

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
CENTRO EDUCACIONAL "REY BALDUINO DE BELGICA"
TALCAHUANO

T621.383
6589
1983
c.1

"COMPENSACION ELECTRONICA
EN UN SISTEMA ACUSTICO"

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE
TECNICO UNIVERSITARIO EN ELECTRONICA INDUSTRIAL

ALUMNO: GERARDO GONZALEZ CORREA

PROF. GUIA: SERGIO BRICENO M.

387



118

DEDICATORIA

A MIS PADRES,
A MI ESPOSA CECY,
Y EN ESPECIAL A MI
FUTURO BEBE.

AGRADECIMIENTOS

Congratúlame expresar mis más sinceros agradecimientos a quienes, de una u otra forma, hicieron posible realizar este trabajo de titulación, que me dá la oportunidad de convertirme en un profesional útil a mi país.

- Profesor Guía: Sr. SERGIO BRICEÑO M.
- Jefe Sección Electrónica: Sr. RAMON SAAVEDRA
- Profesor de Electrónica: Sr. RAUL PINTO M.
- Profesor de Electrónica: Sr. OSVALDO GONZALEZ
- Profesor de Electrónica: Sr. GONZALO HORMAZABAL
- Profesor de Electrónica: Sr. FELIPE TURCSANYI R.
- Funcionarios de U.T.F.S.M. en general.

INTRODUCCION

El autor del presente trabajo es un aficionado a la alta fidelidad, con tal motivo se interesó en el estudio de la caja acústica RH 545 desarrollada por PHILIPS, la cual incorpora un sistema electrónico destinado a corregir distorsiones y optimizar las características acústicas.

Posteriormente, el autor decidió contar con un sistema similar al anterior, para ello realizó una versión modificada de la caja acústica RH545.

INDICE GENERAL

CAPITULO I		Página
SISTEMAS ACUSTICOS		
1.1.	El sonido	1
1.1.a.	Intensidad de un sonido	1
1.1.b.	Tono de un sonido	2
1.1.c.	Timbre de un sonido	2
1.2.	El parlante	2
1.3.	Tipos de parlantes	3
1.3.a.	Woofer	3
1.3.b.	Mid Range	4
1.3.c.	Tweeter	4
1.4.	Impedancia de un parlante	5
1.5.	El Baffle	7
1.5.a.	Baffle perfecto	8
1.5.b.	Baffle de resonancia infinita	8
1.5.c.	Baffle reflector de bajos	9
1.6.	Filtros separadores de frecuencias	11
CAPITULO II		
CAJAS ACUSTICAS MFB		
2.1.	Piezo electricidad	12
2.2.	Cerámicas piezoeléctricas	12
2.2.a.	Comportamiento dinámico	13
2.2.b.	Cerámicas piezoeléctricas flexibles	14
2.3.	Diagrama de bloques baffle Philips RH545	15
2.4.	Descripción diagrama de bloques	16
2.4.a.	Ajuste nivel de entrada	16
2.4.b.	Filtro selector de notas agudas	16
2.4.c.	Filtro pasa altos	16

2.4.d.	Amplificador de potencia para agudos	17
2.4.e.	Control de tonos	17
2.4.f.	Filtros correctores de ubicación	17
2.4.g.	Filtro pasa banda	18
2.4.h.	Amplificador de notas medias	18
2.4.i.	Filtro pasa bajo	19
2.4.j.	Sistema de realimentación dinámica	19
2.4.k.	Amplificador de potencia para notas graves	21
2.4.l.	Interruptor automático y fuente de poder	22
2.4.m.	Circuito de protección	22

CAPITULO III

BREVE DESCRIPCION DEL CTD. RH545

3.1.	El preamplificador	23
3.2.	Sistema MFB	30
3.3.	Amplificador de potencia	34
3.3.a.	Amplificador de notas bajas	34
3.3.b.	Amplificador de notas medias	34
3.3.c.	Amplificador de notas agudas	35
3.4.	Sistema de protección	35
3.5.	Interruptor automático	36

CAPITULO IV

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ACUSTICO

COMPENSADO CON CIRCUITOS ELECTRONICOS

4.1.	Implementación del Bufer	39
4.2.	Implementación del control de tonos	40
4.3.	Implementación de los filtros de cruce	43
4.4.	Amplificador de potencia	46

4.5.	Sistema MFB	49
4.6.	Interruptor automático	51
4.7.	Fuente de alimentación	

CONCLUSIONES

PLANOS GENERALES

BIBLIOGRAFIA



C A P Í T U L O N º 1

SISTEMAS ACUSTICOS

En el presente capítulo se definirá brevemente lo que es el sonido y algunos sistemas destinados a la reproducción de éste.

1.1.- EL SONIDO:

Desde el punto de vista fisiológico, se define el sonido como una sensación producida en el órgano del oído, producto de vibraciones periódicas transmitidas por un medio, en este caso el aire, y con una frecuencia comprendida aproximadamente entre 20 y 20.000 Hz.

Un sonido se distingue de otro por caracteres denominados Intensidad, Tono y Timbre.

1.1.a.- INTENSIDAD DE UN SONIDO:

Se define la intensidad de un sonido como la sensación de mayor o menor volumen a una misma frecuencia, es decir, que la energía recibida en el tímpano en forma de presiones y depresiones es de mayor o menor intensidad. En el oído humano la intensidad tiene un límite inferior llamada intensidad umbral y se define como la mínima señal capaz de producir sensación auditiva.

Según el Dr. Harvey Fletcher, la intensidad umbral es distinta para cada frecuencia, esto lo demostró sometiendo a examen auditivo a un conjunto de personas con oído normal, obteniendo la curva característica de intensidad umbral que se ilustra en la figura N° 1.1. Para los efectos de mediación se asigna como referencia 0dB a la frecuencia de 1KHz y que corresponde a una intensidad de 10^{-16} W/cm^2 ; luego para la frecuencia de 40Hz es necesario aumentar 1000 veces la se-

nal para obtener sensación auditiva, ésto corresponde a una intensidad de 10^{-13} W/cm².

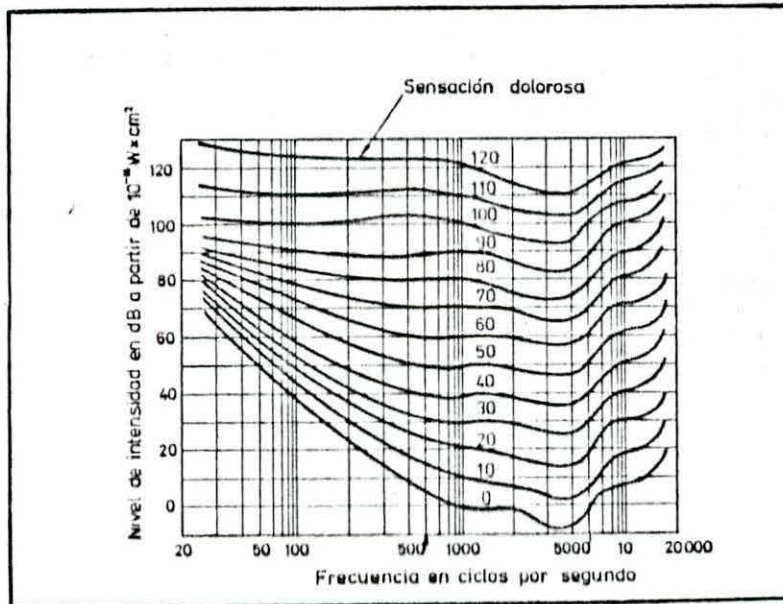


FIG. N° 1.1

1.1.b.- TONO DE UN SONIDO:

El tono de un sonido se refiere a la frecuencia de la onda que causa sensación auditiva para un mismo nivel de intensidad, luego un sonido tiene el tono más alto que otro cuando la frecuencia de la onda sonora es más elevada.

