves (bajas frecuencias) a los sonidos agudos (altas frecuencias), por su timbre y por su intensidad.

Por otra parte el oído humano es capaz de responder a frecuencias comprendidas entre 20 y 20000 Hz y es capaz, en unión del sistema nervioso, de analizar las frecuencias con una gran selectividad, es decir es capaz de detectar un sonido en particular en presencia de un intenso ruido de fondo.

## **Difracción de las ondas sonoras**

Las ondas emitidas por el diapasón no avanzan en línea recta más allá del orificio, sino que parecen dispersadas en todas direcciones. Este efecto toma el nombre de difracción o dispersión. Cuando una onda sonora es interceptada por un obstáculo (una rendija, un agujero, etc.) todos los puntos de ésta afectados por la perturbación sonora se convierten a la vez en centros emisores de ondas esféricas coherentes elementales. El nuevo frente de onda, al separarse del obstáculo, aparece como la envolvente de las diversas ondas elementales.

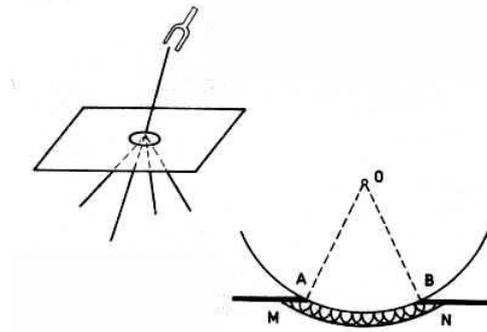


Fig. 13 y 14

## Resonancia

El fenómeno de la resonancia aparece en todos los campos de la física; así se tiene la resonancia mecánica, eléctrica, óptica, etc. Este importante fenómeno se produce siempre que un sistema recibe una perturbación periódica de frecuencia igual a la frecuencia propia del sistema.

En acústica, las cuerdas vibrantes y los tubos sonoros se caracterizan por una frecuencia propia. Así, si disponemos dos cuerdas idénticas separadas una de otra por una corta distancia, podríamos observar que al pulsar una de ellas la otra entra en vibración con una frecuencia igual a la primera, es decir ha entrado en resonancia.

## Efecto Doppler

El efecto Doppler consiste en la vibración de la frecuencia de un sonido cuando el emisor, el observador o ambos están en movimiento. Se distinguen tres casos fundamentales de efecto Doppler:

- a) Emisor parado y observador en movimiento.
- b) Emisor en movimiento y observador parado.
- c) Emisor y observador en movimiento.

Un ejemplo clásico de la producción del efecto Doppler se tiene cuando nos cruzamos con un ferrocarril en marcha y silbando. El sonido percibido por nuestro oído cambia de tono a medida que el tren se acerca o se aleja del punto en el que nos encontramos.

## **1.1.2- Introducción a la Teoría de las Comunicaciones**

### **Nociones Generales de Acústica**

#### **Clasificación de los Sonidos**

La vibración producida por un diapasón en vibración libre es aproximadamente un sonido puro o una vibración armónica simple o sinusoidal. La vibración producida por un instrumento musical, y en general todo sonido definido por un tono y un timbre, es un sonido complejo de carácter periódico. Si la vibración es de características rápidamente cambiantes sin tono ni timbre definido es considerada como un ruido.

En el pasado era normal distinguir los ruidos de los sonidos musicales. La distinción entre dos categorías actualmente ha perdido interés. En efecto, la música recurre muchas veces a vibraciones no periódicas y considera que todo fenómeno sonoro puede

tener valor musical y en el plano subjetivo en algunas circunstancias la melodía más agradable puede interpretarse como un ruido insoportable.

## Sicoacústica: Función Auditiva

### Estructura del Oído Humano

El oído es el órgano receptor que convierte el estímulo acústico en sensación sonora. Se compone de tres partes: el conducto auditivo externo, el oído medio y el oído interno

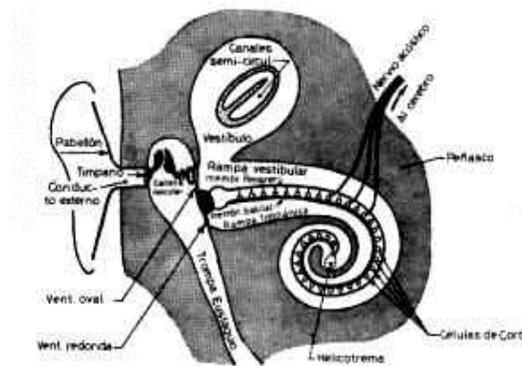


Figura 1.12 Corte esquemático del oído humano. Los canales semicirculares, que constituyen el sistema del equilibrio, no participan en la función auditiva.)

El conducto auditivo está cerrado interiormente por la membrana timpánica. Exteriormente termina en el pabellón u oreja que actúa de colector del sonido.

El oído medio consiste en una cavidad con cuatro ventanas: La timpánica, la oval, la redonda, cerradas por una membrana y la ventana que comunica con la garganta a través

de la trompa de Eustaquio. Esta última, normalmente cerrada, se abre en los momentos de la deglución. Entre la membrana timpánica y la ventana oval existe un puente de unión formado por la cadena de huesecillos: martillo, yunque y estribo. Las ventanas oval y redonda son los accesos al oído interno.

El oído interno está formado por un túnel con tres canales arrollado en forma de caracol (figura 1.13), en el canal o rampa vestibular, el canal o rampa timpánica y entre los dos canales está el canal coclear, en el interior del cual está alojada la parte más noble del oído: el órgano de Corti. Los tres canales están rellenos de líquido linfático (peri linfa y endolinfa).

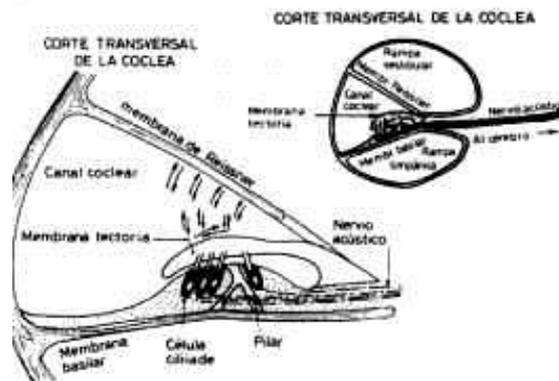


Figura 1.13 Corte esquemático del túnel coclear. La membrana basilar comunica su movimiento transversal a la membrana tectoria a través de la endolinfa y son excitadas por contacto las células ciliadas de órgano de Corti.

El sonido que se propaga a través del conducto auditivo extremo pone en vibración la membrana timpánica y a través del juego de palancas de la cadena osicular la vibración

alcanza la platina del estribo, el líquido ínter coclear que rellena los canales y la membrana basilar.

### **2.1.3- Relación entre los Parámetros Físicos y Subjetivos del Sonido**

Según la antigua ley de Weber – Fechner la sensación sonora o sonoridad  $S$  es proporcional al logaritmo del estímulo.

La intensidad de referencia (corresponde aproximadamente al umbral de audición a 100 Hz).

En la actualidad normal ISO (International Standard Organization, se ha establecido que para intensidades medias y a 1000 Hz

### **2.1.4- Escala de sonoridades**

Esta basada en las observaciones siguientes:

- a) La audición de un mismo sonido, en un campo de ondas planas progresivas, con los dos oídos, supuestos igualmente sensibles, da lugar a una sensación dos veces más acusadas que la audición de dicho sonido utilizando un solo oído. Esto permite establecer una escala verdadera de sonoridad procediendo como sigue: Se ajusta una fuente sonora para obtener una presión  $p_1$ , con lo cual se obtiene una sonoridad  $S_1$  con los dos oídos destapados. A continuación se tapa un oído, con lo cual la

sonoridad disminuye a la mitad. Seguidamente se aumente la presión sonora hasta el valor  $p_2$  que permita apreciar al oído destapado la misma sonoridad  $S_1$  que se percibía con los dos oídos destapados.

A continuación se dejan los dos oídos destapados y la sonoridad obtenida será  $2S_1$ .

Repitiendo el proceso anterior podrá establecerse una escala aritmética de sonoridades  $s, 2S, 4S$ , etc. la unidad adoptada es el son, que es la sonoridad de una señal de 1000 Hz a 40 dB de nivel de presión.

b) Si dos sonidos a los que suponemos e frecuencias muy diferentes para que correspondan a dos bandas críticas suficientes separadas, se regulan de tal modo que produzcan una misma sonoridad  $S$  si la recepción es por separado, cuando los escuchamos simultáneamente originan una sensación  $2S$ . Esto permite sumar las sonoridades de bandas de ruido muy separadas.

### **Escala de niveles de sonoridad**

El nivel de sonoridad de una señal acústica cualquiera coincide con el nivel de presión sonora de una frecuencia de 1000 Hz que tenga la misma sonoridad que la señal. Se expresa en phon. Así, un ruido con la misma sonoridad que una señal de 1000 Hz cuyo nivel de presión es 60 dBSPL, tiene un nivel de criterios diferentes.

Las sonoridades de las bandas que no se interfieren son sumables, cosa que no ocurre con los niveles de sonoridad.

### **2.1.5- Medición del nivel de presión sonora.**

#### **Curvas ponderadas**

Para la valoración del nivel de presión sonora eficaz se utiliza un instrumento (sonómetro) constituido esencialmente por un micrófono de respuesta plana, una red de ponderación, un amplificador y un instrumento de lectura. La señal amplificada es rectificadora y promediada para obtener el valor eficaz (RMS) y finalmente este valor es convertido en nivel de presión y expresado en dB.

Existen tres redes de ponderación, A, B y C, para simular aproximadamente la sensibilidad del oído a los sonidos puros de bajo nivel (40 dB), medio (70 dB) y alto (100 dB) nivel.

La curva de sensibilidad es la característica nivel de sonoridad-frecuencia para un determinado nivel de presión. Viene a ser la curva inversa de la isofónica o curva de igual sonoridad.

Las lecturas del nivel sonoro se expresan en dBA, dBB o dBC según la red de ponderación utilizada. A partir de estas lecturas puede obtenerse cierta información respecto a la distribución espectral del ruido. Si el nivel sonoro es el mismo para las redes A, B y C, la energía sonora es posiblemente predominante para las B y C, el sonido predominante está comprendido entre las frecuencias 150 y 1000 Hz. Finalmente si el nivel sonoro es mayor en las frecuencias inferiores a los 150 Hz.

Estas redes, como se ha indicado, sólo son validas para medir niveles de sonoridad de tonos puros aislados pero no son adecuadas para sonidos complejos, ya que el medidor de nivel no da la valoración en unidades de sonoridad ni tiene en cuenta los efectos de enmascaramiento.

Para la valoración correcta de sonoridad se parte de los niveles de presión de cada banda de frecuencias del espectro del ruido y para ello se utiliza el medidor de nivel con características de respuesta plana e intercalando por conmutación filtros de media o de tercios de octava.

Actualmente se utiliza la escala A para la ponderación del ruido en los equipos de baja frecuencia y se ha generalizado su uso para la valoración de la nocividad del ruido, dado que los sonidos de baja frecuencia son menos agresivos que los de alta frecuencia y por lo tanto los sonidos agudos son más representativos en la medida de nocividad, que los sonidos graves.

### **2.1.6- Formantes del Sonido**

En 1894 L. Herman propuso llamar formantes a los grupos parciales que son preponderantes en cualquier instrumento generador de vibraciones, entre ellos el de la voz humana, debido a la presencia de cavidades resonantes caracterizada de cada instrumento. Así, la vocal \*e\* está caracterizada por dos zonas de resonancia (zonas formantes) situadas entre las frecuencias 400 y 600 Hz para el primer formante y entre 2200 y 2600 para el 2.º

Cada vocal está esencialmente determinada por dos formante a los cuales se le añade un tercero muy impreciso.

### 2.1.7- Estereofonía

Es la sensación tridimensional del espacio sonoro, es decir la percepción de ubicación de un ente sonoro real o virtual en este espacio.

La estereofonía ha quedado reservada únicamente a la creación de entes sonoros virtuales por restitución electroacústica.

Los parámetros que define el efecto direccional de un ente sonoro en una reproducción convencional con dos fuentes de señal  $F_i$  y  $F_d$  son:

a) La diferencia de los niveles de intensidad  $\Delta N$ , producidos por los rayos directos  $l_i, t_i$  y  $l_d, t_d$  sobre los oídos izquierdo y derecho respectivamente.  $\Delta N_1 = 10 \log l_i/l_d$ .

b) La diferencia de tiempo  $\Delta t$  entre las señales anteriores recibidas en cada oído

$$\Delta t = t_i - t_d$$

c) El efecto aditivo de los rayos cruzados  $l_{id}, t_{id}$  y  $l_{di}, t_{di}$ . Su presencia limita el campo de audición al formado por el auditor y las fuentes  $F_i$  y  $F_d$ .

d) El índice de nitidez de la sala de audición. El valor máximo se obtienen para tiempos de reverberación de 50 ms. Tiempos de reverberación superiores a 0,5 segundos no son aconsejables para la reproducción estereofónica debido al efecto enmascarable del campo.

## 2.2- Micrófonos

### 2.2.1- Características Principales

Los micrófonos son transductores de señal acústica en señal eléctrica y están caracterizados por su

Sensibilidad

Fidelidad

Directividad

Impedancia interna

Ruido de fono

La sensibilidad  $M$  es la relación entre la tensión eléctrica expresada en voltios obtenida en bornes del micrófono en circuito abierto y la presión sonora expresada en pascal (Pa) [ $1 \text{ pascal} = 1 \text{ newton/m}^2 = 10 \text{ dina/cm}^2 = 10 \text{ ubar/cm}^2$ ], que actúa sobre la membrana a 1000 Hz. El nivel de sensibilidad  $L_m$  es la relación expresada en dB entre la sensibilidad  $M$  y la sensibilidad de referencia  $M_r$ , (1 V/Pa)

La impedancia interna depende de la técnica de construcción del micrófono. Si la impedancia es baja, la línea que une el micrófono con el preamplificador puede ser de gran longitud, mientras que una línea corta, pues hay que tener en cuenta el efecto de capacidad del cable apantallado sobre la característica de respuesta y además el peligro de inducción de señales parásitas.

Para no alterar la característica de respuestas del micrófono y mantener la máxima relación señal/ruido; la impedancia de carga ha de ser de 3 a 10 veces la impedancia interna. Es el sistema de adaptación por tensión.

**Ruido.-** Es una característica intrínseca a toda fuente de señal, debida a causas diversas.

Existen varios criterios de ponderación de ruido. Todos ellos tienden a desvalorizar las componentes del sonido de muy alta o baja frecuencia del espectro audible para las que el oído tiene muy poca sensibilidad. Es muy importante para la evaluación del ruido, el grado de incidencia del mismo sobre la relación señal/ruido a la entrada del preamplificador.

### **2.2.2- Clases de Micrófonos**

Según la técnica de conversión de la señal acústica en eléctrica y en una primera selección, consideraremos los siguientes tipos de micrófonos:

**Electrodinámicos:** de bobina móvil y de cinta. **Electrostáticos:** de condensador y electret.

Estos micrófonos son los habitualmente utilizados en alta fidelidad. Al final de este capítulo daremos una relación de los otros tipos existentes en el mercado.