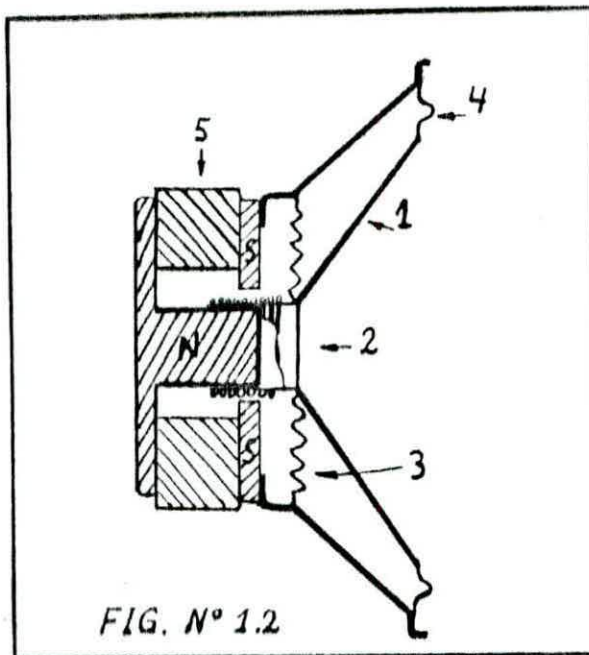
1.1.c.- TIMBRE DE UN SONIDO:

El timbre es el carácter que permite diferenciar sonidos de igual frecuencia, está en relación con el contenido de armónicas que posee la onda fundamental, es decir, un instrumento de cuerdas suena distinto a un instrumento de viento interpretando la misma nota musical.

1.2.- EL PARLANTE:

El parlante es un elemento traductor electroacústico que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, ésta se aprovecha para mover el cono y producir frentes de ondas de presión y de depresión.

El principio de funcionamiento de el parlante, se basa en la interacción de dos campos magnéticos, uno que es constante, producto de un imán permanente y el otro, un campo magnético variable, producto de la corriente alterna que circula por la bobina. De esta forma la bobina describe un movimiento igual a la frecuencia de la tensión aplicada; es decir, si se aplica a los bornes del parlante una tensión con frecuencia senoidal el cono se mueve hacia adelante si la tensión es positiva y hacia atrás si la tensión es negativa, pasando por la posición de equilibrio cuando la tensión es cero.



La figura N° 1.2.- ilustra un parlante seccionado para visualizar sus principales partes constituyentes:

- 1.- Cono o diafragma
- 2.- Bobina móvil
- 3.- Suspensión interior
- 4.- Suspensión exterior
- 5.- Sistema de campo magnético y su polaridad.

1.3.- TIPOS DE PARLANTES:

Debido a la dificultad de fabricación de un parlante con capacidad de reproducción de toda la gama de frecuencia de audio (20-20.000 Hz) se opta por fabricar parlantes con rango de frecuencia menor, ésto es, un parlante que reproduzca con buena fidelidad las frecuencias bajas, frecuencias medias o frecuencias agudas.

1.3.a.- WOOFER:

Se denomina así al parlante reproductor de frecuencias bajas, éste es de gran diámetro y la constitución del cono es rígida y firme debido a los grandes desplazamientos que tiene que efectuar, ge

neralmente la suspensión exterior (ver figura N°1,2) es de goma o cartón con varios pliegues.

1.3.b.- MID RANGE:

Es el nombre que recibe el parlante de "notas medias", su rango de operación es de 500 Hz a 5 KHz generalmente. Su forma física varía de un fabricante a otro, pero las características generales son similares, el diafragma es de forma cónica o esférica, generalmente este elemento es de masa liviana y la suspensión exterior tiene mayor rigidez que la del WOODFER. Generalmente este parlante tiene su propia caja de resonancia, como una unidad independiente.

1.3.c.- TWEETER:

Se denomina así al parlante reproductor de notas agudas. Su rango de operación va desde 1500 Hz hasta más de 22 KHz, el diafragma es de forma esférica y de muy poca masa. El TWEETER es una unidad sellada en su lado posterior, lo que constituye una unidad independiente. Las figuras N° 1.3.a., N° 1.3.b. y N° 1.3.c., muestran las gráficas de respuestas de frecuencia típicas de los parlantes mencionados anteriormente.

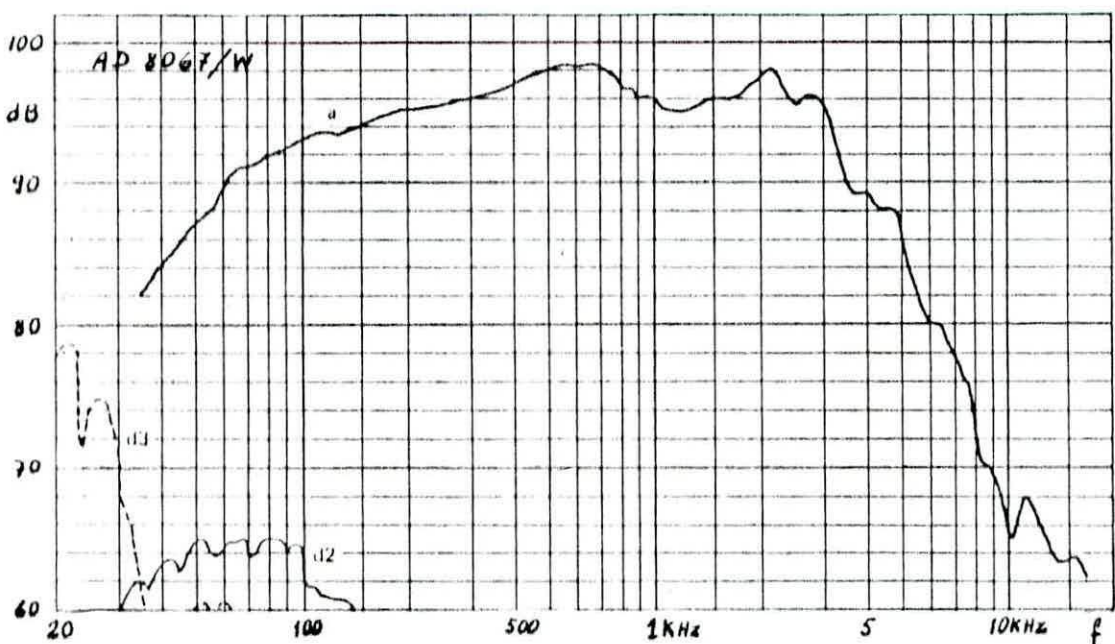
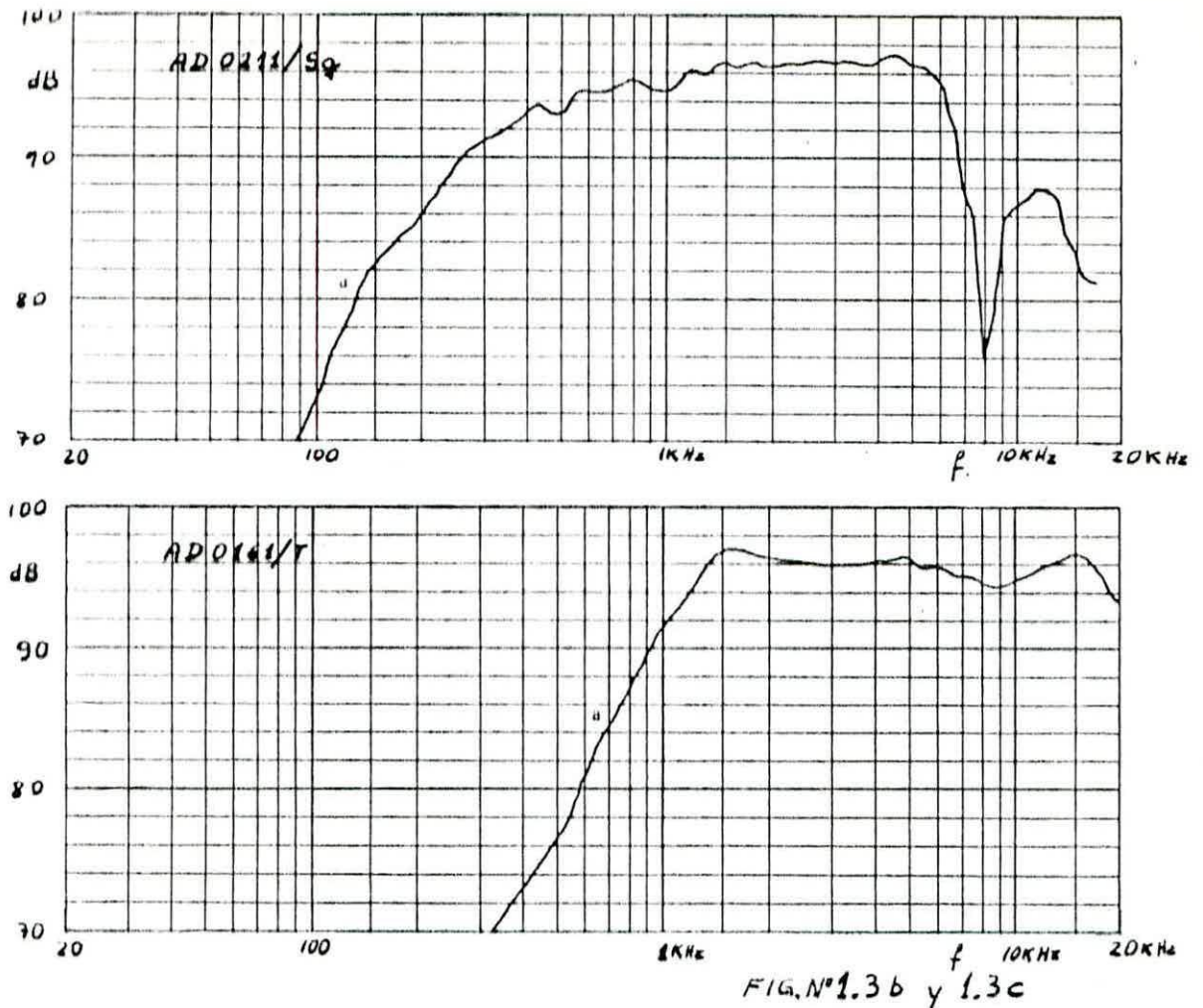