Generalmente están constituidos por una membrana y un sistema traductor mecano-eléctrico asociado a la misma que convierte la presión sonora en señal eléctrica.

Según la característica direccional, se clasifican en omnidireccionales, bidireccionales y unidireccionales.

### **Micrófonos omnidireccionales**

Recogen la señal acústica procedente de todas las direcciones, más o menos uniformemente pero dentro de un área de tolerancia.

El sistema de montaje permite que sólo una cara del diafragma sea accesible a la presión exterior (figura 2.3).

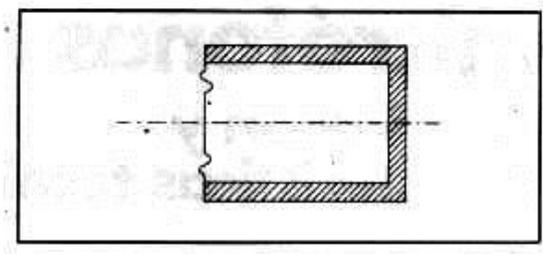


Figura 2.3 Corte esquemático de un micrófono de presión. La presión sonora sólo se ejerce en la cara exterior del diafragma. La característica de directividad es omnidireccional

Son adecuados en todas aquellas instalaciones donde no existe el problema de la retroalimentación acústica y en los casos en que el usuario deba moverse constantemente. Generalmente la gráfica de respuesta, tiende a decrecer a frecuencias altas debido a efectos de difracción y a medida que aumenta el ángulo de incidencia. Los micrófonos colgados del cuello son de tipo omnidireccional con una acentuación muy marcada entre las frecuencias

2000 y 6000 Hz para compensar esta deficiencia y una atenuación en los tonos graves para corregir en la palabra el efecto enmascarante de las bajas frecuencias.

El sistema de conversión de la señal acústica en eléctrica asociado a la membrana se acciona unas veces por el desplazamiento de la misma y otra posterior, atenuando los sonidos que provienen de ambos lados y también los de las partes superior e inferior. El sistema de montaje de la membrana permite que ésta sea accesible por las dos caras a la presión sonora. La fuerza resultante que actúa sobre el diafragma depende de la diferencia de presión entre ambas caras.

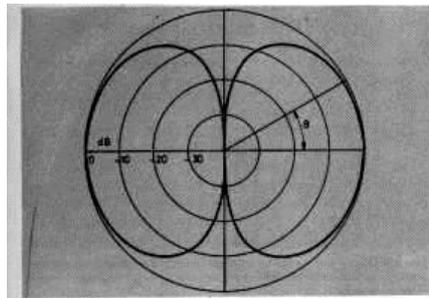


Figura 2.5 Característica de directividad de un micrófono bidireccional

En las frecuencias bajas se produce un aumento de respuesta debido al efecto de proximidad característico de todos los micrófonos direccionales, lo que tiende a alterar el timbre de la voz cuando la distancia entre los labios del locutor y el micrófono es muy pequeña. Es el micrófono ideal en los casos en que dos usuarios o grupos se encuentran en lados opuestos al mismo. Resuelve el problema de la realimentación acústica en espacios con techos no tratados acústicamente o bien cuando los altavoces están situados a ambos lados del micrófono. Se les conoce también con el nombre de micrófonos de gradiente de presión. El diagrama direccional tiene la forma de  $\infty$  (figura 2.5).

## Micrófonos unidireccionales

Son del tipo mixto, de presión y de gradiente de presión. El efecto unidireccional se logra mediante la combinación de una resistencia y una cavidad que actúan como una línea de retardo. Estos micrófonos recogen principalmente los sonidos procedentes de la parte frontal, mientras que los de la parte posterior quedan muy atenuados (de 10 a 20 dB).

La teoría del funcionamiento del micrófono unidireccional es similar al bidireccional con la diferencia de que al tiempo de retardo. Estos micrófonos recogen principalmente estudiado hay que añadir otro tiempo fijo (independiente del ángulo  $\theta$ ) en el micrófono unidireccional. debido a la adición del circuito de retardo o defasador.

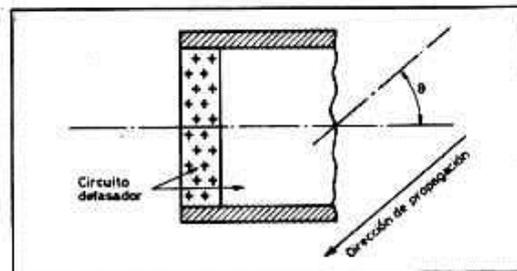


Figura 2.7 Corte esquemático de un micrófono mixto, de presión y de gradiente de presión.

Una resistencia y una compliancia acústicas en la parte posterior del micrófono producen un retardo tal. entre las dos presiones que actúan sobre la membrana, que se logra el efecto

direccional

Una forma de obtener un diagrama unidireccional, es utilizar dos micrófonos, un bidireccional y un omnidireccional y sumar las tensiones de salida.

Con el eje de la membrana en la dirección vertical; los micrófonos direccionales tienen una característica omnidireccional en el plano horizontal.

### **Micrófono de bobina móvil**

Está constituido por una bobina solidaria al diafragma y alojada en el interior del entrehierro anular de un imán permanente.

### **Micrófono de cinta**

El conductor móvil está constituido por una cinta de aluminio ondulada de 2 a 5  $\mu\text{m}$  de espesor, de 3 a 4 mm de anchura y unos 5 cm de longitud, y está alojada en el entrehierro recto de un imán permanente (figura 2.12).

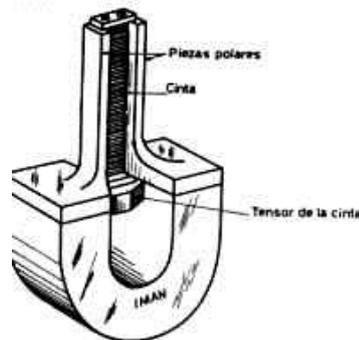


Figura 2.12 Aspecto interior de un micrófono de cinta y corte transversal de la cinta y las piezas polares.

La teoría del funcionamiento es la del micrófono de bobina móvil de gradiente de presión.

## **Micrófonos de capacidad**

Se reserva esta designación al micrófono electrostático con la fuente de polarización exterior. Por tanto no posee la autonomía del micrófono dinámico. El circuito básico comprende el condensador  $C$  cuya membrana representa la armadura móvil, una fuente de tensión exterior  $E_0$  y una resistencia de carga  $R$ . Por lo general  $C$  es del orden de 5 a 100 pF. La distancia entre las armaduras es del orden de 0,03 mm.  $E_0$  está comprendida entre 60 y 300 V y  $R$  es del orden de los 100 M $\Omega$ .

Como el sistema mecánico está controlado por rigidez, el desplazamiento del electrodo móvil que crea las variaciones de capacidad debido a las variaciones de la presión sonora es independiente de la frecuencia. La reducción de alta a baja impedancia se realiza con un transistor de efecto de campo (FET) conectado en seguidor de surtidor.

La sensibilidad es muy buena, del orden de 20 MV/Pa en los modelos de mayor diámetro, y la respuesta es plana entre 30 y 20.000 Hz en  $\pm 1$  dB. Su dinámica es inferior al dinámico. Es algo sensible a la humedad y temperatura.

Este micrófono está reservado a las instalaciones de carácter profesional. Es de tratamiento delicado, caro y requiere una fuente de alimentación exterior relativamente voluminosa.

### **2.2.3- Otros Tipos de Micrófonos**

#### **Micrófonos de cristal**

Están constituidos por materiales cristalinos como la sal de Rochelle cortados en láminas, que poseen la propiedad piezoeléctrica que consiste en generar una tensión al ser aplicada una fuerza entre sus caras. No requieren ninguna polarización exterior y la tensión obtenida entre las dos superficies exteriores metalizadas, en circuito abierto, es proporcional al desplazamiento.

La sensibilidad es excelente, del orden de  $-40$  dB (re 1 V/Pa) con una impedancia interna capacitiva de unos 2 nF. Son muy sensibles a la humedad y la temperatura. No se utilizan para alta fidelidad.

#### **Micrófonos cerámicos**

Se basan también en la propiedad piezoeléctrica. El material más empleado es el titanato de bario bimorfo. No son tan sensibles como los piezoeléctricos a las variaciones climáticas pero su sensibilidad es unos 10 dB inferior, y la característica de respuesta es más extensa y regular. Se utilizan actualmente asociados a transistores FET en los audífonos para prótesis acústicas por sus dimensiones reducidas. Pueden ser utilizados en alta fidelidad.

### **Micrófonos electromagnéticos**

Consisten en una armadura móvil que forma parte de un circuito magnético con uno o más entrehierros. Un solenoide actuando de bobina captadora rodea a esta armadura. Los movimientos de un diafragma de aluminio se transmiten a la armadura móvil y las variaciones de flujo en el entrehierro producen variaciones de tensión en la bobina captadora proporcionales a la velocidad del diafragma.

Son mecánicamente sensibles a los golpes y por tanto poco fiables. Su sensibilidad es bastante buena pero su característica de respuesta es muy irregular y limitada. Su impedancia interna es baja y, por sus reducidas dimensiones, ha sido el micrófono generalmente usado, hasta el advenimiento del electret, en las prótesis acústicas.

### **Micrófonos de carbón**

Consisten en un pequeño recipiente metálico que contiene gránulos de carbón térmicamente tratados y un electrodo móvil que cierra la cavidad y solidario a un diafragma. Los desplazamientos del diafragma producen variaciones en la resistencia de contacto de los gránulos de carbón y esta resistencia, que forma parte de un circuito de corriente continua, produce a su vez variaciones en la corriente eléctrica que son finalmente transformadas en variaciones de tensión o bien por una resistencia adicional o por un transformador en serie en el circuito.

La tensión es proporcional al desplazamiento de la membrana. La sensibilidad es del orden de -30 dB (re 1 V/Pa) con una impedancia interna de unos 40 ohmios. La distorsión con el modelo de simple cápsula es bastante elevada. Son muy ruidosos y la característica de respuesta es muy limitada e irregular. Por su alta sensibilidad y su construcción simple y robusta es el micrófono generalmente utilizado en la transmisión telefónica.

Existen otros tipos de micrófonos basados, unos, en los efectos electrostrictivo, magnetostrictivo, térmico, iónico y capacitativo, modulando en frecuencia o fase oscilado es de alta frecuencia, otros, en modificaciones de los ya estudiados anteriormente y que por su alta especialización no son mencionados en este resumen.

### **2.3- Relación señal/ruido (signal to noise ratio)**

Es la relación entre la señal deseada y los ruidos indeseados producidos por el amplificador con su control de volumen al máximo y los de tono en su posición central. Se indica en dB y deben facilitarse las cifras correspondientes a las diversas entradas, citando claramente las condiciones en que se ha llevado a cabo la medida (con la entrada abierta o en cortocircuito) y si se refiere a ruido «ponderado» o «sin ponderar». Este último dato es sumamente importante en lo referido a la entrada de fono; efectivamente, como ya se vio en 5.2.1, esta entrada está ecualizada y amplifica mucho más las bajas frecuencias que las altas, por lo que el nivel de ruido es también totalmente diferente en ambos extremos del espectro audible. Cuando se cita el término «ponderado» se da el ruido promedio sobre

toda la banda audible y «ponderado» según la sensibilidad del oído a las distintas frecuencias.

En cualquier caso, y a efectos comparativos, cuanto mayor sea la cifra absoluta que indica la relación señal/ruido, menor será el ruido de fondo.

### **Nivel de entrada (input sensitivity)**

Es el mínimo nivel de entrada capaz de excitar al amplificador a su máxima potencia. Se distinguen las entradas de muy bajo nivel (cápsulas de bobina móvil), bajo nivel (resto cápsulas magnéticas y micrófonos dinámicos) y alto nivel (sintonizadores, magnetófonos, cápsulas piezoeléctricas).

### **2.3.2-Impedancia de entrada (input impedance)**

Cada entrada presenta una impedancia de entrada distinta según la fuente de programa que se haya de conectar a la misma. Algunos aparatos permiten variar la impedancia de entrada en la toma de fono, a fin de facilitar al máximo el acoplamiento de las muy diversas cápsulas presentes en el mercado.

Este dato, así como el anterior, no implican niveles de calidad, sino que son simples factores de acoplamiento a tener en cuenta al combinar los distintos elementos que componen un sistema.

Valores típicos de niveles /impedancia de entrada son:

Fono magnético (bobina móvil) : 0.1 mV/100Ω

Fono magnético (resto tipos) : 2.5 mV/ 47 kΩ

Sintonizador, cinta y auxiliar : 150 mV/100 kΩ

### **Nivel de saturación de cada entrada (overload voltage)**

Es un dato de la máxima importancia y que define en gran medida la calidad del aparato a que se refiere. Indica cuál es el máximo nivel de señal que puede admitir cada entrada sin saturarse, es decir, sin recortar dicha señal.

Las señales musicales proporcionadas por las fuentes de programa están variando continuamente de amplitud: desde un «silencio» hasta un «fortísimo» puede haber, con los equipos actuales, hasta 60 dB de dinámica, es decir, una relación de tensiones de 1 a 1.000. La entrada considerada debe tener un ruido de fondo tan bajo que no enmascare el nivel más bajo, y un nivel de saturación tan alto que deje pasar limpiamente la señal máxima sin recortarla.

Las entradas de fono magnético son las más críticas en este sentido y así, si se quiere disponer de una buena reserva de dinámica en el sistema, y que ésta no venga limitada por las características de la entrada, el nivel de saturación mínimo exigible es de 100 mV.

En un próximo futuro, cuando consigan vencer sus dificultades iniciales y por fin se impongan los discos por codificación de impulsos, con una dinámica prevista de 90 y más dB, los valores de nivel de saturación cobrarán aún más importancia.

### **Actuación de los filtros (filters cut)**

Los puntos de actuación más normales y aconsejables de los diversos tipos de filtros que suelen incorporar los amplificadores, pero no se habló de su pendiente de actuación. Esta pendiente va a condicionar en gran medida su eficacia; así, mientras en graves una pendiente de 6 dB por octava es, en general, suficiente, en agudos deben buscarse valores mayores si se quiere lograr el resultado apetecido de suprimir ruidos molestos. Una pendiente de 12 dB por octava resulta, en general, satisfactoria. Algunos fabricantes, muy pocos, incorporan un mando de control de pendiente, con lo que permiten encontrar el equilibrio «ruidos suprimidos/información musical perdida» más idónea para cada oyente.

### **2.3.3- Distorsión armónica total (THD)**

Cuando a un amplificador se le aplica una señal de entrada, y aún en el caso de que ésta esté constituida por una señal senoidal pura, a la salida se encuentra no sólo dicha señal debidamente amplificada, sino otras cuyas frecuencias son múltiples de la original aplicada. Es decir, el amplificador «crea» unos armónicos de la señal original que están presentes a la salida junto con aquélla. La proporción que representan todos estos armónicos frente a la señal pura considerada, se denomina «distorsión armónica total» y se

expresa en %. La tecnología actual permite obtener niveles de distorsión armónica bajísimos. En todo caso, un buen amplificador presenta siempre unos coeficientes de distorsión muy inferiores a los de las pantallas acústicas; no obstante, debido al efecto acumulativo del factor de distorsión en los diversos elementos que constituyen un sistema de sonido, se deberá tratar de que cada uno de ellos aporte la mínima posible. Valores por debajo del 0,1 % a la potencia nominal de salida pueden considerarse buenos, muy buenos los inferiores al 0.05 % y excelentes los menores de un 0,01 %.

#### **2.3.4- Distorsión de intermodulación (IM distortion)**

Si a un amplificador se le aplican simultáneamente dos señales de frecuencias distintas, a la salida no sólo aparecen esas ondas amplificadas, sino que aparecen unas nuevas señales que resultan ser la señal «suma» y la señal «diferencia» de las dos aplicadas. Esta interacción entre diferentes frecuencias, que no tienen por qué estar «armónicamente» relacionadas entre si se denomina distorsión de intermodulación y es la principal responsable de la fatiga auditiva, incluso con valores bastante bajos.

Con la tecnología actual, se deben buscar valores de 0,1%, y aún inferiores, sobre toda la banda audible y la potencia nominal de salida.

Con la tecnología actual, se deben buscar valores de 0,1%, y aún inferiores, sobre toda la banda audible y la potencia nominal de salida.

#### **2.3.5- Impedancia de salida (output impedance)**

Se ha aceptado universalmente la impedancia de salida nominal de 8 ohmios, con tolerancia entre 4 y 16. Este es el valor de impedancia más normal que se encuentra en pantallas acústicas, aunque también existan valores diferentes, si bien nunca inferiores a 4 R ni superiores a 16 R.

### **2.3.6- Factor de amortiguamiento (damping factor)**

El valor de amortiguamiento viene dado por el cociente de dividir la impedancia del altavoz y la impedancia interna del amplificador. Su valor debe ser lo más alto posible y denota la habilidad del amplificador para amortiguar los desplazamientos indeseados del cono del altavoz, desde una posición cualquiera hasta su punto de reposo.

Con los antiguos amplificadores a válvulas, conseguir factores por encima de 10 era realmente difícil y costoso. Sin embargo, con los modernos equipos a transistores sin transformador de salida, es el valor mínimo exigible y se encuentran equipos que llegan a un factor de amortiguamiento de 100 y más.

## **2.4- Amplificadores y Preamplificadores**

### **2.4.1- Generalidades**

Las fuentes de señal utilizadas en alta fidelidad (micrófonos, cápsulas, sintonizadores, magnetófonos) entregan un nivel de salida muy bajo, comprendido entre unos pocos milivoltios en los micrófonos y cápsulas, ya vistos en capítulos anteriores, y

apenas 100 milivoltios en los sintonizadores y magnetófonos, que se verán en los próximos. Estos niveles resultan, en cualquier caso, insuficientes para excitar a los transductores finales del sistema: los altavoces.

Si a esto se le une la bajísima sensibilidad de estos transductores, que sólo transforman en energía acústica una mínima parte de la energía recibida, y la respuesta logarítmica del oído humano a la intensidad sonora, se explica la necesidad de disponer de un elemento de amplificación.

Pero aún más: las peculiaridades de las diversas fuentes de señal, de las salas de escucha y altavoces, así como gustos particulares de cada oyente, obligan no sólo a la amplificación de la señal original, sino a su modificación o corrección en muy diversos sentidos.

El dispositivo más común utilizado en alta fidelidad para realizar todas estas misiones, y que constituye el «centro de control» de todo el sistema, recibe el nombre de amplificador integrado. Este elemento reúne, en una sola pieza, al menos dos aparatos más simples: el preamplificador y el amplificador (o etapa) de potencia. figura 5.1).

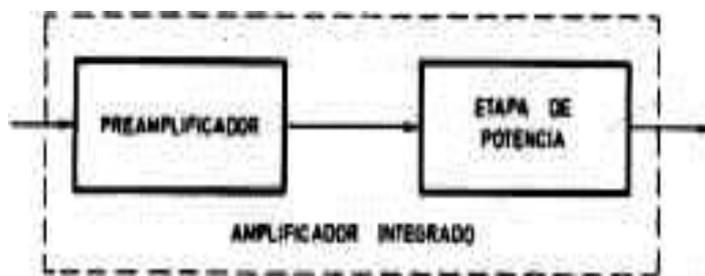


Figura 5.1. Amplificador integrado

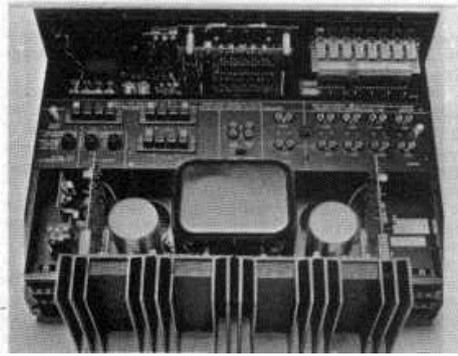


Figura 5.2. Amplificador de la marca RCF en el que el panel de conexiones se ha situado lo más próximo posible a los circuitos del preamplificador. y separando éste de la etapa de potencia y la fuente de alimentación

#### **2.4.2- El Preamplificador (pre-amplifier)**

Este es, en síntesis, un simple amplificador de tensión que se va a ocupar de elevar la señal de la fuente a un nivel suficiente para poder atacar a la etapa de potencia. Pero, mientras la señal recorre este camino, va a sufrir además una serie de transformaciones en cuanto a nivel absoluta, nivel de las señales de unas frecuencias con respecto a otras, nivel de un canal con respecto al contrario (cuando nos referimos a equipos estereofónicos), etc. Al mismo tiempo, este elemento permite seleccionar la señal procedente de cualquiera o varias de las fuentes de programa existentes en el sistema.

Así pues, el preamplificador puede, a su vez. subdividirse en varias partes.

\*\*(figura 5.2). Diagrama de bloques de un amplificar estereofónico.

### **2.4.3- Influencia del Amplificador en el Sistema de Sonido**

La misión básica del amplificador en un sistema de sonido es, como su propio nombre indica, la de amplificar la pequeña señal procedente de la fuente de programa, elevándola hasta un nivel suficiente para excitar las pantallas acústicas. La otra misión, no por secundaria menos importante que la anterior, es la de ofrecer al usuario toda una serie de posibilidades de manipulación y conformación de la señal a reproducir.

Partiendo de aquella misión básica y prescindiendo totalmente de cualquier otra, existen en el mercado amplificadores de altísima calidad que sólo incorporan mandos de encendido, selección de entradas y volumen, por considerar que todos los demás, aparte de ser innecesarios, pueden constituir fuentes de averías y degradación de la señal a reproducir.

En el otro extremo, existen amplificadores dotados de todos los mandos imaginables tanto de conmutación y selección de señales, como de conformación de las mismas, sin que esto signifique, en modo alguno, ni una mayor fragilidad ni una menor calidad. Por el contrario, la inmensa mayoría de los fabricantes ofrecen más y más mandos y posibilidades de intervención al usuario conforme aumenta el nivel de calidad del producto. El disponer de «muchos botones» no podrá, por sí mismo, hacer perfecto a un equipo; pero permitirá ir acercándose en pasos sucesivos. En la figura 5.22 se muestra un amplificador RCF de 120 vatios continuos por canal que ofrece una enorme variedad de posibilidades de intervención.

Sea con elementos de uno u otro criterio, el hecho es que la calidad intrínseca de un buen amplificador está muy por encima de la calidad que son capaces de ofrecer los elementos extremos del sistema: fuentes de programa y pantallas acústicas.

En un sistema bien equilibrado, casi nunca será el amplificador el elemento que limite la calidad total del mismo. Por tanto, los fabricantes, una vez logrado un determinado nivel de calidad holgado, se esfuerzan por ofrecer al usuario más y más posibilidades de intervención, desde la selección y/o mezcla de señales, a mandos de tono cada vez más refinados y complejos. precisos sistemas de indicación de la potencia de salida, etc.. a la vez que luchan por la obtención de equipos funcionales, con un máximo de fiabilidad y al mínimo precio posible.

### **El selector de entradas (input selector o function selector)**

Las diversas fuentes de señal presentes en un sistema de alta fidelidad (cápsula, sintonizador, micrófono, magnetófono) confluyen directamente en el selector de entradas. Este se ocupa de «dejar pasar» tan sólo una de estas señales (o varias, en diversas proporciones, en el caso de los mezcladores) hacia el resto del sistema. A su vez, alguna de aquellas señales ha podido ser intencionadamente variada de su forma original por alguna causa. Así en el caso concreto del disco: en éste, por sus propias limitaciones y características, no se han grabado todas las señales con un amplitud directamente proporcional a la original, sino que las frecuencias graves se registran muy por debajo de su nivel, mientras que las agudas se registran a nivel mucho más alto. Esto no se realiza caprichosamente, sino siguiendo un estándar predeterminado: la corrección RIAA.

Han existido y, de hecho todavía subsisten, multitud de normas de grabación además de la RIAA. Pero sólo nos referimos a ésta por ser la adoptada por una inmensa mayoría de fabricantes de discos y por la totalidad de los fabricantes de amplificadores.

En otros tipos de equipos (sintonizadores y magnetófonos) se utilizan otras normas distintas a la RIAA. No obstante, la compensación de la señal se efectúa en el mismo aparato original que, finalmente, entrega una señal de respuesta plana en frecuencia, por lo que no es preciso corregirla en el amplificador.

La norma utilizada en los discos y la compensación que se introduce en los amplificadores, deben ser totalmente complementarias a fin de obtener una respuesta en frecuencia uniforme o plana (figura 5.3). Algunos fabricantes de amplificadores incluyen en sus especificaciones el dato de «desviación respecto a la norma RIAA». Este dato, que se expresa en dB, indica si va a existir alguna seria discrepancia en alguna zona de la banda audible entre los diversos niveles de amplitud a distintas frecuencias (figura 5.4).

En un aparato bien construido, cuando se selecciona una entrada, todas las demás deben quedar totalmente fuera del amplificador y no interferirse con la señal seleccionada. Desgraciadamente, no siempre ocurre así y se produce en tal caso una mezcla indeseada de fuentes de programa. La especificación «diafonía entre entradas», que facilitan algunos fabricantes, indica la proporción de señales indeseadas que aparecerá superpuestas a la señal seleccionada.

#### **2.4.4- El conformador de señal**

Se entiende por «conformado» cualquier dispositivo destinado a variar la señal original en alguno o algunos de sus parámetros. En el caso de los amplificadores, este conformador puede subdividirse en: controles de tono, filtros, compensador, volumen, balance y silenciador. Todos estos mandos pueden encontrarse o no en un amplificador, sin que ello signifique nada respecto a su calidad, ya que sólo va afectar a su facilidad de manejo y las posibilidades de corrección para suprimir o atenuar efectos molestos o reforzar los deseados.

#### **2.4.5- Los controles de tono (tone controls)**

De 2 a 20 es el número de controles de tono que se pueden encontrar en los preamplificadores de alta fidelidad: 2, graves y agudos (lo más común en la mayoría de los casos); 20, en los preamplificadores dotados con un ecualizador de octavas por canal. y hasta 60, en los ecualizadores de tercio de octava (capítulo 9). Generalmente se hablará de controles de tono cuando se tenga acceso hasta a cuatro puntos de frecuencia por canal, y de ecualizadores cuando dichos puntos sean cinco o más.

La variación de nivel introducido por cada control de tono en su banda de frecuencia específica, y en particular en un punto determinado de esta banda, se expresa en dB. Son típicos valores de  $\pm 10$  dB y aún mayores, si bien muchos fabricantes tienden a disminuir estos márgenes, sobre todo en sus equipos más perfeccionados; esto es lógico si se admite que en un equipo de alta calidad, bien equilibrado entre sus diversos

componentes, nunca va a ser preciso introducir correcciones tan fuertes entre los niveles relativos de unas frecuencias con respecto a otras (esto es válido referido a sistemas domésticos de cualquier nivel de calidad; los equipos para usos profesionales tienen otros requisitos, según se verá más adelante).

#### **2.4.6- El compensador (loudness)**

El oído no responde por igual a las diversas frecuencias con niveles de sonido absolutos distintos. Así, a niveles de escucha bajos, el oído responde mejor a las frecuencias medias, menos a las agudas y mucho menos a las graves. Si en la escucha doméstica en alta fidelidad, el nivel de reproducción fuera igual que en la ejecución original, no se produciría este efecto, pues el oído percibiría la misma atenuación a los graves y agudos en una ejecución original que en su reproducción. Pero las limitaciones impuestas por el tamaño y características de la propia sala de escucha obligan, en una mayoría de los casos, a reproducir el programa musical a un nivel sensiblemente inferior al original. Aparece así la desigual respuesta del oído a las diversas frecuencias, que se conoce como efecto Fletcher & Munson, y que se expone gráficamente en la figura 5.7.

Para «compensar» este efecto la mayoría de los amplificadores disponen de un mando designado «compensador» (en inglés, «loudness»). Al actuar sobre este mando, el amplificador realza automáticamente las frecuencias graves y agudas, conservando constante el nivel de las medias.

En este apartado es imposible citar cuáles son los valores idóneos de actuación del compensador. ya que su nivel de realce debe estar en función de la intensidad sonora total proporcionada por el sistema, y ésta, a su vez, es función de varios parámetros: la sensibilidad de las pantallas, el grado de absorción o reflexión de la sala de escucha, la distancia del oyente a las pantallas, etc. }

#### **2.4.7- Filtros**

Una mayoría de los amplificadores y preamplificadores de alta fidelidad presenta uno o más filtros destinados a suprimir o atenuar unas determinadas gamas de frecuencias. Esto, que en principio significa atentar contra la pureza y fidelidad del programa a reproducir, se justifica por la imperiosa necesidad que a veces se presenta de suprimir efectos nocivos o molestos.

Así, con el filtro subsónico (subsonic filter) se trata de suprimir unas frecuencias que, situadas por debajo del umbral mínimo de audición (20 Hz) pueden, sin embargo, sobrecargar innecesariamente tanto el amplificador como al altavoz de graves. Señales de este tipo pueden ser generadas tanto por el propio motor del plato giradiscos, como por la resonancia del brazo, y son, por tanto, ajenas al programa musical a reproducir. Los filtros subsónicos deben actuar a menos de 20 Hz para no afectar al contenido musical del programa.

El filtro de graves (low filter) trabaja en un punto más alto, generalmente alrededor de los 50 a 60 Hz, y afecta por tanto al contenido musical de la señal a reproducir, si bien es cierto que hay muy pocos instrumentos que generen señales de frecuencias tan bajas,

muy pocas personas que pueden percibirlos y menos altavoces capaces de reproducirlos. En dicha banda se sitúan la mayoría de los ruidos mecánicos producidos por los giradiscos (rumble) y la componente de los 50 Hz de la red que puede introducirse en el sistema, bien por un deficiente filtrado en la fuente de alimentación, o por inducción sobre la propia cápsula.