FIG. N° 1.3 a



1.4.- IMPEDANCIA DE UN PARLANTE

La bobina móvil es un elemento que varía su impedancia en función de la frecuencia, luego los factores que determinan la impedancia principalmente son:

- a.- La resistencia óhmica del alambre.
- b.- La reactancia inductiva de la bobina.
- c.- Las corrientes autoinducidas a causa de sus desplazamientos dentro de un campo magnético. Esto describe un comportamiento dentro del rango de frecuencias de operación como se muestra en la figura N° 1.4..

Del gráfico se desprende que el parlante tiene su propia frecuencia de resonancia, ésto se debe a las condiciones mecánicas del parlante, es decir, la elasticidad de los elementos flexibles permiten que el sistema "cono-bobina" pueda vibrar con mayor ampli-

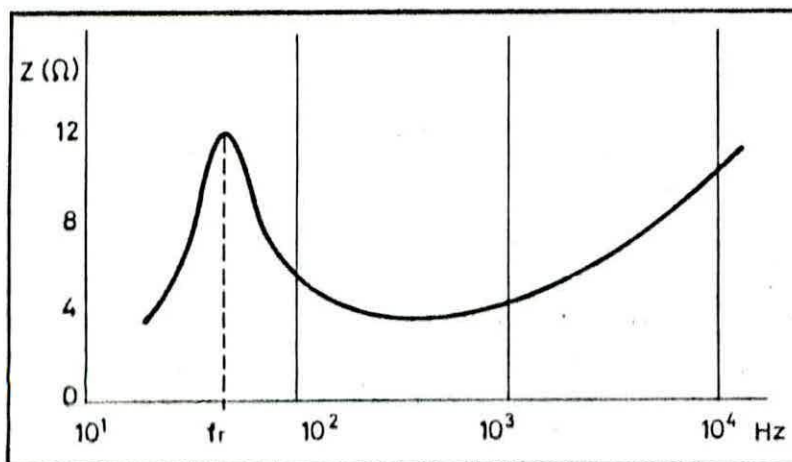


FIG. N° 1.4

La figura N° 1.4., ilustra la variación de impedancia de un parlante en función de la frecuencia.

tud cuando la frecuencia de la señal es igual a una de sus frecuencias naturales y cuando la frecuencia de la señal es igual a la frecuencia fundamental se produce la mayor amplitud de vibración. Esto influye directamente sobre la impedancia del parlante, ésto marca el límite de respuestas de frecuencias bajas. Si se dispone el parlante en una caja acústica, su curva de impedancia será distinta debido a que las constantes de elasticidad del parlante serán afectadas por la presión de aire ejercida en el interior de la caja acústica, ésto genera una variación en la curva de impedancia del parlante y por lo tanto cambia la frecuencia de resonancia del conjunto caja-parlante.

La figura N° 1.4.a., ilustra la curva característica de un conjunto de parlantes montados en una caja acústica. Se observa en el gráfico que la reproducción acústica no es lineal entre las frecuencias de 20 a 100 Hz.

Cabe señalar que lo expuesto anteriormente en la figura N° 1.3., ayuda a verificar que la frecuencia de resonancia, donde la impedancia es máxima, marca el límite de la respuesta en baja frecuencia.

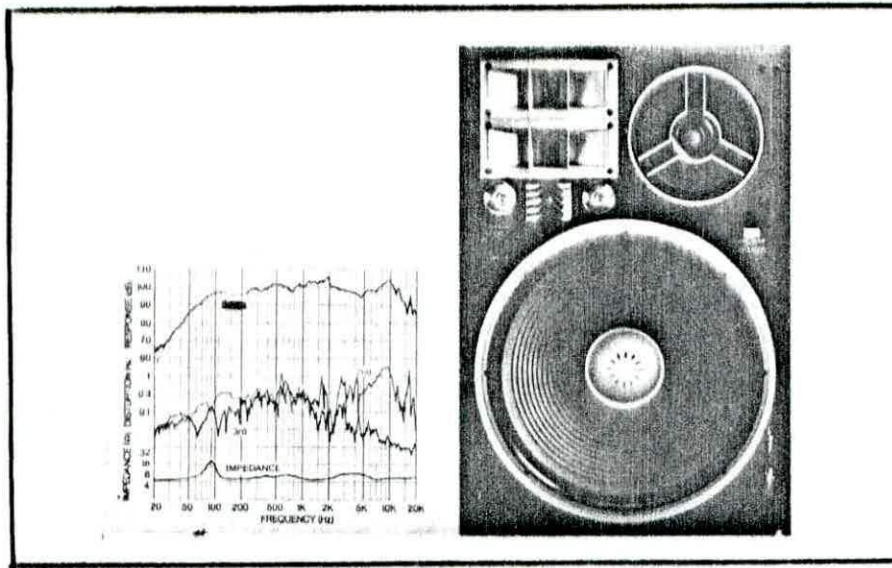


FIG. N° 1.4a

1.5.- EL BAFFLE

El baffle es un elemento en forma de pantalla o caja que permite al parlante tener una mejor respuesta de frecuencias.

El principio de funcionamiento se basa en aislar la onda posterior con la onda frontal de manera tal que no exista interacción o, si las hay, éstas son en forma controlada para obtener determinadas características.