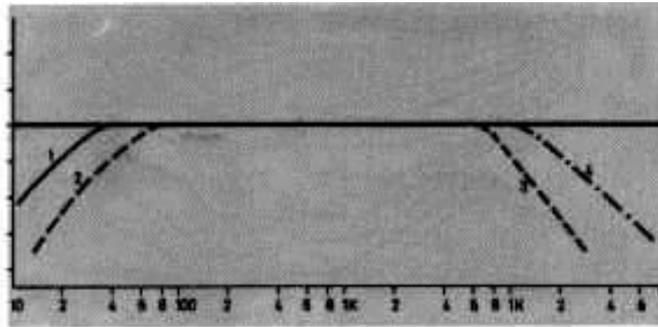


Figura 5.9. Curvas de actuación de filtros; (1) Filtro de graves.  $F_c = 30$  Hz, 12 dB/oct; (2) Filtro de graves  $F_c = 60$  Hz, 12 dB/oct; (3) Filtro de agudos  $F_c = 8$  kHz, 12 dB/oct; (4) Filtro de agudos  $F_c = 15$  kHz, 12 dB/oct.

El filtro de agudos (high filter o scratch), que suele trabajar a partir de los 7 kHz o más. está destinado a suprimir ruidos molestos (ruidos de aguja en el caso de los discos, soplido de fondo en las cintas y transmisiones en FM) y, si bien contribuye notablemente a la deformación de la señal original, supone un compromiso entre la pérdida de información resultante y que la audición no se haga intolerable a causa de los ruidos parásitos presentes.

En todos los casos de filtros es deseable que su pendiente de actuación, expresada en dB por octava, sea lo más abrupta posible, para obtener el mejor grado posible de cancelación de efecto indeseado (véase curvas típicas de actuación de los diversos filtros en figura 5.9).

### **El control de volumen (volume control)**

La obtención del nivel de escucha deseado por el oyente, así como la adecuación del nivel de salida de la fuente de programa al nivel de entrada del amplificador, y la de la potencia de salida a la sensibilidad de las pantallas, requieren disponer de un mando de nivel o volumen sonoro fácilmente accesible al usuario. Este mando, cuya actuación puede ser continua o por pasos o saltos, suele calibrarse en dos formas distintas: de 0 a 10 ó de  $-\infty$  a 0.

En el primero de los casos, la indicación numérica da una idea de la cantidad de sonido que se está obteniendo del equipo con respecto a su potencia máxima (nula en el «0» y máxima en el «10»). En el segundo caso, la escala indica la atenuación que, con respecto al nivel máximo, está introduciendo al mando de volumen (atenuación total en el « $\infty$ » y nula, o sea, máxima salida, en el «0»).

En este punto es muy importante resaltar que, en una mayoría de los casos, se obtiene el nivel de salida mucho antes de llegar con el mando de volumen a tope. Tan sólo se estará obteniendo la salida máxima especificada, con el volumen a tope, en aquellos infrecuentes casos en que el nivel de salida promedio de la fuente de programa y el nivel

de entrada del amplificador, fueran idénticos. En la práctica esto no ocurre así, y es normal que la señal aplicada al amplificador sea suficientemente alta para obtener el nivel de salida máxima a las 3/4 partes del recorrido del mando de volumen y aún menos.

Constituye, por tanto, una práctica totalmente desaconsejable e inútil la utilizada por muchos usuarios y compradores de material de alta fidelidad, que tratan de apreciar la calidad del amplificador haciéndolo trabajar con el mando de volumen al máximo.

#### **2.4.8- Tipos de Amplificadores de Potencia (power amplifier o main amplifier)**

Efectivamente, la tensión entregada por el preamplificador, hay que amplificarla cientos de veces para conseguir, al fin, la potencia necesaria para activar adecuadamente las pantallas acústicas y mantener además una reserva de potencia extra para poder salvar un fortísimo musical sin deformación de la señal.

Desde que en los años 60 apareció en el mercado el primer amplificador a transistores que venía a sustituir a los anteriores a válvulas, fabricantes e ingenieros se han afanado en conseguir elementos cada vez más fiables y con mejores prestaciones. No obstante, aún quedan nostálgicos de los amplificadores a válvulas y, atentos a ellos, algunos grandes fabricantes los siguen incluyendo en su gama de productos. Pero, la batalla a favor del transistor debe considerarse ya total y definitivamente ganada, una vez superadas las dificultades iniciales referidas, sobre todo, en materia de precios, potencia máxima de salida, distorsión y fragilidad.

## **Amplificadores clase A**

Las características de amplificación de los transistores de salida (e igualmente de las válvulas) no vienen nunca representadas por una línea recta, sino que presentan un tramo recto central que se curva en ambos extremos. Para evitar deformaciones de la señal de salida con respecto a la de entrada, sólo es posible aprovechar dicho tramo central.

Haciendo trabajar al amplificador en este tramo, la señal de salida obtenida es extremadamente lineal y con una distorsión mínima. El gran inconveniente que presentan estos amplificadores en clase A es su bajo rendimiento y la enorme cantidad de calor que generan. Así se precisan unidades muy costosas y de grandes dimensiones para conseguir potencias del orden de 30 a 50 W por canal. Si esta limitación en la potencia máxima se compensa o no con unas características técnicas irreprochables en todos los sentidos, es algo que sólo el oído del posible usuario puede decidir.

## **Amplificadores clase B**

Estos amplificadores requieren siempre dos válvulas idénticas (o dos transistores perfectamente complementarios) de salida para restituir completa la señal aplicada. Efectivamente, en un amplificador clase B cada transistor o válvula de salida entrega la mitad de la señal: uno la mitad positiva y el otro la negativa (figura 5.13). Sumadas ambas señales se reconstruye la original. Como cada elemento trabaja sólo durante los picos positivos (o negativos) de señal y permanece en reposo en presencia de los picos de señal del signo contrario, el calor generado es mucho más reducido que en los amplificadores de clase A y su rendimiento muy superior.

## **Amplificadores clase AB**

Son intermedios, en cuanto a su funcionamiento, entre los tipos A y B. Cada transistor de salida trabaja con más del 50% de la señal pero sin amplificarla entera. Para obtener la señal entera, se disponen dos transistores complementarios que suman sus señales y restituyen la señal original. Conjugan las ventajas de las clases A y B y minimizan los defectos característicos de cada uno de ellos, obteniéndose: mayor potencia que en clase A y menor distorsión que en clase B.

## **Amplificadores que utilizan técnicas de muestreo digital (chopped)**

Existen una serie de modos de operación de amplificadores que funcionan por modulación de impulsos, conmutados a una frecuencia ultrasónica. La señal original previamente «troceada» (chopped) en impulsos de muy alta frecuencia, y modulada con la señal de audio a reproducir, se aplica a los transistores de salida que trabajan así prácticamente al tope de rendimiento, permitiendo obtener muy altas potencias de salida, con mínima disipación térmica. A este grupo pertenecen los amplificadores de clases D, E y H, los que cada vez con mayor frecuencia, se empiezan a citar en anuncios e informaciones técnicas de novedades del campo de la alta fidelidad. El mayor inconveniente, común a todos ellos, es de carácter constructivo y de diseño, y radica en los posibles acoplamientos inductivos que se pueden presentar de unos elementos sobre otros. No obstante, salvado ese problema, estos amplificadores ofrecen unas ventajas que, a buen seguro, animarán a los fabricantes a insistir en este camino y a lograr brillantes resultados.

#### 2.4.9- El selector de altavoces

En la mayoría de los casos, una pareja de pantallas acústicas se consideran suficientes para una instalación doméstica de alta fidelidad. No obstante, una gran proporción de los amplificadores actuales prevén la conexión de dos e incluso tres parejas de pantallas al mismo. A fin de poder elegir en cualquier momento, se dispone de un selector de altavoces (pantallas acústicas) que permite el funcionamiento por separado de cualquiera de las parejas o de varias parejas a la vez. Es importante tener en cuenta que si se pretenden utilizar dos parejas a la vez, cada pantalla debe tener una impedancia de 8 ohmios o más, de modo que la impedancia presentada por cada grupo de pantallas no baje de 4 ohmios, que es, en general, el límite mínimo que admiten los amplificadores. En caso de querer utilizar más de dos parejas de pantallas, conectadas en paralelo, se deberá calcular, antes de su conexión, la impedancia total del conjunto y comprobar que a baja del límite antes indicado.

La fórmula, de sobra conocida, para efectuar dicho cálculo es:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n}$$

donde Z es la impedancia total y  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ , las impedancias particulares de las pantallas a conectar.

El selector de altavoces suele ofrecer asimismo la posibilidad de desconectar todos los altavoces del sistema (posición «off» o «speakers off»). Esta posibilidad se utilizará en aquellos casos que se desee escuchar el sistema solamente a través de auriculares

### **Fuentes de Alimentación**

Los diversos circuitos que componen tanto los preamplificadores como las etapas de potencia requieren unos valores de tensiones e intensidades distintos y precisos en cada punto. Los elementos activos que los componen, sean válvulas o transistores, trabajan con corriente continua. Ninguno de estos valores los entrega directamente la red, por lo que hay que tomar la tensión proporcionada por ésta y, convenientemente modificada, aplicarla a los distintos circuitos.

No se va a tratar aquí de cómo se realiza, desde el punto de vista técnico y de diseño, esta conversión, sino de exponer los diversos tipos de fuentes de alimentación presentes en los amplificadores domésticos de alta fidelidad y su léxico comercial. En síntesis, el funcionamiento de una fuente es:

La tensión alterna de red se transforma al valor máximo requerido por el circuito de salida del amplificador de potencia: se rectifica para convertirla en una señal continua; se filtra para quitarle los residuos de la frecuencia de la red y sus armónicos posibles y, finalmente, se aplica a un divisor de tensión en el que aparecen los distintos valores de tensión que precisará cada circuito.

#### **2.4.10- Potencia de salida**

Usualmente se exhiben todas o varias de las especificaciones siguientes:

##### **Potencia continua**

(Ambos canales excitados, sobre 8 ohmios, de 20 a 20.000 Hz, con distorsión armónica total menor del X %) (Continuous Power). Constituye la forma más seria y precisa de facilitar la potencia de un amplificador, pues indica:

Que ambos canales están excitados simultáneamente. Si se midiera con un solo canal trabajando, la potencia aparente sería mayor, pues toda la fuente de alimentación estaría al servicio de un solo canal (en amplificadores con fuente de alimentación doble, la cifra resultante es independientemente de que esté excitado un solo canal o ambos simultáneamente).

Sobre qué impedancia se obtiene dicha potencia. Si se midiera sobre una impedancia menor, la potencia obtenida sería mayor, aunque con mayor distorsión.

Que dicha potencia máxima se va a mantener a cualquier frecuencia entre las indicadas. Por último, dice claramente cuál será la distorsión armónica total en tales condiciones.

A esta especificación de potencia se denomina. en muchas ocasiones, potencia RMS, lo cual no es rigurosa mente exacto, pero sí lo suficientemente aproximado como para considerarla válida.

### **Potencia musical (music power)**

Este factor indica la potencia máxima que puede dar el amplificador en impulsos breves. Es mayor siempre que la potencia continua y da una idea de la facilidad del amplificador para dar picos de volumen durante breves períodos de tiempo. También se la suele llamar, en general incorrectamente, potencia IHF, pues rara vez para fijar este valor se siguen las normas dictadas por el «Institute of High Fidelity», que es a quien se deben las siglas IHF.

### **2.4.11- Banda de potencia (power bandwidth)**

Este valor es muy importante ya que relaciona directamente la potencia de salida con la respuesta en frecuencia. Indica el margen de frecuencias sobre el que el amplificador puede entregar al menos un 50 % de su potencia total sin exceder un límite de distorsión prefijado (figura 5.17).

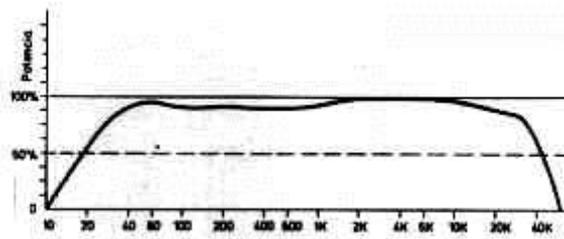


Figura 5.17. Curva de banda de potencia El amplificador a que correspondiera esta curva, presentaría una banda pasante de 18 Hz a 45 kHz

## 2.5- Altavoces, Cajas Acústicas y Auriculares

Todo altavoz desnudo, es decir sin recinto o pantalla acústica, posee un rendimiento acústico muy pobre. La razón de este pobre rendimiento se comprende fácilmente si se tiene en cuenta que todo altavoz radia energía sonora no sólo por la parte anterior del diafragma, sino también por la posterior. Esta forma de radiar la energía acústica, en lugar de mejorar los resultados y aumentar el volumen sonoro, como en un principio podría parecer, es contraproducente, ya que las dos ondas sonoras generadas están en oposición de fases, y por tanto sus efectos se anulan parcialmente.

En efecto, supongamos que en un instante dado el diafragma se desplaza hacia delante, provocando una compresión del aire situado en su parte anterior. Al mismo tiempo, el aire en contacto con la parte posterior del diafragma, sufre un enrarecimiento o depresión. Es fácil comprender que el frente de presión originado en la cara anterior del diafragma y que avanza en todas las direcciones, alcanza la cara posterior y anula en parte la depresión que allí se origina, tal y como puede apreciarse en la figura.

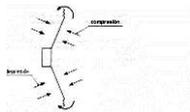


Fig. 53

La compresión del aire hacia delante complementa, pues, la depresión de atrás y tiende a establecer el equilibrio del diafragma reduciéndose el rendimiento del altavoz.

Para evitar lo expuesto debe proveerse el altavoz de una caja o pantalla acústica que impida la acción de una onda sobre la otra, es decir que aísle la masa de aire situada en la parte anterior del diafragma de la masa de aire situada en la parte posterior. El efecto que produce la pantalla acústica, es decir el impedir la interacción perjudicial entre las ondas generadas en la parte anterior y posterior del altavoz, se conoce con el nombre inglés de baffle (deflector), y con dicho nombre se bautiza normalmente a los gabinetes o pantallas acústicas.

### **2.5.1- Principio de funcionamiento**

La finalidad de un altavoz es impartir movimiento al aire que lo rodea. Este movimiento, en un caso ideal de reproducción, deberá corresponder exactamente al de la señal aplicada al altavoz. Los oídos convertirán en sonido el movimiento del aire. El primer transductor que se usó fue el altavoz electrodinámico, o de bobina móvil, debido a Chester Rice y E.W. Kellogg. Esto ocurría por los años veinte y hoy se sigue empleando básicamente este altavoz, pero mejorado en muchos aspectos. Este tipo de altavoz está formado por dos elementos: uno de excitación, conectado al amplificador y otro acústico que incorpora un radiador de sonido que excita el aire que le rodea, reproduciendo así el sonido.

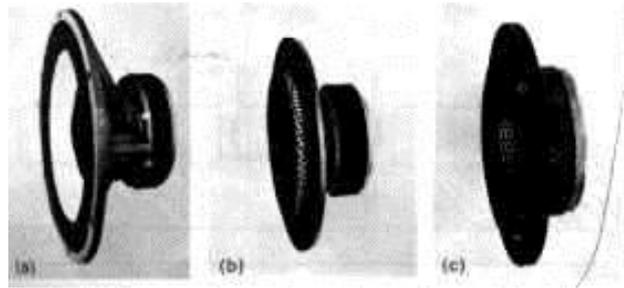


Figura 8.1 a) Altavoz de graves; b) de medios; c) de agudos.