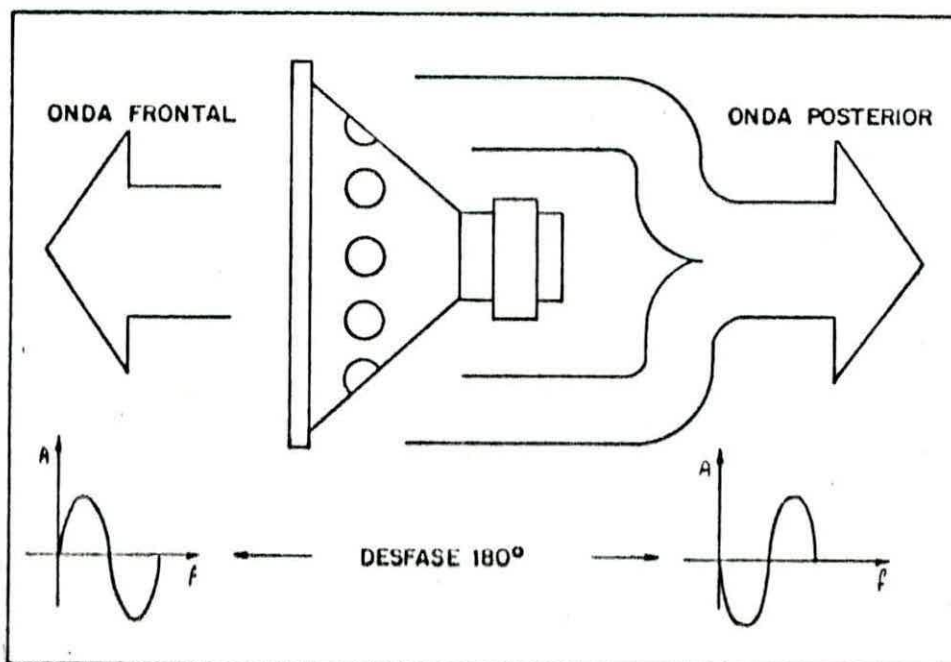
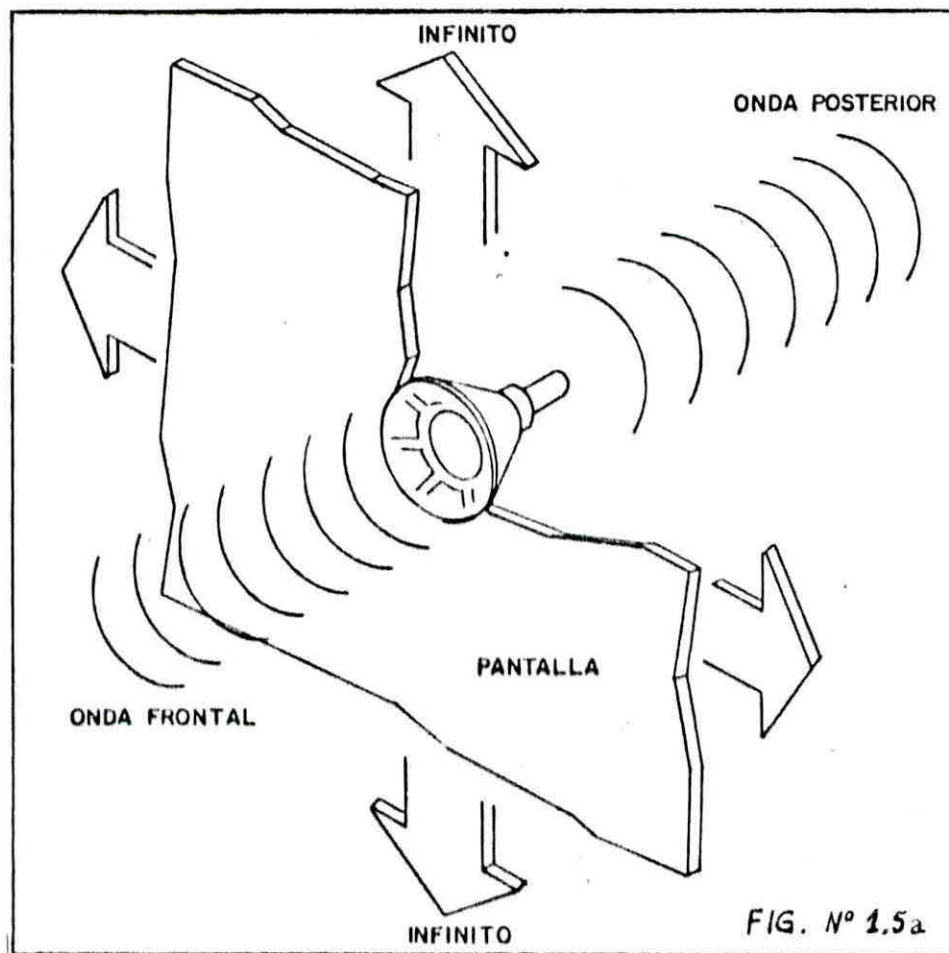


FIG. N° 1.5

1.5.a.- BAFFLE PERFECTO

El baffle perfecto consiste en una idealización de un parlante que es capaz de reproducir con igual nivel todas las frecuencias de audio hasta su frecuencia de resonancia. Provisto de una pantalla acústica de dimensiones infinitas, de manera tal que no exista interacción entre los frentes de onda anterior y posterior.



1.5.b .- BAFFLE DE RESONANCIA INFINITA

Este tipo de baffle aísla totalmente la onda indirecta de la onda directa, igual que el baffle perfecto.

Sin embargo, este efecto se logra a costa de empeorar el rendimiento del parlante. La respuesta de frecuencias manifiesta tener proporcionalidad inversa con el volumen interno, es decir, la presión ejercida por el diafragma aumenta cuando se reduce el tamaño de

la caja lo que implica un cambio en la frecuencia de resonancia.