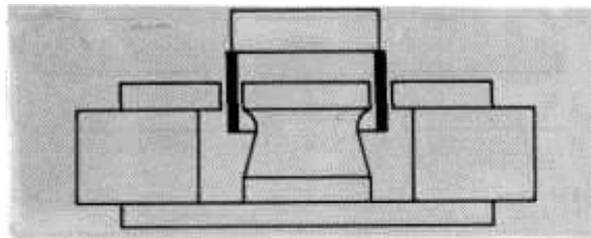


Fig. 8.2

El esquema simplificado de un altavoz se muestra en la figura 8.2.

El motor del altavoz está formado por un imán, que puede ser cerámico o de fundición, y de unas partes metálicas que son las encargadas de concentrar el flujo magnético en el entrehierro. El principio de funcionamiento es como sigue: cuando un conductor eléctrico es recorrido por una corriente, se crea alrededor del hilo un campo magnético cuya polaridad y fuerza es proporcional a la corriente que lo atraviesa; si colocamos este conductor dentro de un campo magnético obtendremos una fuerza  $F$  que será proporcional al producto  $B \cdot L \cdot I$ , donde  $B$  es el flujo magnético que hay en el entrehierro,  $L$  es la longitud de hilo que está dentro del entrehierro e  $I$  es la intensidad de corriente que circula por el conductor (figura 8.3)

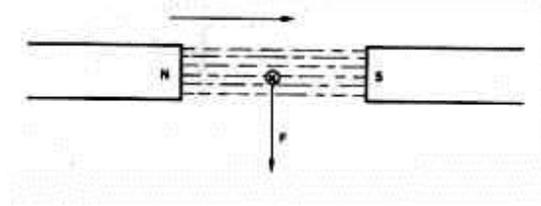


Figura 8.3. Principio de la inducción

Es importante recordar que a mayor número de espiras mayor será el desplazamiento que se obtiene y con menos espiras, menor desplazamiento.

En los altavoces electrodinámicos se diseña el conjunto magnético a fin de obtener el mayor rendimiento (espiras x entrehierro). La disposición utilizada normalmente si bien puede ser distinta si se utilizan imanes de fundición.

El funcionamiento del altavoz será correcto siempre que el producto  $B \cdot L \cdot I$  se mantenga constante; es decir, el número de espiras dentro del entrehierro sea constante. Este punto es importante cuando se trata de reproducir bajas frecuencias ya que es cuando más desplazamiento se exige al altavoz. La bobina móvil en posición de reposo, es decir, en ausencia de señal. La señal proveniente del amplificador desplaza a la bobina hacia afuera, reproduciendo la mitad de un semiperíodo de una señal cualquiera sin provocar distorsión alguna, ya que la señal no era lo suficientemente fuerte para sacar la bobina del entrehierro. En la figura 8.7 la señal proveniente del amplificador es más fuerte y provoca la salida de la bobina del entrehierro, disminuyendo así el número de espiras que había dentro del entrehierro y provocándose una distorsión en la señal reproducida. Por este motivo, para una reproducción limpia en la zona de bajas frecuencias, que es cuando más desplazamiento se exige al altavoz, habrá que prever una bobina móvil

suficientemente larga para que siempre haya en los mayores desplazamientos el mismo número de espiras dentro del entrehierro. Pero tiene el inconveniente de que las espiras de la bobina que no están dentro del entrehierro actúan como una resistencia en serie con la misma, disminuyendo el rendimiento del altavoz.

Otra solución para evitar este problema es la de diseñar el conjunto magnético más ancho, tal como se muestra en la figura 8.8, pero esta solución es muy costosa de realizar ya que. para conseguir el mismo flujo magnético en este entrehierro más alto, hay que emplear imanes más grandes y costosos.

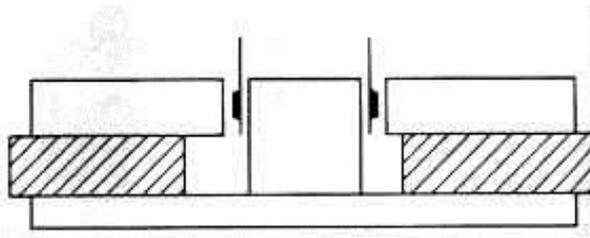


Figura 8.8. Variante de diseño de motor para altavoz que evita la distorsión causada por falta de linealidad del producto BLI

La bobina móvil es parte muy importante del circuito magnético, ya que ha de soportar toda la corriente proveniente del amplificador, pudiéndose producir en algunos casos temperaturas cercanas a los 200°. La disposición usada normalmente es la de un cilindro de papel o aluminio sobre el cual se bobinan 2 ó 4 capas de espiras. Cuando se calienta el cobre por efecto de la corriente proveniente del amplificador, el bobinado se dilata aumentando de diámetro pero el soporte sobre el cual está arrollado no se dilata en la misma proporción, ya que está formado por otro material de distinto coeficiente de

dilatación y está a otra temperatura. El resultado es que el hilo de cobre se despega del soporte provocando la destrucción del altavoz. Para evitar este problema algunos fabricantes utilizan otro tipo de bobina móvil, en la que el hilo de cobre está arrollado a los dos lados del soporte, usualmente de aluminio y abierto por un extremo. Este sistema tiene la ventaja de que al calentarse el hilo obliga al soporte a contraerse o a dilatarse, siguiendo las variaciones del bobinado, evitándose así la destrucción de la bobina móvil; por otra parte al estar el soporte de aluminio entre las dos capas del hilo se disipa más fácilmente al exterior el calor del mismo, mejorando al mismo tiempo la transmisión de fuerza del hilo a la membrana, ya que la superficie de contacto con el soporte es el doble que con el sistema tradicional de bobina móvil (figura 8.9).

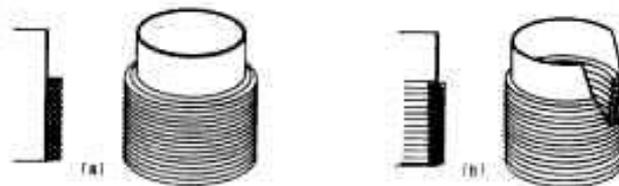


Figura 8.9 Tipos de bobinas utilizadas en altavoces electrodinámicos. a) bobina móvil convencional; b) bobina móvil mejorada.

### 2.5.2- Sistema Radiante

El sistema radiante de un altavoz electrodinámico suele constar de un cono, generalmente de papel que es solidario de la bobina móvil y sigue las oscilaciones de ésta, excitando así el aire que lo rodea. Para que este cono no pueda desplazarse lateralmente,

está sujeto por la parte de su vértice por medio del centrador, que es una pieza de tela rígida moldeada en forma de acordeón que le proporciona elasticidad en el sentido vertical, pero le impide moverse lateralmente; por la parte exterior el cono está sujeto a la armadura por una parte elástica que puede estar formada por el mismo cono o bien puede ser de otro material, generalmente goma, usándose esta última cuando al altavoz se le exigen grandes desplazamientos (altavoces para graves).

### **2.5.3- Tipos de Altavoces**

#### **Altavoces electrostáticos**

El altavoz electrostático está formado por un diafragma muy ligero, generalmente de poliéster, colocado entre dos electrodos acústicamente transparentes. Este diafragma está eléctricamente polarizado con relación a los dos electrodos, los cuales crean un potente campo electrostático; la señal proveniente del amplificador es aplicada a estos dos electrodos, como si de un push-pull se tratara, a través de un transformador. Las variaciones de polaridad del diafragma con respecto a las dos placas polarizadoras fuerzan a éste a desplazarse hacia una placa u otra, reproduciendo así la señal.

#### **Ventajas e inconvenientes**

En un altavoz electrostático el desplazamiento del diafragma es muy reducido; esto, unido a la ligereza del mismo, proporciona una excelente reproducción de las señales transitorias. Al mismo tiempo la fuerza que excita al diafragma es aplicada uniformemente

en toda su superficie; de esta forma la posibilidad de «ruptura del cono», que podía ocurrir en los altavoces electrodinámicos, queda eliminada. Por otra parte los altavoces electrostáticos no utilizan caja acústica alguna, por lo que quedan eliminadas la coloración y las resonancias propias de esta última.

Al no utilizar caja acústica, no hay separación entre la señal emitida por la parte frontal del diafragma y la emitida por la parte posterior, reduciéndose así el nivel de la señal reproducida. También este problema ha dado lugar a la creación de unidades híbridas que incorporan un altavoz electrodinámico que se encarga de reproducir las bajas frecuencias.

Otro factor a tener en cuenta en las altavoces electrostáticos es la posibilidad de que se produzca una chispa que perfora el diafragma. Téngase en cuenta que el campo electrostático ha de ser de gran potencia, con el fin de conseguir una buena presencia sonora en la reproducción. Una solución a este problema ha sido desarrollada por Dayton Wrigh Associates Ltd. y consiste en encerrar la unidad en una atmósfera de SF<sub>6</sub>. Este gas presenta mejores propiedades dieléctricas que el aire, permitiendo crear un campo eléctrico más alto. sin que salte la chispa entre los dos electrodos.

Un último inconveniente es el tipo de impedancia que presentan, ya que es de alto valor y eminentemente capacitativa; pocos amplificadores pueden trabajar con este tipo de cargas, por lo que muchos fabricantes incluyen en el altavoz el amplificador adecuado para este tipo de carga. A pesar de todos estos inconvenientes. el altavoz electrostático es el preferido por todas aquellas personas que buscan naturalidad en la reproducción.

## Altavoces magnéticos planos

Una variación del altavoz electrostático, que se encuentra comercializada con diferentes nombres, es el altavoz magnético plano (figura 8.13). Consta de dos paneles magnéticos, acústicamente transparentes, en medio de los cuales está situado el diafragma, constituido por un material ligero sobre el cual se ha pintado o pegado un material conductor que forma la bobina móvil de este altavoz; el principio de funcionamiento es el mismo que el del altavoz electrodinámico: el campo magnético generado por la bobina, al ser recorrido por la corriente del amplificador, se opone al campo magnético estático creado por los paneles magnéticos, produciéndose el movimiento del diafragma.

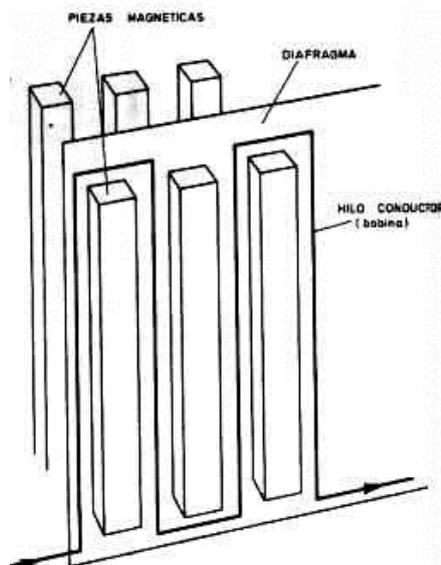


Figura 8.13 Principio de funcionamiento del altavoz magnético plano.

### Ventajas e inconvenientes

Las ventajas son las mismas que las del altavoz electrostático: baja velocidad del diafragma, diafragma ligero y buena reproducción de transitorios. En cambio la posibilidad de perforación del diafragma, que podía ocurrir en los altavoces electrostáticos, queda

eliminada. Al igual que el electrostático, este altavoz no utiliza recinto acústico, lo que obliga al uso de grandes superficies de radiación para la reproducción de las bajas frecuencias. Este es el caso de la unidad Magneplanar. Otra solución es la adoptada por Infinite Systems que utiliza altavoces electrodinámicos para la reproducción de las bajas frecuencias y unas unidades magnéticas planas que denominan EMIT para la reproducción de las medias y altas frecuencias.

#### **2.5.4- Recintos Acústicos**

Cualquiera que sea el tipo de altavoz que se utilice, será preciso separar la señal emitida por su parte frontal, de la emitida por la parte posterior. De no ser así se produciría una cancelación del sonido (cortocircuito acústico), ya que existe una oposición de fase entre las partes frontal y posterior del altavoz.

Esta cancelación se evitaría con un panel de una longitud igual a la longitud de onda de la frecuencia más baja que se quiera reproducir. Por ejemplo: para un sonido de 40 Hz, se necesita un panel de 4,3 m; lo que escapa a la posibilidad de instalarlo en cualquier habitación y por esta razón se ha recurrido a otras soluciones.

Una de las soluciones adoptadas consiste en «doblar» las paredes de este panel hasta formar una caja donde se deje «encerrada» la señal emitida por la parte posterior del altavoz. Esta solución plantea varios problemas: el más importante es que dentro de la caja donde se encierre el altavoz se producen unas resonancias debidas a las dimensiones del recinto, resonancias que no será posible eliminar del todo, aunque el material absorbente

que se coloque las amortiguará en gran manera. Además, si se quiere prever una buena reproducción de bajas frecuencias, hay que hacer la caja bastante grande, ya que la impedancia acústica que «ve» la parte interior del altavoz aumenta a medida que el volumen de la caja disminuye; además el aire encerrado dentro del recinto ofrece una resistencia al ser comprimido, lo que produce un aumento de la frecuencia de resonancia del altavoz. Tratando de evitar estos problemas han sido desarrollados varios tipos de recintos de los que vamos a ver sus ventajas e inconvenientes.

### Recinto Infinito

Es el más sencillo que se conoce y consiste en un panel infinito en el que se practica un agujero para el altavoz. La misión del panel consiste en separar la radiación frontal del altavoz de la radiación posterior, para así evitar el cortocircuito acústico (figura 8.16). En la práctica no es necesario un panel infinitamente grande; basta que sus dimensiones sean superiores a la longitud de onda más baja que se quiera reproducir. Así y todo las medidas que se requieren impiden que este tipo de recinto sea aceptado.

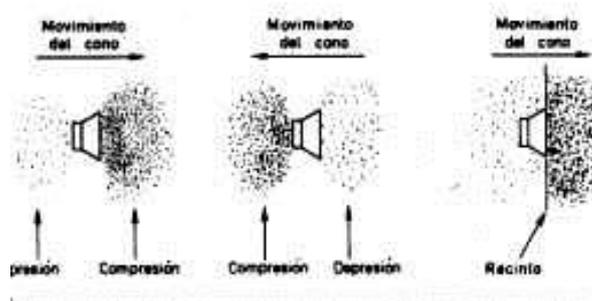


Figura 8.16. El cono del altavoz produce compresiones y depresiones en el aire circundante que el bafle separa para que no se interfieran, anulándose

Una variante consiste en practicar un agujero en la pared de la habitación de manera que la parte posterior del altavoz comunique con otra habitación, de esta manera las paredes actúan como recinto prácticamente infinito.

También se le denomina infinite al recinto formado por una caja completamente cerrada, pero hay que precisar la diferencia que existe entre ellos, ya que el aire que existe en el interior del recinto cerrado es comprimido o expandido según el movimiento del cono y esta variación de presión en el interior del recinto actúa como un muelle que modifica la frecuencia de resonancia del altavoz. lo cual no ocurre en el recinto infinito.

### **Recinto Cerrado**

Una solución más «manejable» del recinto infinite que permite eliminar el cortocircuito acústico es el recinto cerrado. Consiste en montar el altavoz en una cala completamente cerrada, de forma que la radiación posterior no pueda salir del interior del recinto.