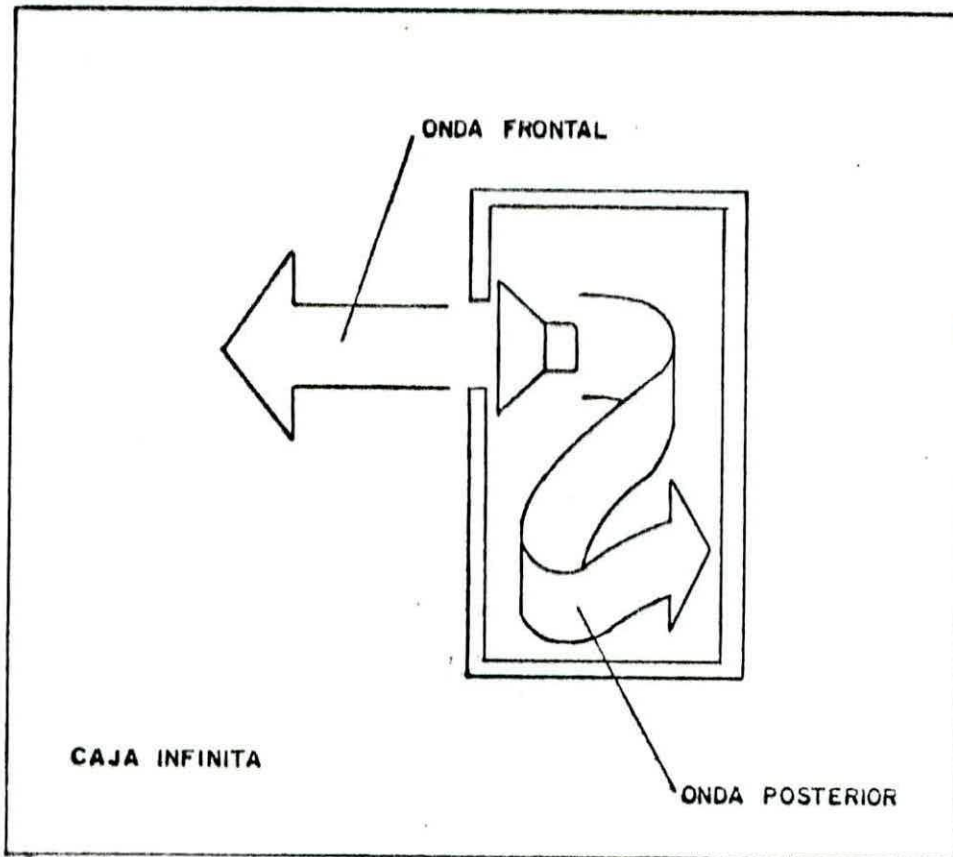


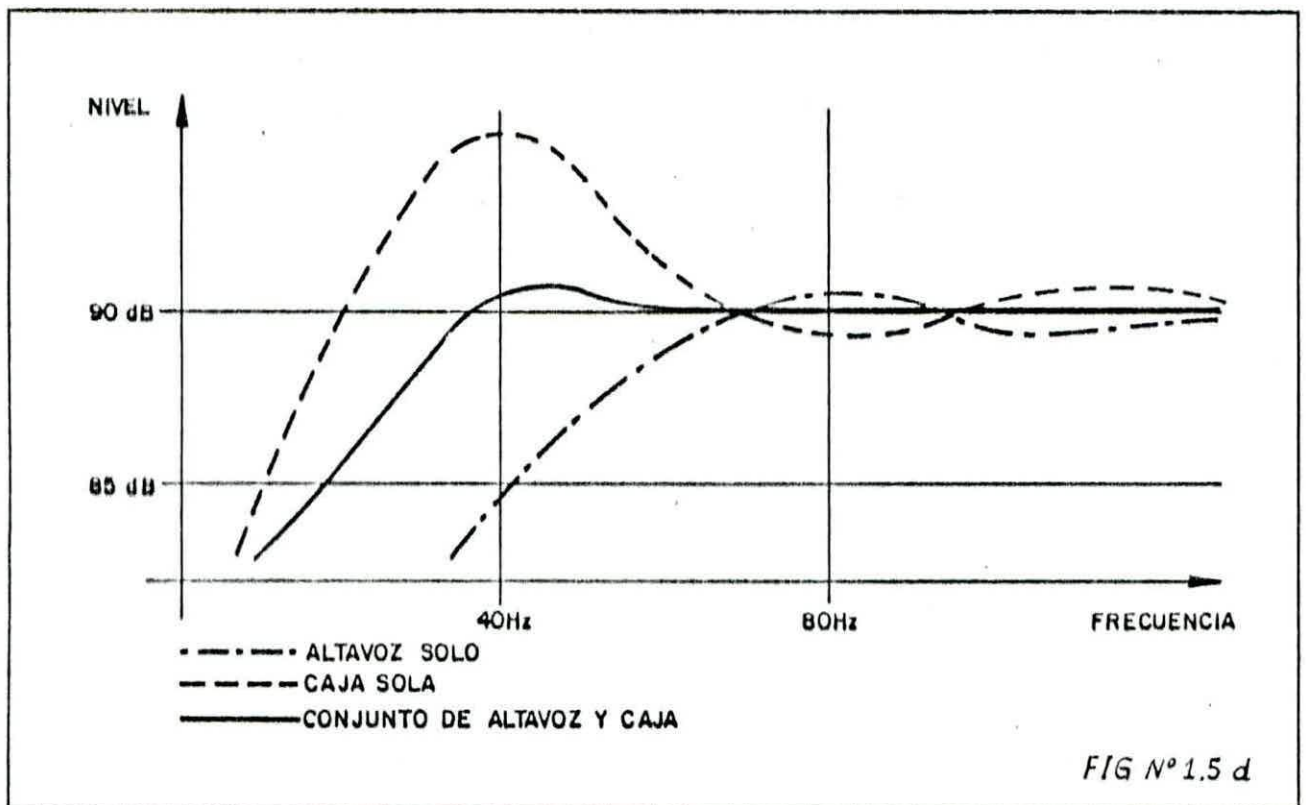
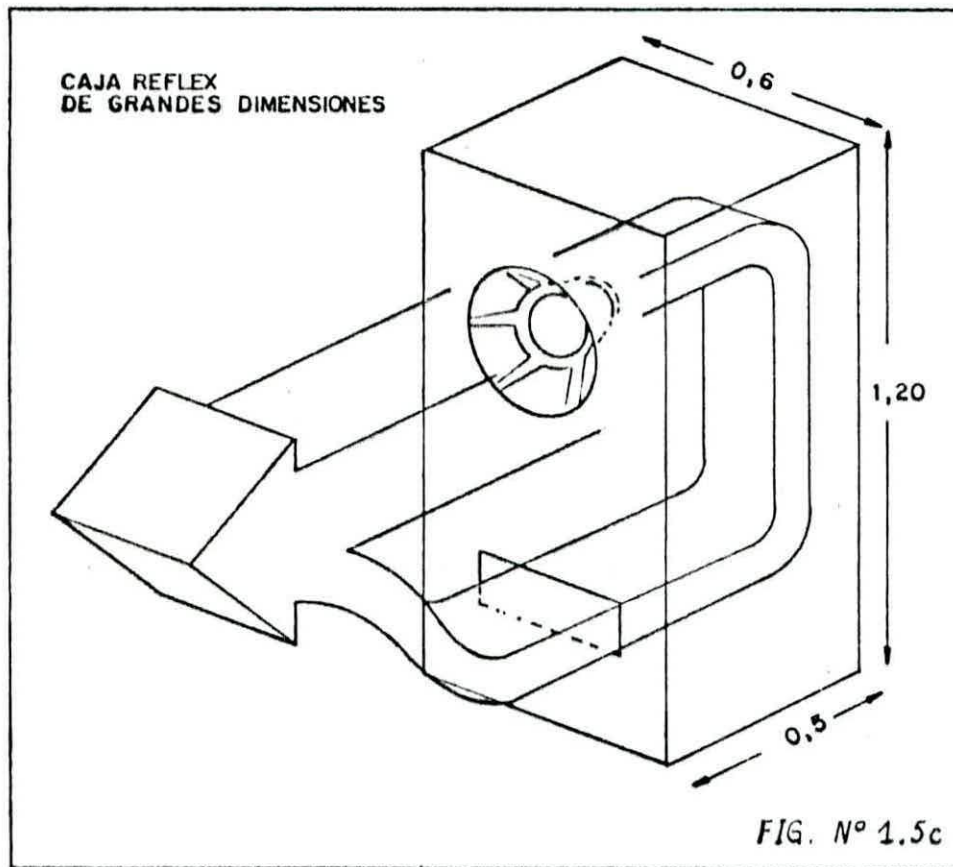
FIG N° 1.5 b

1.5.c.- BAFFLE REFLECTOR DE BAJOS (BASS REFLEX)

Este tipo de baffle tiene un mayor rendimiento que los baffles mencionados anteriormente, debido a que se aprovecha parte de la energía contenida en el interior del baffle. Este basa su funcionamiento en la resonancia mecánica de la caja, de manera tal que en las proximidades de la frecuencia de resonancia, la onda posterior del parlante sufra una inversión de fase al salir por una ventana practicada en la parte frontal de la caja, la cual se refuerza con la onda frontal. Por otro lado, a la frecuencia de resonancia el aire contenido en la caja, ofrece mayor carga al parlante por lo que se atenúa el valor máximo de resonancia del parlante y por lo consiguiente aumenta la respuesta en baja frecuencia.

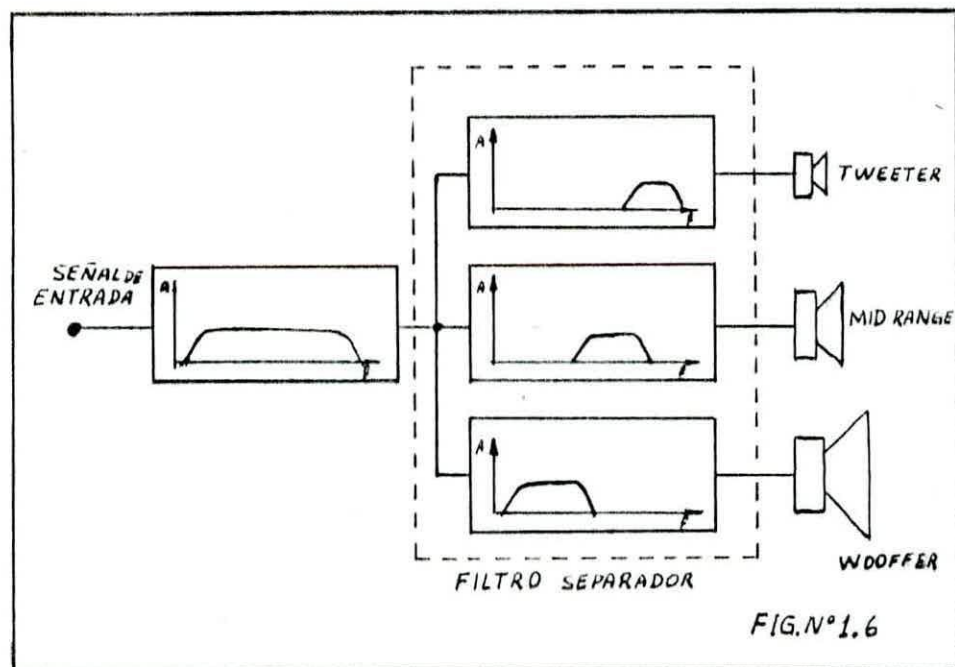
Las figuras N° 1.5.c. y 1.5.d., muestra gráficamente el prin

cipio de funcionamiento del "bass reflex"



1.6.- FILTROS SEPARADORES DE FRECUENCIA

Anteriormente se menciona la existencia de parlantes especiales para reproducir un cierto rango de frecuencias y para poder reproducir todo el rango de frecuencias audibles es necesario interconectar un conjunto de parlantes de manera tal que a cada parlante se le asegure el rango de frecuencia correspondiente. Esto es posible haciendo uso de un filtro separador de frecuencias ("cross-over") y este consiste generalmente de mallas pasivas tipo RC en su forma más sencilla y de mayor complejidad tipo RLC, logrando pendientes de atenuación de -6 dB/octava, -12 dB/octava y -18 dB/octava. También es posible realizar el "cross-over" mediante filtros activos, de ésto se hará mención en un capítulo posterior. La figura N° 1.6. i-lustra gráficamente el funcionamiento del filtro.



C A P I T U L O N° 2

CAJAS ACUSTICAS MFB

PHILIPS, prestigiado fabricante de equipos electrónicos en general, ha desarrollado un sistema que permite linealizar la respuesta en baja frecuencia debido al problema de resonancia descrito en el Capítulo N° 1. El sistema hace uso de un lazo de realimentación desde un captor piezo eléctrico, ubicándolo en el WOOFER hacia el amplificador por medio de un comparador.

Antes de comenzar esta sección, se estima necesario presentar las cerámicas piezoeléctricas, debido al rol que desempeña en el sistema MFB.