Para amortiguar la radiación posterior del altavoz debe llenarse el interior del recinto con material absorbente, que además hace al recinto más grande desde el punto de vista acústico.

El recinto cerrado tiene varios inconvenientes además del poco rendimiento, debido que la radiación posterior del cono es convertida en calor. Además se producen en su interior ondas estacionarias al coincidir las dimensiones del recinto con un semiperíodo de la señal reproducida, por tanto hay que diseñar un recinto lo suficientemente grande si se quiere obtener una buena reproducción de las bajas frecuencias, dado que la impedancia acústica que «ve» la parte posterior aumenta a medida que el volumen de la caja

disminuye. También es alterada la frecuencia de resonancia del altavoz ya que el aire del interior del recinto modifica la elasticidad del mismo. Pero también tiene sus ventajas, ya que este tipo de recinto proporciona un suave descenso en la curva de respuesta por debajo de la frecuencia de resonancia (aproximadamente 12 dB octava); esto significa entre otras cosas que no habrá una excesiva coloración en la frecuencia de resonancia.

Una variación del tipo de recinto cerrado es el denominado de suspensión acústica, que es el más usado en los sistemas actuales de Hi-Fi. Este diseño se beneficia de la linealidad del aire actuando como medio elástico, que es superior a la de los sistemas mecánicos. En este caso se utiliza un altavoz de gran elasticidad montado en un recinto completamente cerrado donde el aire del interior actúa como una reactancia acústica que compensa la alta elasticidad del woofer. Esto da como resultado una caja acústica de reducidas dimensiones capaz de reproducir muy bajas frecuencias (figura 8.17).

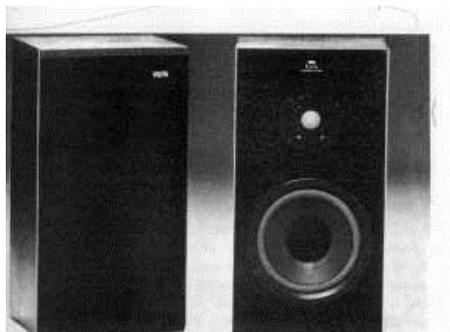


Figura 817 Pantalla acústica que utiliza un recinto cerrado capaz de reproducir muy bajas frecuencias con reducidas dimensiones.

La suspensión acústica fue introducida en los años 1950 por Edgar Willchur de Acoustic Research, y de ella deriva una multitud de altavoces tipo librería (bookshelf) que hay actualmente. Una interesante variación del sistema de suspensión acústica ha sido desarrollado por Cerwin-Vega, que denominado Thermo-Vapor Suspension consiste en utilizar un recinto cerrado relleno con un gas que es más elástico que el aire.

El resultado es un grave de más alto nivel para una caja más pequeña, es decir, una mejora del rendimiento.

### **2.5.5- Evaluación de Altavoces e Interpretación de los Resultados**

Las mediciones y evaluaciones precisas de los componentes de Hi-Fi son un arte relativamente reciente. No hace todavía mucho tiempo que la medición de cápsulas fonocaptoras resultaba un problema. La aparición en el mercado de discos con señales para pruebas ha permitido solucionar el problema

Hay que tener en cuenta que las dimensiones del altavoz son muy diferentes a las longitudes de onda que él genera. A 20 Hz, la longitud de onda de la señal reproducida es aproximadamente 40 veces superior a la dimensión del altavoz y a 20 kHz el altavoz puede ser 40 veces más grande que la señal que reproduce.

En los sistemas que utilizan varios altavoces los problemas son mayores, ya que los altavoces se Interfieren mutuamente y con el ambiente exterior, dando lugar a variaciones del sonido radiado en una u otra dirección. Hay que añadir a esto que la habitación en que

está situado el altavoz y su posición dentro de la misma. «cargan» de distinta manera al altavoz, dando resultados distintos. Estas y otras dificultades han dado lugar a que algunos especialistas declaren que un altavoz es un elemento muy difícil de medir y que su calidad debe ser evaluada mediante la audición del mismo.

Los fabricantes de altavoces utilizan varios equipos de medición acústica (figura 8.25).

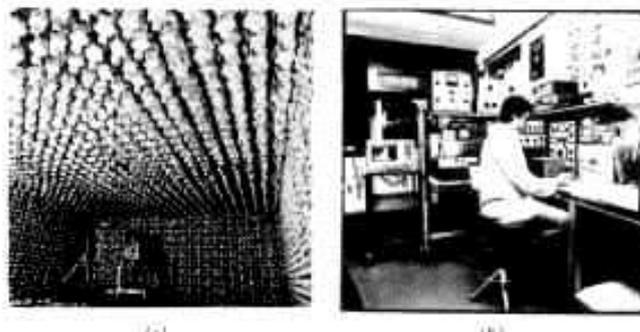


Figura 8.25 a) Cámara anecoica utilizada para la medición de altavoces; b) instrumentación utilizada en la medida de altavoces

Estos equipos producen una curva de respuesta que informa del nivel de presión sonora que produce el altavoz a diferentes frecuencias; es lo que se denomina curva de respuesta del altavoz. A menudo estas curvas son publicadas, pero su interpretación es algo difícil para el consumidor que no está entrenado para descifrar este tipo de gráficos y no puede conocer qué tipo de «respuesta» producirá en su habitación una curva determinada. Además cada fabricante toma sus curvas de respuesta en su propio laboratorio y bajo determinadas condiciones, lo cual dificulta la comparación con la curva suministrada por otro fabricante.

En el diseño de un sistema de altavoces se utilizan, además de los instrumentos de medida, evaluaciones subjetivas de los distintos prototipos. Estas mediciones se hacen en distintas condiciones acústicas y con oyentes entrenados, usando programas musicales de gran calidad. El resultado de estos tests, junto con el material del laboratorio, curvas, distorsiones, etc., permite al diseñador conocer qué parámetros son más apreciados por los oyentes y cuáles puede sacrificar para mejorar otros. No se debe olvidar que el altavoz perfecto no existe y que los distintos sistemas de altavoces que hay en el mercado son soluciones de compromiso y que según el criterio de sus diseñadores habrán tomado más importancia unos parámetros que otros.

### **Normas prácticas para la elección de un altavoz**

Vamos a dar aquí algunas reglas que conviene seguir en el momento de efectuar comparaciones entre altavoces y que son válidas también para la compra de un sistema de altavoces:

Asegurar de que el nivel de audición de los dos altavoces sea el mismo, modificando el nivel de volumen del amplificador si fuese necesario. No conviene olvidar que el oído no es lineal. es decir, no tiene la misma curva de sensibilidad a distintos niveles y es más lineal cuanto más alto es el nivel de audición; por eso se tiende a considerar como mejor la pantalla que suena más fuerte.

No hacer nunca comparaciones entre más de dos altavoces a la vez. Si se tiene que decidir tres o más altavoces hacer comparaciones A-B y luego B-C o A-C, pero nunca A-B-C, ya que el oído no puede retener la característica del primer altavoz.

Colocar los dos altavoces de prueba en una posición lo más parecida posible y equidistante del oyente, procurando que queden a una altura que sea aproximadamente la del oído. Los altavoces colocados cerca del suelo o en las esquinas producen más graves. Si el fabricante aconseja alguna posición especial, procurar seguirla. Un altavoz que haya sido diseñado para reflejar parte del sonido, no funcionará correctamente contra unas paredes muy absorbentes.

Efectuar la audición con discos o cintas conocidos, y con distintas clases de música: piano, voz, gran orquesta, etc. Si la audición la hace con discos procurar usar la misma cápsula que se va a emplear después.

Cuando se cree haber encontrado el altavoz que más satisface, escucharlo por lo menos durante media hora para ver si el tipo de sonido puede causar fatiga auditiva. Lo mejor es llevárselo a casa para oírlo en las condiciones en que se instalará. El resultado final depende en gran manera de la sala donde se coloque el altavoz.

Procurar que el amplificador que se utilice sea de características similares al que se va a usar; potencia y factor de amortiguamiento son dos parámetros que conviene sean lo más parecidos posible.

La mejor manera de hacer la comparación es usar un comparador de altavoces que permita ajustar el volumen de audición para compensar las diferencias de rendimiento entre los altavoces. pero asegurarse de que este ajuste se hace entre el previo y la etapa de potencia. Algunos aparatos tienen unos atenuadores entre la salida del amplificador y los altavoces; este tipo de atenuación puede provocar problemas en el amortiguamiento del altavoz.

### **2.5.7- Impedancia**

La impedancia que presenta a la entrada un altavoz da información sobre el tipo de carga que puede ofrecer éste sobre el amplificador. Las curvas que normalmente ve el usuario e informan sobre el valor de la reactancia que toma el altavoz según la frecuencia sin tener en cuenta si es resistiva, inductiva o capacitiva. Para poner esto de manifiesto se recurre a otro tipo de gráficos que escapan al interés de lo que nos ocupa.

Presentan generalmente un primer pico que corresponde a la frecuencia de resonancia del altavoz de graves seguido de una porción llana de la curva, que es lo que determina la impedancia nominal del sistema. A frecuencias más elevadas, la impedancia vuelve a aumentar de valor debido a la actuación de los divisores de frecuencia.

Es importante que la curva de impedancia no descienda a valores muy bajos, ya que podría causar problemas al amplificador, sobre todo si se utilizan más de un sistema de altavoces al mismo tiempo.

### **2.5.8- Respuesta en frecuencia (frequency response)**

Representa los valores mínimo y máximo de audiofrecuencias que el amplificador es capaz de reproducir, normalmente para 1 W de salida, en la entrada a que se refiere. Para que este dato sea realmente significativo debe citar claramente cuánto varía la amplitud de la señal en más y en menos con respecto a su valor medio (la gráfica representando una respuesta de este tipo se muestra en la figura 5.16).

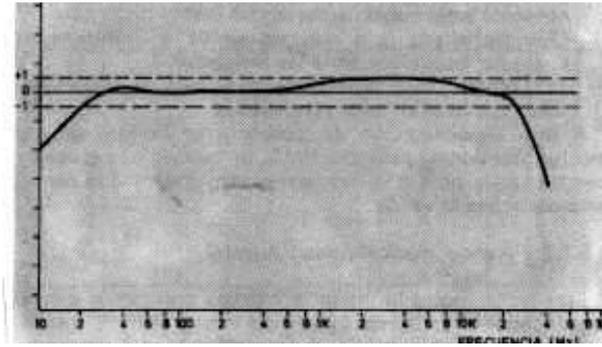


Fig. 5.16 Curva de respuesta en frecuencia cubriendo de 20 a 25000 Hz $\pm$ 1dB

La curva de respuesta informa del comportamiento del altavoz en toda la gama de frecuencias, pero por sí sola no da una Idea del comportamiento del altavoz, ya que en el resultado influyen otros muchos factores.

La curva de respuesta se toma en una habitación llamada anecoica, en la que todas sus superficies están recubiertas de material absorbente que elimina ecos y reflexiones. de manera que el micrófono sólo recoge la señal del altavoz y el comportamiento de éste no es afectado por la habitación (figura 8.25).

En El altavoz puede estar alimentado con señal senoidal y en este caso se obtiene una curva como la de la figura 8.27a. Esta curva ha sido tomada a 1 metro de distancia y en el eje de los altavoces, de 20 a 350 Hz, hay una corrección debido a que las dimensiones de la cámara anecoica en que se ha efectuado la curva de respuesta introducen un error que es necesario corregir.

Otro sistema de medición de la respuesta en frecuencia es utilizar, en vez de una señal senoidal, ruido rosa. El ruido rosa es ruido blanco atenuado 3 dB por octava a fin de que el contenido de energía en cada tercio de octava sea el mismo.

Cualquiera de los casos conviene conocer en qué condiciones ha sido tomada, ya que una misma curva puede dar gran información sobre las resonancias y coloraciones del tener diferentes representaciones, según el papel que se utilice para representarla y según la velocidad de escritura y del papel.

La forma que tome la curva de respuesta está muy relacionada con la posición del micrófono que capta la señal, ya que según esté o no en el eje de los altavoces que radian las frecuencias más altas (más direccionales) el resultado será distinto.

Otro sistema consiste en tomar la curva de respuesta en una habitación normal como la que se dispondrá para la audición y, a fin de que la posición del micrófono no influya en el resultado, la curva está tomada con un analizador en tiempo real que permite ir integrando los valores que recoge el micrófono mientras se va moviéndolo por toda el área de audición. El resultado será una curva de respuesta que debe ser lo más parecida posible a la curva ideal de reproducción de un sistema en condiciones normales de escucha.

Recientemente, y gracias al empleo de nuevos sistemas de medición, se pueden obtener curvas de respuesta tridimensionales, representadas en tres ejes: nivel, frecuencia y un tercer eje calibrado en milisegundos que informa de qué manera va disminuyendo la señal una vez ha desaparecido la señal excitadora. Este tipo de respuesta proporciona una

gran información sobre las resonancias y coloraciones del sistema de altavoces bajo ensayo, así como de su respuesta transitoria.

### **2.5.9- Distorsión armónica**

La distorsión armónica en los altavoces suele representarse por mediación de curvas separadas por armónicos, ya que es importante conocer de qué armónico se trata. La distorsión provocada por un armónico impar 3-5-7, etc., es mucho más desagradable que la que provoca un armónico par 2-4-6, etc., ya que este último está en «armonía» con la señal fundamental.

El hecho de representarlas en forma de curva proviene del hecho de que la distorsión no sigue una gráfica lineal, es decir no hay el mismo % según sea la frecuencia. Generalmente la distorsión aumenta a medida que disminuye la frecuencia.

Todas las curvas de distorsión de los altavoces deben ser referidas al mismo nivel de salida, generalmente 90 dB a 1 m, independientemente de la señal que se necesite para producirlo. De esta manera las diferencias de rendimiento que presentan distintos altavoces quedan eliminadas.

Lo dicho es igualmente válido para la distorsión de diferencia de frecuencia. En este caso se aplica al altavoz un barrido formado por dos frecuencias de igual nivel y con una separación entre ellas que hay que indicar. De este tipo de distorsión hay que indicar el valor más elevado.

## 2.5.10- Diseño de un Recinto Acústico Tipo Infinito

### Determinación de la frecuencia de resonancia

Ya vimos la necesidad de acoplar al altavoz de graves un recinto a fin de eliminar el cortocircuito acústico. Vamos a tratar ahora del diseño de un recinto infinito por ser a nuestro juicio el que está más al alcance del aficionado que desee construir su propio sistema de altavoces.

Ya vimos que el recinto infinito aumentaba la frecuencia de resonancia del altavoz, limitando de esta manera la reproducción de las bajas frecuencias. De cómo conocer esta nueva frecuencia de resonancia y poder así dimensionar al recinto es de lo que vamos a tratar ahora.

Para poder determinar el valor de la elasticidad (C) y de la masa dinámica (M), valores que raramente suministra el fabricante, procederemos primero a determinar la frecuencia de resonancia del altavoz con el montaje descrito en la figura 8.34.