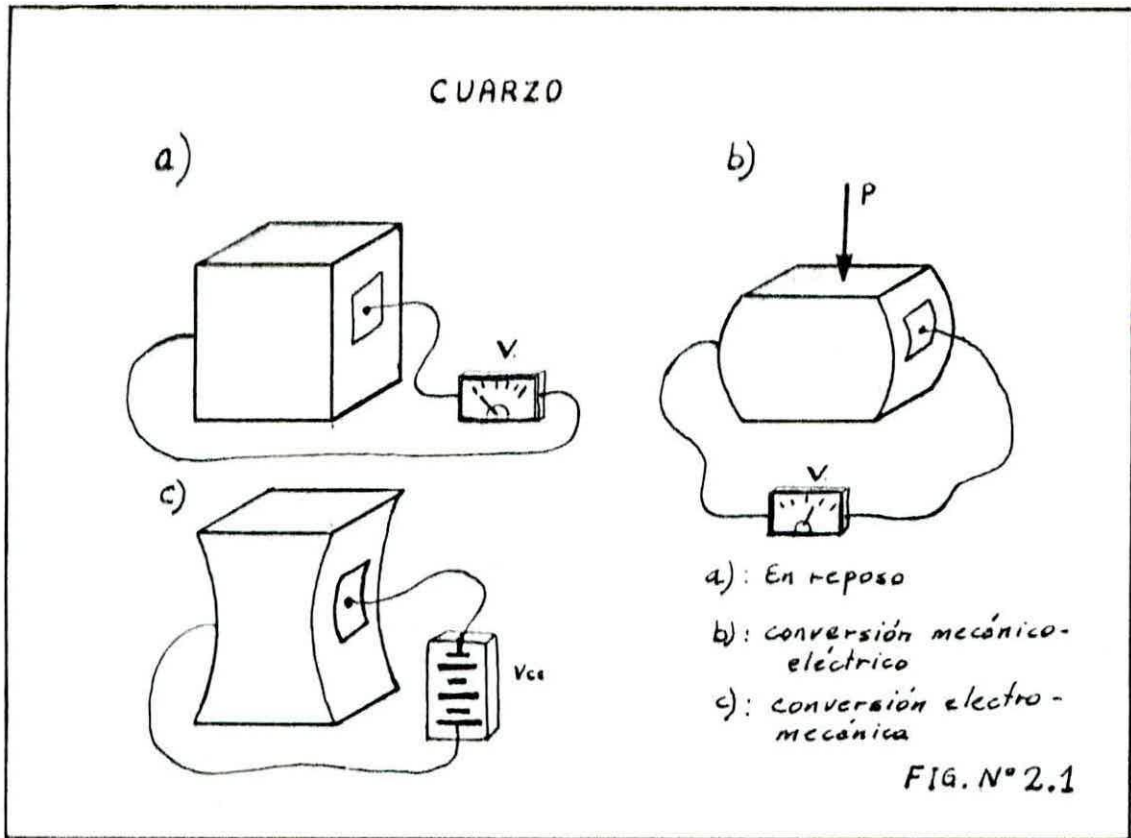
2.1.- PIEZOELECTRICIDAD

La piezoelectricidad es una propiedad del cuarzo y cerámicas piezoeléctricas, debido a su estructura molecular, permite la conversión de energía mecánica en energía eléctrica o conversión de energía eléctrica a energía mecánica. La figura N° 2.1., muestra el efecto que produce el cuarzo al ser desformado o al aplicarle electricidad.

2.2.- CERAMICAS PIEZOELECTRICAS

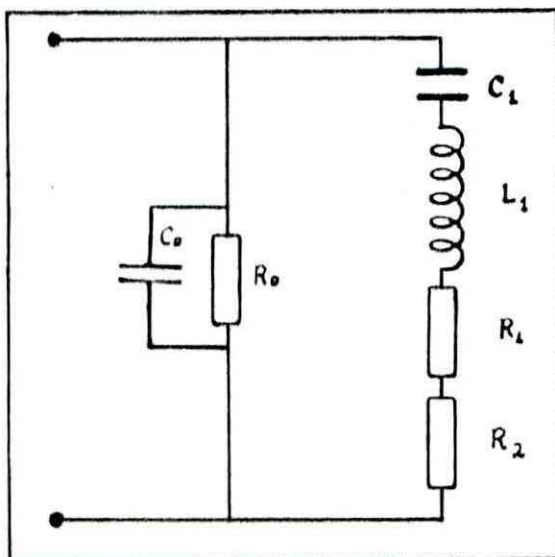
Las cerámicas piezoelectricas pueden tener aplicaciones en su característica lineal o en su característica de resonancia. En aplicaciones no resonantes se encuentran los elementos captadores de pick-up, micrófonos sensores de presión y aceleración.

En aplicaciones resonantes se encuentran los transductores de aire, para propósitos de control remoto.



2.2.a.- COMPORTAMIENTO DINAMICO

La figura N° 2.2., muestra un circuito equivalente de un transductor piezoeléctrico operando cerca o en la frecuencia misma de resonancia mecánica.



- C_0 = Capacitancia del transductor (sujeto)
- R_0 = Pérdida en el dieléctrico.
- R_1 = Pérdida mecánica en el transductor.
- R_L = Carga mecánica o acústica.
- C_1 y L_1 = Rigidez y masa del material.

FIG. N° 2.2

El circuito equivalente de la figura N° 2.2, muestra una curva de respuesta de frecuencia en función de la admitancia representado en la figura N° 2.3..

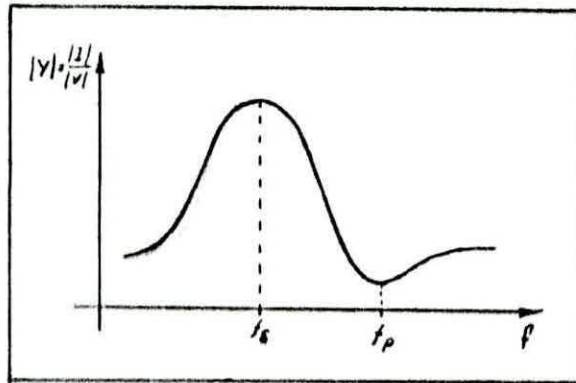


FIG. N° 2.3

NOTA: La frecuencia f_s , en la cual la admitancia es máxima, es llamada frecuencia de resonancia serie. El mínimo valor de la admitancia es la llamada frecuencia de resonancia paralela antirresonancia.

2.2.b.- CERAMICA PIEZOELECTRICAS FLEXIBLES

Una lámina simple de PXE tiene muy bajo rendimiento, ya que el voltaje generado por una pequeña fuerza es muy pequeño, por lo tanto, no es utilizable como transductor electroacústico.

Una estructura con mayor rendimiento es el FLEXURE, y es operada según el principio mostrado en la figura N° 2.4..

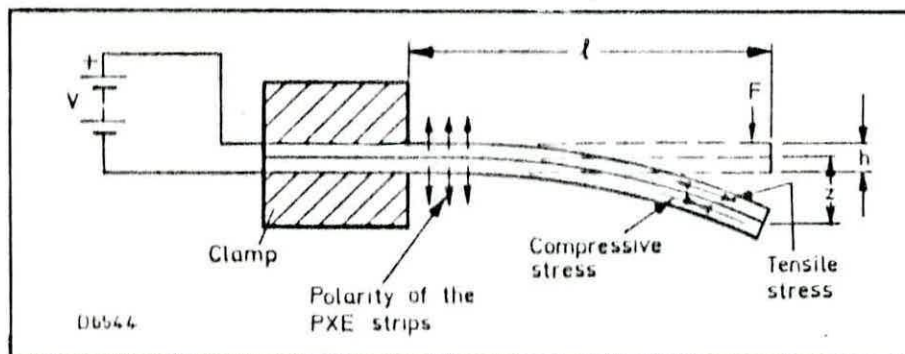


FIG. N° 2.4

La figura N° 2.4., muestra una barra bilaminar o "bimorfo" montado entre un soporte. Esto consiste en dos láminas de PXE montadas en dirección opuesta. Si se aplica un voltaje entre los dos electrodos, causa en una lámina una expansión longitudinal mientras la otra se contrae. La fuerza diferencial causa una curvatura sobre la barra, mientras el extremo libre se desplaza a una distancia Z .

El sistema de barras "multiformos" son un conjunto de láminas unidas entre sí y opera exactamente igual a la descrita anteriormente.

2.3.- DIAGRAMA DE BLOQUES BAFFLE PHILIPS RH545

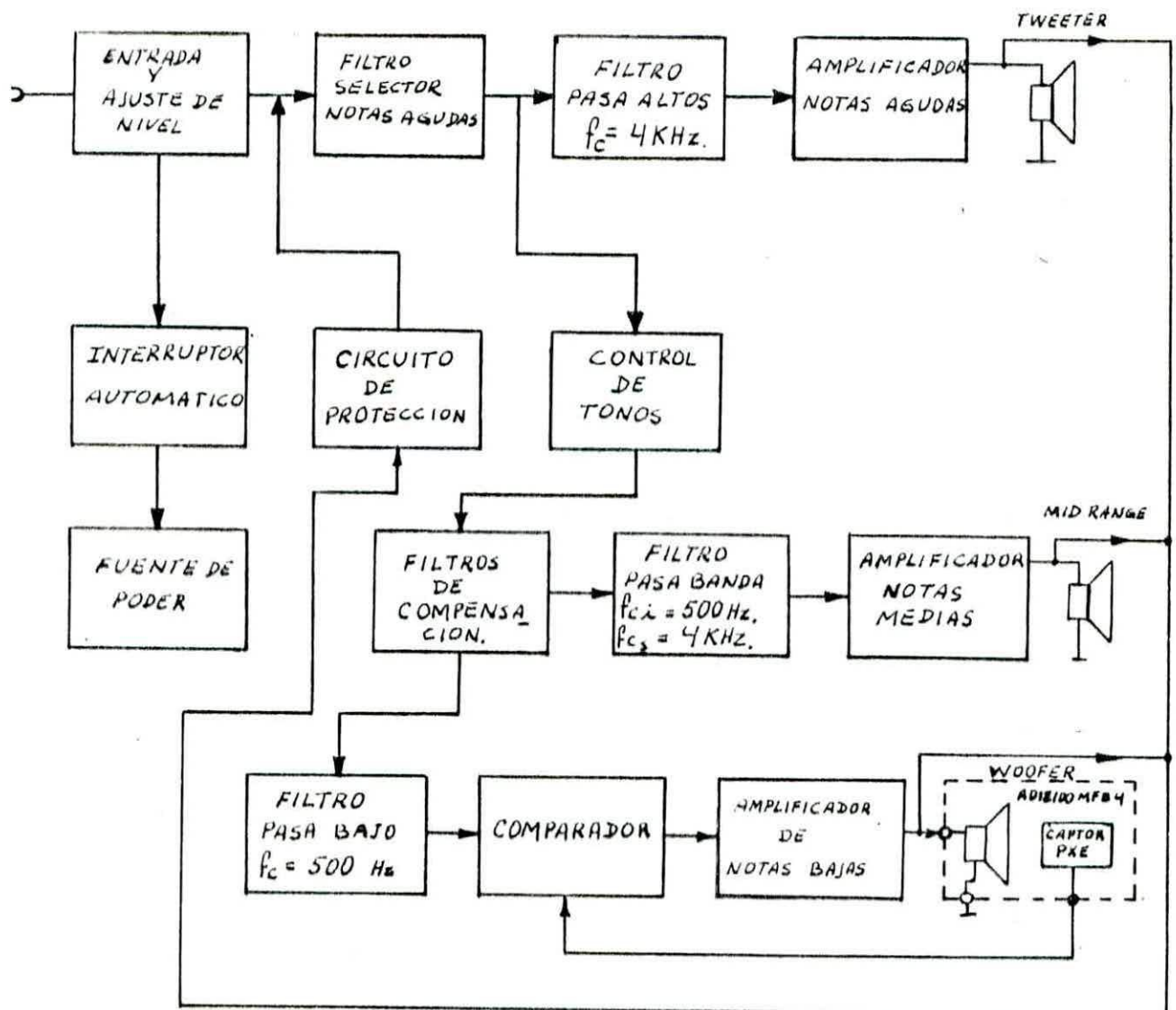


FIG. N° 2.5

En la figura 2.5., se ilustra un diagrama en bloques del baffle RH545 en el cual se basará esta exposición.

2.4.- DESCRIPCION DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

El circuito electrónico del baffle RH545 se ha representado en bloques en la figura N° 2.2., para visualizar las etapas constituyentes.

2.4.a.- AJUSTE DE NIVEL DE ENTRADA

El primer bloque representa el ajuste de sensibilidad, el que permite ajustar el nivel de entrada de manera de adaptar la caja acústica, a la fuente de señal disponible.

La impedancia de entrada es aproximadamente de 50 K Ω , suficiente para no sobrecargar la etapa de salida de la fuente de señal. Esta etapa incluye además, un circuito limitador de señal de entrada para no sobrecargar las etapas siguientes.

2.4.b.- FILTRO SELECTOR DE NOTAS AGUDAS

El segundo bloque constituye un filtro selector de atenuación para notas agudas, lo que permite seleccionar entre atenuación nula, 7KHz y 10 KHz. Un potenciómetro regula la pendiente entre 0 y 40 db/década, una vez elegida la frecuencia. La salida de este filtro se divide en dos vías, de las cuales una pasa directamente a un filtro separador de frecuencias y la otra pasa a un control de tonos que será descrito más adelante.

2.4.c.- FILTRO PASA ALTOS

La señal procedente del selector de frecuencia aguda entra a la etapa de filtro pasa altos, con el objetivo de obtener a la salida frecuencias comprendidas entre 4000 Hz y 20000 Hz para excitar la próxima etapa que es el amplificador de potencia de agudos. Cabe mencionar que se trata de un filtro activo de 3er. orden y que

produce una atenuación de 18 db/octava a la frecuencia de 4 KHz.

2.4.d.- AMPLIFICADOR DE POTENCIA PARA AGUDOS

La señal existente a la salida de la etapa anterior se acopla al amplificador de potencia, el cual se encarga de elevar la señal y acomodarla con una baja impedancia de salida para acoplarse con el twoeter.

El amplificador posee 15 W de potencia y su configuración, dispone ganancia ajustable para poder igualar rendimientos con respecto a los otros amplificadores. Esto se produce debido a que los tres parlantes que usa el sistema, poseen distinto rendimiento.

2.4.e.- CONTROL DE TONOS

La otra señal existente a la salida de la etapa selectora de frecuencias agudas, es acoplada a un control de tonos, sólo para bajas frecuencias. El control de tonos es del tipo Baxandall y permite realce o atenuación de las frecuencias bajas con el objeto de compensar las características del medio en que debuta. La salida de esta etapa se acopla a la próxima, denominada filtros de compensación.

2.4.f.- FILTROS CORRECTORES DE UBICACION

Como su nombre lo indica, esta etapa está destinada a compensar la ubicación del baffle, es decir si este está ubicado en una esquina, de costado, frente o contra un muro. En cada una de estas posiciones algunas frecuencias se refuerzan mientras otras se atenúan por efecto de reverberancia del medio. Con estos filtros es posible hacer correcciones y mejorar la calidad del sonido para las condiciones de ubicación del baffle.

La salida de esta etapa se divide en dos vías de las cuales una de ellas se acopla al canal de reproducción de notas medias y la otra al canal de notas graves.

2.4.g.- FILTRO PASABANDA

La señal procedente de la etapa anterior se acopla a la etapa de "filtro pasa banda", con objeto de limitar el espectro de frecuencias audibles en un pequeño ancho de banda comprendido entre 500 Hz y 4000 Hz.

Se destaca el uso de sistema de 3er. orden para obtener pendientes abruptas a las frecuencias señaladas. La señal de salida se acopla la próxima etapa que es el amplificador de potencia para el rango especificado.

2.4.h.- AMPLIFICADOR DE NOTAS MEDIAS

Esta etapa representa al amplificador para las frecuencias comprendidas entre 500 y 4000 Hz, su objetivo es amplificar la señal y acomodarla con baja impedancia de salida para excitar al parlante rango medio.

El amplificador tiene capacidad para desarrollar 30 Watts así como ganancia ajustable.

Según las curvas de Intensidad, desarrolladas por el Dr. Harvey Fletcher, indican que los sonidos comprendidos entre 800 Hz y 5000 Hz son captados por el oído con mayor nitidez. Luego cualquier distorsión producida en esa zona será captada con gran nitidez por el oído. Por tal motivo se utiliza un amplificador de considerable potencia con objeto de no introducir recortes en una onda de gran amplitud.

Curva de nivel de intensidad en dB a partir de 10^{-16} Watts $\times \text{cm}^2$.