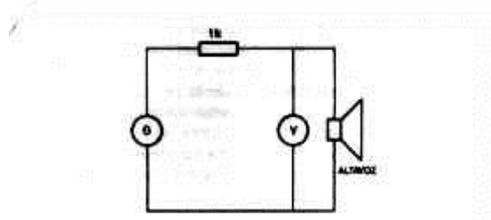


Figura 8.34 Montaje utilizado para hallar la frecuencia de resonancia de un altavoz.

Se trata de alimentar al altavoz con una señal proveniente de un generador de baja frecuencia (G) a través de una resistencia de  $1\text{ k}\Omega$  a fin de considerar al altavoz alimentado a intensidad constante. Al primer pico de señal que detectemos, en el voltímetro (V) conectado en paralelo con el altavoz leeremos la frecuencia en el generador y ésta será la frecuencia de resonancia del altavoz ( $f_r$ ).

Ahora, a fin de poder determinar la masa del altavoz (M) procederemos a pegar a la membrana del altavoz un material no magnético de masa conocida (m) y de una manera que luego nos permita retirarlo fácilmente.

#### **2.5.11- Determinación del Q (Factor de Amortiguamiento de Altavoz)**

El Q o factor de amortiguamiento del altavoz tiene gran influencia en la respuesta de las bajas frecuencias del sistema y su valor viene principalmente determinado por las características del altavoz que usemos (resistencia de la bobina móvil, largo de la misma, flujo en el entrehierro, etc.), parámetros sobre los cuales no se puede actuar ya que dependen del fabricante. Lo que sí podemos hacer es modificar las dimensiones del recinto o alterar la cantidad y calidad del material absorbente que introduzcamos en el interior ya que éste tiene gran influencia en el valor del mismo.

Valores de Q cercanos a 1 indican que la respuesta se mantendrá plana hasta la frecuencia de resonancia. Valores superiores a 1 indican un aumento de señal en la frecuencia de resonancia y son causa de un mal amortiguamiento del altavoz. Un valor de Q cercano a 0.5 se considera óptimo para un sistema de alta fidelidad.

## **CAPITULO 3**

### **SELECCIÓN Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS**

#### **3.1- Selección de los Equipos de Transmisión.**

##### **3.1.1- Estudio de Funcionamiento.**

El Amplificador que hemos habilitado se encontraba dañado por lo que hemos visto la necesidad de implementar algunas partes correspondientes del mismo para lo cual se han adquirido dos transistores de Potencia, tres Bandas Planas; todos estos materiales han sido reemplazados en el Amplificador de Potencia para lo cual hemos procedido a desarmarlo para sacar las partes que se encontraban dañadas.

Luego de haber reemplazado los repuestos en el equipo, este ha quedado en perfecto estado de funcionamiento lo que nos ha permitido Habilitar e Implementar todo el Exterior del Instituto y los diversos sitios de recreación poniendo a consideración de los alumnos militares y civiles, personal administrativo, empleados civiles y todo el personal que labora en el Instituto.

En el caso de los parlantes se encuentran en perfecto estado de funcionamiento y han sido implementados en el casino de alumnos, bar-cafetería, gimnasio, comedor, auditorio brindando un buen servicio de información.

Los Megáfonos han sido implementados en las villas de alumnos, pista de Pentatlon y en algunas canchas deportivas, estos son nuevos y adquiridos para una cobertura más amplia de los sitios de recreación del “ITSA”.

### **3.1.2- Ventajas y Desventajas.**

#### **Ventajas**

--Luego de la Reparación del equipo Amplificador se ha logrado un buen funcionamiento con la misma potencia de salida original de 100 Wats.

-- La nitidez de la señal en los Altavoces es de Alta fidelidad, cubriendo así todas las instalaciones del Instituto.

-- El ahorro de tiempo en transmitir una información al personal que se encuentre realizando cualquier tipo de actividades.

#### **Desventajas.**

-- El sistema quedaría fuera de servicio en el caso de no existir energía eléctrica.

-- La ruptura de un cable cualquiera dejaría sin servicio de información a la dependencia a donde estaba dirigido.

-- La utilización incorrecta del equipo Amplificador en el cine mientras se proyecta una película causaría inconvenientes y molestias al público.

### **3.2- Evaluación del Sistema de Transmisión**

Luego de la Habilitación e Implementación del Sistema Externo de Información en el Instituto se ha obtenido buenos resultados, los que se han visto reflejados en la gran utilidad que presta el servicio de información a todo el personal.

## CAPITULO 4

### REQUERIMIENTOS TECNICOS

#### 4.1- Amplificador de Potencia

A continuación vamos a exponer todas las características técnicas de un amplificador integrado, es decir de un amplificador en el que se reúne en una caja común, el preamplificador y el amplificador de potencia.

Las características técnicas a considerar en un amplificador de alta fidelidad son las siguientes:

- ❖ Potencia de salida.
- ❖ Respuesta de frecuencia.
- ❖ Banda de Potencia.
- ❖ Relación Señal/ruido.
- ❖ Nivel de Entrada.
- ❖ Nivel de Saturación de cada entrada.
- ❖ Nivel de Salida.
- ❖ Margen de actuación de los controles de Graves y Agudos.
- ❖ Características de actuación del compensador.
- ❖ Actuación de los Filtros.
- ❖ Distorsión Armónica Total.

- ❖ Distorsión de Intermodulación.
- ❖ Distorsión de Intermodulación transitoria
- ❖ Impedancia de salida.

#### **4.2- Características técnicas de un altavoz**

Las características técnicas más importantes de un altavoz podemos resumirlas en las siguientes:

Impedancia.

Frecuencia de resonancia.

Respuesta de frecuencia.

Potencia admisible.

Potencia mínima.

Directividad

Distorsiones.

Rendimiento.

Sensibilidad.

Resistencia de la bobina móvil.

Campo magnético del imán permanente.

#### **Conexión de altavoces**

Para una conexión correcta de los altavoces debe tenerse en cuenta, además de la potencia nominal y potencia admisible, la impedancia propia de cada unidad y se salida del amplificador.

La impedancia de salida del amplificador debe coincidir con la impedancia total de los altavoces conectados a ella, pues de lo contrario se corre el riesgo de una pérdida de potencia acústica o de una sobrecarga capaz de destruir la última etapa amplificadora o el propio altavoz.

Los altavoces pueden conectarse en serie, en derivación o en conexión mixta. De todas estas conexiones haremos referencia a continuación.

### **Conexión en serie de altavoces**

La impedancia total de dos o más altavoces conectados en serie es igual a la suma aritmética de las impedancias parciales. Es decir:

$$Z_T = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n$$

Este sistema de conexión se utiliza en aquellos casos en los que la impedancia de los altavoces es inferior a la impedancia de salida del amplificador. Así, supongamos un amplificador cuya impedancia de salida es de  $8\Omega$  y disponemos sólo de altavoces de  $4\Omega$ . La solución al problema consistirá, pues, en conectar dos altavoces en serie, lo que daría una impedancia total de:

$$Z_T = Z_1 + Z_2 = 4\Omega + 4\Omega = 8\Omega$$

### **Conexión en derivación de altavoces**

En la conexión en paralelo o derivación de altavoces, la inversa de la impedancia total es igual a la suma de los inversos de las impedancias parciales.

Este sistema de conexión se utiliza en aquellos casos en los que la impedancia de la altavoces es superior a la impedancia de salida del amplificador.

Supongamos un amplificador cuya impedancia de salida es de  $4\Omega$  y disponemos sólo de altavoces de  $8\Omega$  de impedancia. La solución será, pues, conectar dos altavoces de  $8\Omega$  en derivación, ya que de esta forma la impedancia total de los altavoces será igual a la impedancia de salida del amplificador.

### **Conexión mixta de altavoces**

Cuando la potencia entregada por el amplificador es superior a la que pueden disipar los altavoces, se recurre al montaje mixto de varias unidades, de forma que entre todos pueda disiparse la potencia que entrega el amplificador. La fórmula de cálculo para obtener una impedancia total de los altavoces igual a la impedancia de salida del amplificador, está basada en las fórmulas de las dos conexiones anteriores, es decir en la suma de impedancias en serie y en derivación.

En las siguientes figuras puede ver dos esquemas de conexión mixta de altavoces y en lo que, como podrá deducir el lector, la impedancia total de los altavoces es igual a la impedancia de salida del amplificador.

### **4.3- Cables**

El cable a utilizar debe ser, por supuesto, de la mejor calidad, apantallado y con baja capacidad. Hay que tener en cuenta que a veces el ingeniero de sonido maneja el equipo desde la parte posterior de la zona del público; allí percibe la respuesta general del sistema

en el auditorio y modifica en consecuencia los mandos a fin de obtener instantáneamente los resultados o efectos buscados; todo esto implica la utilización de cables muy largos, lo que obliga a que sean de muy alta calidad para evitar degradaciones de la señal.

Es aconsejable la utilización de mangeras multipares entre el Amplificador y los Altavoces, que acaben en cada extremo en una caja de conexiones perfectamente identificadas.

Se reduce así el tiempo de la instalación y el montaje es simple, limpio y muy rápido ya que en ciertas situaciones debemos conectar el equipo completo en un espacio muy reducido de tiempo.

#### **4.4- Interruptores para cada Aplicación.**

En cuanto a los conectores e interruptores, se tiende a la normalización de los tipo Canon XLR de 3 contactos. Una de las patillas (la de masa o tierra) se conecta antes que las demás para protección.

Gracias a esto, los micrófonos y parlantes se pueden conectar y desconectar durante una aplicación cualquiera sin problemas de zumbidos o chasquidos, en el caso de utilizar interruptores con otras características de fabricación se debe tomar en cuenta que se utilizarán aquellos que estén más de acuerdo a los requerimientos técnicos de nuestro Amplificador, para evitar contratiempos.

La mayoría de veces debido a la utilización de ciertos implementos que no corresponden a nuestro equipo el mismo empieza a deteriorarse tanto físicamente como en su calidad de señal con el transcurso del tiempo, de ahí la importancia de utilizar los Requerimientos Técnicos Generales especificados por el fabricante.

## **CAPITULO 5**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALTAVOCES**

#### **5.1- Diseño del sistema**

Este sistema de altavoces externo del Instituto se encuentra diseñado para cubrir necesidades de información y comunicación de todo el personal del ITSA, el mismo que consta de las siguientes partes:

El amplificador el cual se encuentra en la prevención del ITSA, el mismo que es el control de mando de todo el sistema y desde el cual se transmite la información por medio de un micrófono por donde entra la información en forma de pulsos eléctricos hacia el amplificador, el cual amplifica dichos pulsos y los transmite mediante el cable hacia los altavoces.

#### **5.2- implementación del sistema**

La ubicación del equipo amplificador esta en la prevención por seguridad, debido ha que existe un guardia las 24 horas al día, el mismo que será el responsable del manejo y cuidado del equipo.

Debido a la carencia de un sistema externo de información rápido y preciso en el Instituto, hemos visto la necesidad de Implementarlo de manera que cubra con todas las áreas del mismo como son:

- \_ Casino de Alumnos.
- \_ Auditorio / Cine.
- \_ Comedor de Alumnos.
- \_ Gimnasio.
- \_ Bar / Cafetería.
- \_ Canchas y Pista Militar.
- \_ Villas de Alumnos Militares y Civiles.

Facilitando así la rápida comunicación dentro de todo el Instituto.

#### 5.2.1- Plano de Ubicación y Alcance del Sistema.

- Ver ANEXO 4.

## **CAPITULO 6**

### **PRUEBA DE OPERABILIDAD Y EFECIENCIA**

#### **6.1- Verificación de continuidad en el cableado**

Se ha verificado todo el cable existente en el antiguo sistema de información y en vista de no existir una buena continuidad (El Multímetro proporciona una lectura Infinita), hemos procedido a cambiar todo el cable del sistema de información del instituto, para obtener un buen resultado y evitar fallas y problemas en la utilización de este sistema vital de información externa del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

#### **6.2- Verificación de ohmiaje en los Equipos de Altavoces**

Hemos hecho un chequeo y una medición minuciosa de todos los altavoces existentes del Instituto y en vista de encontrarnos con 2 altavoces con una medición de ohmiaje de 0,0 ( ) ya que para estar en perfecto funcionamiento este debería tener una lectura mínima de 4 ( ) por lo cual adquirimos y reemplazamos 2 altavoces nuevos.

En los altavoces que hemos adquirido no hay ningún problema en la medición de ohmiaje ( 16 ) de tal manera que todos los altavoces tienen una excelente salida. En el caso de los megáfonos se adquirido 3 mas adicionales de los existentes para de esa manera tener un buen alcance del sistema en todo el Instituto.

#### **6.3- Verificación de Potencia en los Equipos**

El Equipo Amplificador existente en el instituto que se encontraba dañado, se ha logrado reparar con el remplazo de varias piezas (4 Transistores de Potencia TOSHIBA

#2N3055 9122, JAPAN, 2 bandas planas de casetera ), y de tal forma que lo hemos activado con la misma capacidad de un equipo nuevo, con 100 Wats de potencia de salida y una buena transmisión de energía hacia todos los altavoces y megáfonos del Instituto logrando un buen alcance en todas las canchas, patios de formación y pista de pentlaton Militar.

#### **6.4- Verificación de funcionamiento de todo el Equipo**

Una vez instalado todo el sistema de información externo del Instituto se ha puesto en practica el equipo Amplificador y los altavoces, definiendo su funcionamiento perfecto sin defectos ni ruidos en la transmisión de voz. Hemos realizado algunas pruebas de transmisión y se ha obtenido unos buenos resultados en los altavoces y megáfonos del instituto.

Se podría decir que se escucha en todo el instituto (canchas, pista de pentlaton, canchones de los alumnos y en los patios de formación) la transmisión de voz.

## CAPITULO 7

### ANALISIS DE RESULTADOS

#### 7.1- Análisis de potencia de salida de los altavoces

La potencia de salida que tiene este sistema de información externo del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico se detalla de la siguiente manera.

Equipo Amplificador de Potencia	100 Wats	de	potencia de salida
Equipo de Altavoces	40 Wats	de	potencia de salida
Equipo Megáfonos	100 Wats	de	potencia de salida

#### Lecturas Obtenidas

Las lecturas que hemos obtenido en el sistema de Información se detalla a continuación:

#### Lectura de Potencia en Wats

Equipo Amplificador de Potencia	100	Wats
Equipo de Altavoces	40	Wats
Equipo Megáfonos	100	Wats

## Lectura de Resistencia en Ohmios

### Equipo de Altavoces:

Casino:	35.7 ( )
Comedor:	27.9 ( )
Gimnasio:	27.9 ( )
Auditorio:	35.9 ( )

### Equipo Megáfonos:

Pista Militar:	8 ( )
Patio Alumnos:	8 ( )
Parqueadero:	8 ( )

Cable Gemelo de Telefono 2 ( )

## **CAPITULO 8**

### **MARCO ADMINISTRATIVO**

#### **8.1- Cronograma de Actividades**

➤ Ver Anexo 1

#### **8.2- Presupuesto**

➤ Ver Anexo 2

## **CAPITULO 9**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **9.1- Conclusiones**

- El sistema de información se habilito totalmente de tal manera que pueda brindar un servicio rápido y efectivo a todo el personal del "ITSA"
- El servicio de información no interrumpe el normal desempeño de las actividades diarias del Instituto
- Para la habilitación del equipo amplificador se necesito de todos conocimientos de Electrónica y Telemática adquiridos durante todo el periodo de estudios
- Con este proyecto hemos concluido que el sistema de información es vital importancia para el Instituto. Por que no se puede concebir un Instituto sin un medio de Información y Comunicación.

#### **9.2- Recomendaciones**

- Se recomienda al operador que debe conocer el funcionamiento del equipo, tener criterio y responsabilidad para transmitir la información

- También se recomienda no operar el equipo en caso de existir cortes o racionamiento de energía eléctrica puesto que se puede quemar.
- El sistema de información debe ser utilizado con un nivel reducido de volumen en lugares cerrados (Auditorio, casino, comedor, Gimnasio)
- El uso inadecuado del sistema de información durante la proyección de películas en el cine puede causar molestias en el público general.
- En caso de usar la casetera se lo debe hacer con un nivel reducido de volumen.
- Si se hace algún cambio en los altavoces o parlantes se debe tener en consideración que cumpla las impedancias diseñadas.
- Todo el sistema tiene que ser sometido a un mantenimiento preventivo por lo menos una vez al año, Este mantenimiento consiste en limpieza, comprobación de continuidad en los cables, verificación de potencias en los equipos
- La transmisión de los mensajes o información para el personal militar debe ser mediante un código fonético. (VER ANEXO 3)

### **9.3- Ventajas**

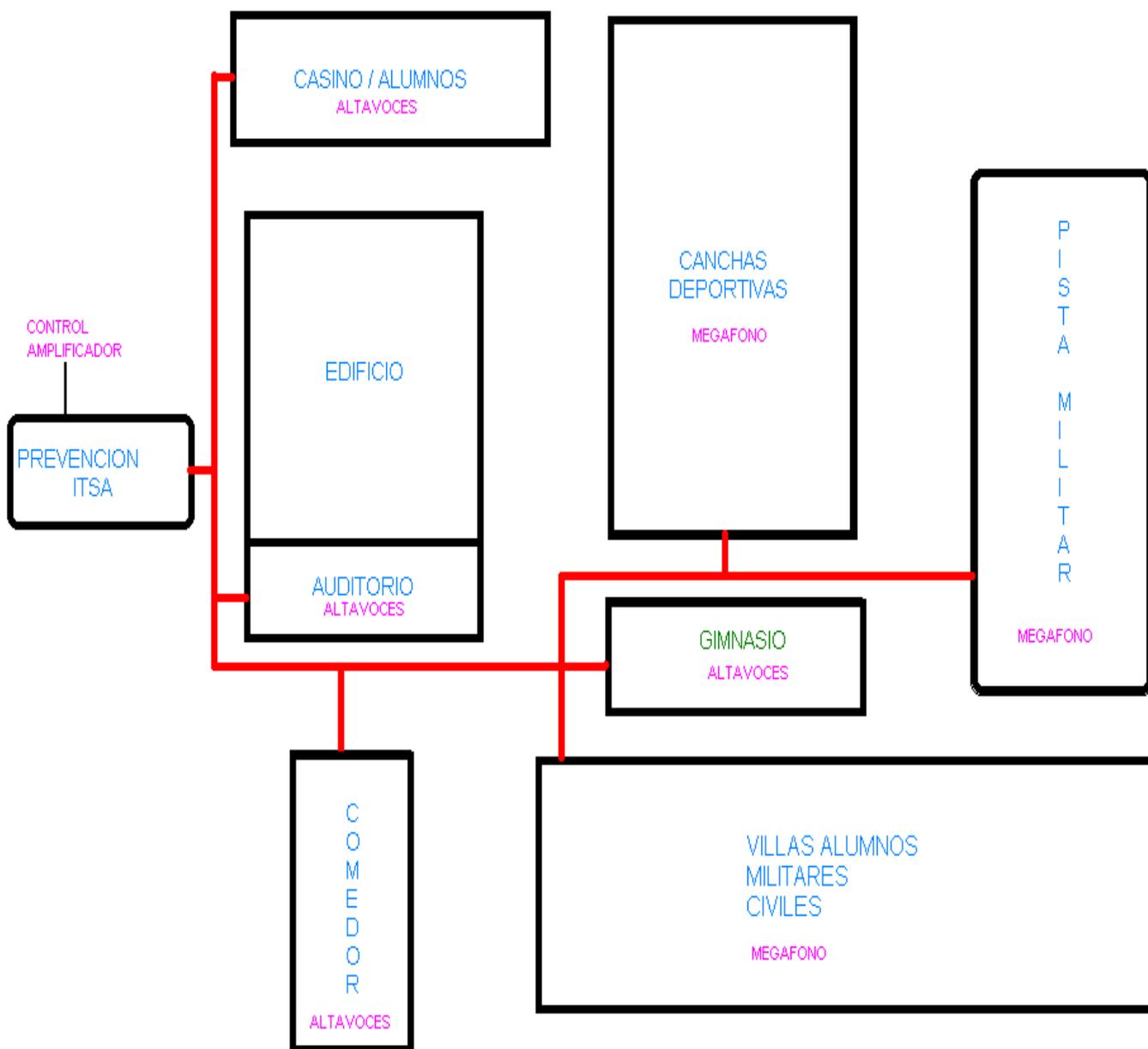
- Informar al personal del Instituto sin interrumpir sus actividades.
- Comunicar a las personas en caso de ser requeridos en algún lugar específico.
- El sistema de información Externo del Instituto es muy fácil y rápido de operar.

- En caso de existir discontinuidad del cable de determinado lugar, solo el área afectada se quedara sin servicio y todo el resto del sistema funcionara normalmente.

Con la creación de este proyecto se reduce la utilización de los alumnos (Mensajeros) en la localización de determinadas personas dentro del instituto.

# **ANEXOS**

# ANEXO 1



## ANEXO 2

### PRESUPUESTO

#### RECURSOS MATERIALES

CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
700	HOJAS DE PAPEL	\$ 0,04	\$ 28,00
3	IMPRESIÓN POR COPIA	\$ 20,00	\$ 60,00
120	ALQUILER DE PC	\$ 0,40	\$ 48,00
7	DISQUETTES	\$ 0,45	\$ 3,15
3	EMPASTADO	\$ 8,00	\$ 24,00
600	CABLE DE TELEFONO	\$ 0,18	\$ 108,00
6	PARLANTES	\$ 10,00	\$ 60,00
1	MICROFONO CHINE CM-200	\$ 68,00	\$ 68,00
1	EQUIPO AMPLIFICADOR	\$ 50,00	\$ 50,00
10	TERMINALES	\$ 0,20	\$ 2,00
2	TYPE	\$ 1,00	\$ 2,00
1	CAJETIN	\$ 4,00	\$ 4,00
2	CAJA PARA PARLANTES	\$ 3,00	\$ 6,00
36	TORNILLOS	\$ 0,05	\$ 1,80
1	MULTIMETRO	\$ 10,00	\$ 10,00
10	INTERNET	\$ 1,00	\$ 10,00
3	CARTUCHOS DE CINTA	\$ 4,00	\$ 12,00
4	TRANSISTORES 2N0987	\$ 4,50	\$ 18,00
1	REPUESTO (PUENTE DE DIODOS)	\$ 8,50	\$ 8,50
3	ALTAVOZ Y DRIVER DE 100W	\$ 62,50	\$ 187,50
2	BANDAS PLANAS	\$ 0,40	\$ 0,80
4	SWITCHES	\$ 0,20	\$ 0,80
2	ESTILETE	\$ 1,00	\$ 2,00
1	GASTOS ADICIONALES:	\$ 50,00	\$ 50,00
1	REPARACION	\$ 20,00	\$ 20,00
1	VIDRIO	\$ 3,00	\$ 3,00
1	MARCO DE CUADRO	\$ 2,00	\$ 2,00
5	FOTOGRAFIAS	\$ 1,00	\$ 5,00
	<b>TOTAL TESIS</b>		\$ 794,55

**RECURSOS HUMANOS**

TUTOR	SGOS. ING. BASTIDAS HOLGER
INTEGRANTE 1	CBOS. ORDÓÑEZ LENIN
INTEGRANTE 2	CBOS. MOYOTA JOSE

## ANEXO 3

### PLAN PROPUESTO

TIEMPO ACTIDADES	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elección del Tema	X																											
Elaboración del Perfil		X																										
Aceptación del Perfil			X	X																								
Obtención de los Elementos para la realización del Proyecto				X									X	X	X													
Elaboración del Cap. I, II					X	X	X																					
Elaboración del Cap. III e Iniciación del Trabajo Práctico								X	X	X																		
Elaboración del Cap. IV y continuación del Trab. Práctico									X	X	X																	
Elaboración del Cap. V, VI, VII, y avances del Proyecto												X	X	X														
Elaboración del Cap. VIII, IX y finalización del Proy. Práctico													X	X	X													
Revisión del Proyecto teórico y práctico.															X	X	X											
Entrega de Borradores																	X	X	X	X	X	X	X					
Predefensa de Tesis																									X	X		
Defensa de Tesis																											X	X

## ANEXO 4

### CODIGO FONÉTICO

OFICIALES	OSCAR
SUBOFICIAL	SIERRA
SARGENTO	ROMEO
CABO	CHARLIE
SOLDADO	LIMA
ALUMNO (MILITAR)	ALFA
ALUMNO (CIVIL)	ECO (SEÑOR)
EMPLEADO CIVIL	ECO

### ESPECIALES

OFICIAL DE CONTROL	OSCAR CHARLIE
OFICIAL DE GUARDIA	OSCAR GOLFO
OFICIAL DE SEMANA	OSCAR SIERRA
SUBALTERNO DE GUARDIA	SIERRA GOLFO
SUBALTERNO DE SEMANA	SIERRA SIERRA
CLASE DE SEMANA	CHARLIE SIERRA
CABO DE LA MARINA	TANGO
ALUMNO DE GUARDIA	ALFA GOLFO
ALUMNO DE SEMANA	ALFA SIERRA

## ANEXO 5

### GUIA DEL USUARIO

En este manual detallaremos la manera de operación del sistema de información externa del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico para lo cual se recomienda seguir los pasos que se establecen a continuación:

1. Estar seguro del mensaje o información que se va a transmitir .
2. Seleccionar a que área se va a transmitir el mensaje o información mediante la utilización del selector de áreas.
3. Seleccionar el nivel de volumen del (**Mic 1**) indicado en el selector de áreas.

➤ CASINO	NIVEL 3
➤ COMEDOR	NIVEL 3
➤ AUDITORIO	NIVEL 3
➤ GIMNASIO	NIVEL 3
➤ PISTA / CANCHAS	NIVEL 6

4. Encender el equipo amplificador.
5. Encender el micrófono
6. Esperar 10 segundos hasta que se encienda el foco indicador del micrófono.
7. Hablar pausadamente el mensaje de información que se desea transmitir con una distancia de 10 cm. de separación la boca del micrófono repitiendo dicho mensaje 2 o 3 veces.

8. Luego de haber transmitido el mensaje o información apagar primero el micrófono.
9. Apagar el interruptor del área .
10. Apagar el Equipo Amplificador.

**RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda a la persona que vaya a operar el equipo no mover ningún control en el equipo amplificador a más del volumen (Mic1) que se está especificando.
- En caso de no cumplirse el paso (4 o 5) intentar una vez más, caso contrario consultar al técnico encargado.
- Se recomienda el uso estricto del Código Fonético.
- Es recomendable realizar un mantenimiento preventivo cada doce (12) meses.

## **MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo es muy importante para mantener un buen estado de funcionamiento el sistema de información externa del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico. Además este mantenimiento sirve para prevenir fallos de funcionamiento en los equipos de altavoces , equipo de bocinas, y en los diferentes cables de conexión

### **MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**

El mantenimiento preventivo lo deberá realizar un técnico encargado o cualquier técnico que tenga conocimientos suficientes en Electrónica para lo cual se recomienda seguir los pasos que mencionamos a continuación:

1. Desconectar la energía eléctrica al Equipo Amplificador y micrófono.
2. Desconectar los cables de las diferentes áreas que ingresan al Equipo Amplificador.
3. Realizar una limpieza de todas las puntas de los cables.
4. Con un multímetro realizar las mediciones por áreas.
5. Tomar el cable común y cada uno de los cables que salen del selector de áreas.
6. Comparar la lectura de Impedancias obtenidas en el multímetro con las medidas de la tabla especificada.

## **TABLA DE IMPEDANCIAS EN LAS DIFERENTES AREAS**

CASINO	35.7 ( $\Omega$ )
COMEDOR	27.9 ( $\Omega$ )
AUDITORIO	35.9 ( $\Omega$ )
PISTA	8 ( $\Omega$ )

7. Repetir los pasos 5 y 6 para cada área.
8. Si la medida de las impedancias sobrepasa la medida indicada en la tabla o la lectura es cero (0), a este cable se lo separa para en lo posterior chequear las instalaciones y los equipos de Altavoces y Megáfonos.
9. Si la lectura obtenida es igual o se aproxima a la lectura de la tabla especificada en el Paso 6. No es necesario chequear las instalaciones lo que quiere decir que el Sistema se encuentra en perfecto estado de funcionamiento.

### **MEDIDAS ERRÓNEAS EN LAS TABLAS**

En el caso de que las lecturas obtenidas sobrepasen las lecturas de la tabla se tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Identificar el cable que presenta una medición errónea .
2. Seguir en el plano de ubicación ( VER ANEXO 1), la instalación del cable a dicha área.

3. Chequear minuciosamente el cable que no tenga contactos con metales o que no exista partes del cable que estén sin protección (peladas).
4. Realizar este chequeo del cable y en las uniones hasta llegar al parlante o altavoz.
5. Si no existe ningún desperfecto en el cable y en las uniones se deberá realizar la medición de las impedancias en los parlantes y megáfonos.
6. Las lecturas obtenidas en el multímetro se deberá comparar con las lecturas especificadas en la tabla.

### TABLA IMPEDANCIA DE LOS ALTAVOCES Y BOCINAS

ALTAVOCES	128.7 ( $\Omega$ )
MEGÁFONOS	14 ( $\Omega$ )

7. Si las lecturas obtenidas no se aproximan a la tabla o de hecho la medición es cero ( $0 \Omega$ ) se recomienda reemplazar el parlante.
8. Si las lecturas obtenidas no se aproximan a la tabla o de hecho la medición es cero ( $0 \Omega$ ) se recomienda rebobinarlo o a su vez reemplazar por uno nuevo.

#### **Recomendaciones:**

- En caso de existir fallos en el Equipo Amplificador se recomienda no mover ningún control y llevarlo al laboratorio de electrónica para someterlo a una prueba más exhaustiva.

- En caso que se quiera incrementar el número de altavoces o bocinas se recomienda hacerlo con un técnico en electrónica o a su vez verificar que no se alteren los requisitos de potencia del equipo y bocinas.
- En el caso que se quiera deshabilitar un altavoz o bocina se recomienda consultar a un técnico o especialista en electrónica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Biblioteca de Ingeniería Electrónica Dr. Charles L. Alley.
- Alta Fidelidad Francisco Ruiz Vasallo.
- Enciclopedia Teórica Práctica en Electricidad y Electrónica José Mompin Polet.
- Curso Práctico de Radioaficionado CEKIT.
- Electrónica Lane K. Bronson.
- Internet