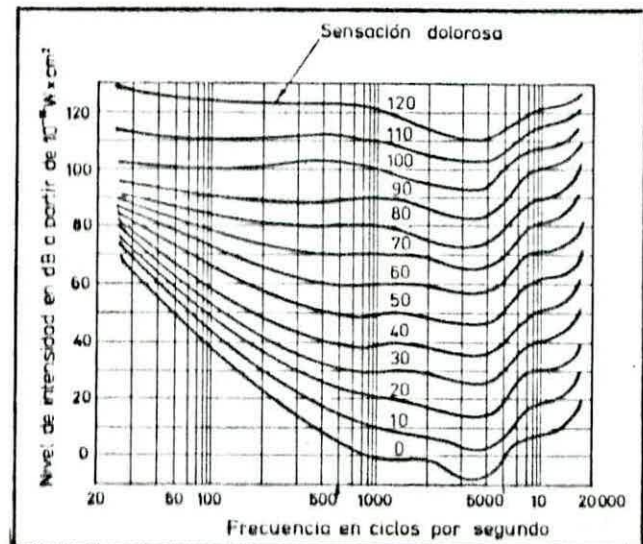


FIG. N° 2.6

Según el Dr. Fletcher, la figura N° 2.6 muestra un gráfico de las curvas de nivel de intensidad del sonido, donde se aprecia que el rango de frecuencia de 800 a 5000 Hz es el de mayor sensibilidad para el oído humano.

La otra señal existente a la salida de la etapa de filtros de compensación se acopla al canal de notas graves, comenzando con el filtro separador de frecuencias.

2.4.1.- FILTRO PASA BAJO

La señal presente se acopla al filtro pasa bajos, con objeto de asignar al parlante (por intermedio del amplificador), un rango de frecuencias comprendidas entre 30 y 500 Hz. El filtro es de tipo activo y de 3er. orden obteniendo una pendiente de -18 db/octava de atenuación a la frecuencia de 500 Hz.

2.4.j.- SISTEMA DE REALIMENTACION DINAMICA

El sistema comprende una señal de referencia, que proviene del filtro pasa bajos, el comparador, amplificador de potencia y el transductor PXE.

Figura N° 2.7.: Curva de tensión producida por el transductor PXE en función de la frecuencia (Información Philips Chilena), tomada de Electrónica Chilena. La tensión producida por el transductor tiende a aumentar linealmente en el margen de frecuencia comprendidas entre 20 y 100 Hz.

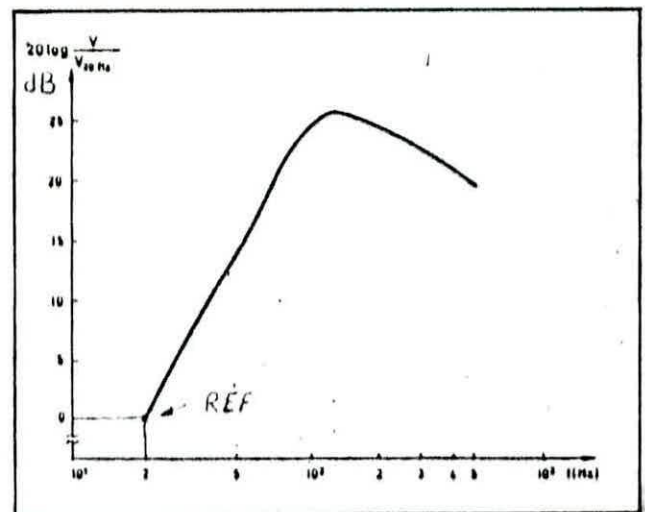


FIG. N° 2.7

La figura N° 2.8., ilustra un sistema de realimentación dinámica para notas graves.

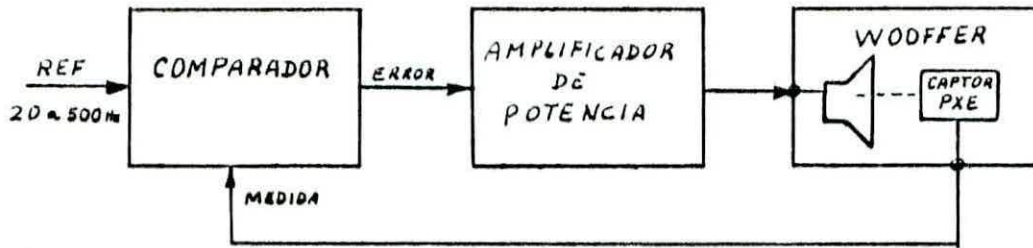


FIG. N° 2.8.

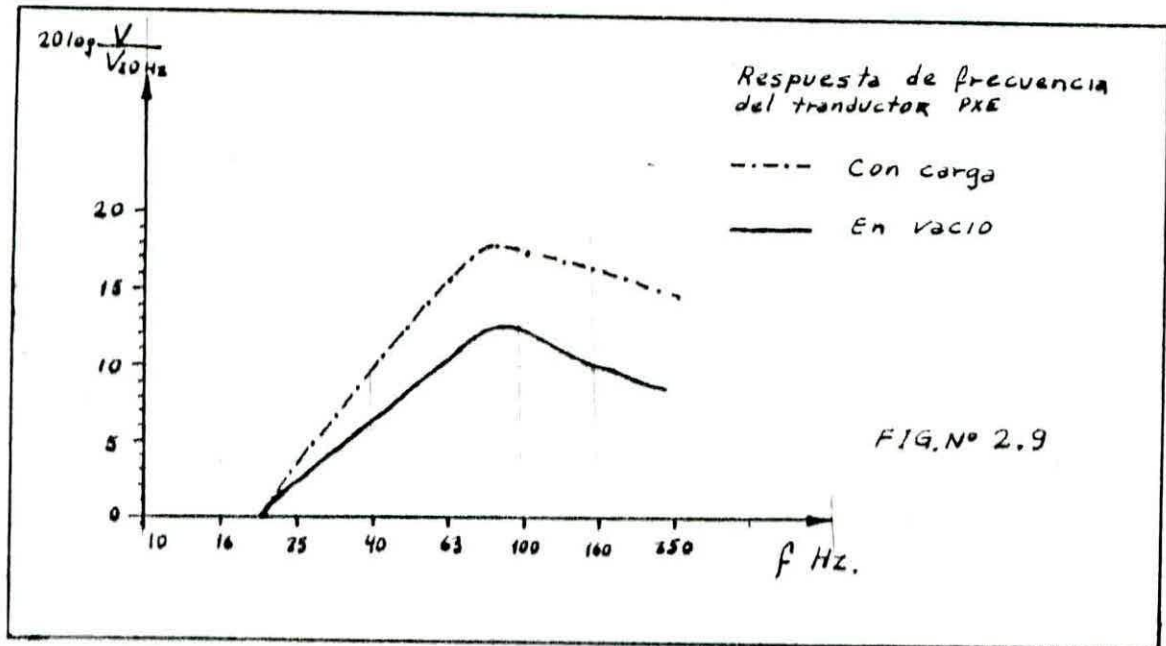
La señal del canal de graves se aplica a un comparador, a éste se le aplica también la señal que proviene del transductor piezo eléctrico. El comparador confronta estas dos señales obteniendo a su salida una señal de error que, aplicada al amplificador de potencia, permite que el diafragma del parlante se mueva linealmente. (Ver figura N° 2.8.)

El objetivo de este sistema es suplir los efectos de carga que ofrece una pequeña caja acústica. En éste caso el efecto de carga es producido por la presión de aire en el interior, el cual disminuye la frecuencia de resonancia del sistema y aumenta la respuesta en baja frecuencia.

Mediciones efectuadas en laboratorio confirman la respuesta de frecuencias del transductor PXE mostrada en la figura N° 2.7. En esta oportunidad se realizó una medición con el parlante en vacío (sin baffle) y una medición bajo condiciones de carga efectuada por una caja acústica de 12 litros de volumen interno. El gráfico obtenido de este ensayo, se muestra en la figura N° 2.9..

Se observa que ambas curvas tienen igual forma que la gráfica de la figura N° 2.7.. Sin embargo, a la frecuencia en que la amplitud es máxima existe diferencia significativa para la condición de vacío y carga, esto se debe a la excursión que experimenta el co

no; en vacío el cono tiene mayor desplazamiento que en carga debido a que el aire en el interior de la caja frena el desplazamiento del cono.



2.4.k.- AMPLIFICADOR DE POTENCIA PARA NOTAS GRAVES

La señal de error obtenida a la salida del comparador, se aplica al amplificador de potencia, el que amplifica la señal y la acomoda con una baja impedancia de salida para acoplarla al parlante.

El amplificador de potencia para notas graves, posee capacidad para desarrollar 50 W Watts cuando el proceso lo requiera, debido al lazo de realimentación, es decir, mientras más baja es la frecuen-cia mayor es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de medida. Por lo tanto, la señal de error que se va a amplificar es mayor. Otra de las características de este amplificador es que posee respuesta de frecuencias lineal en el rango de operación, es decir, de 20 a 500 Hz.

2.4.1.- INTERRUPTOR AUTOMATICO Y FUENTE DE PODER

Este bloque representa al sistema que permite poner en funcionamiento los circuitos del baffle. El sistema opera a la fuente de poder cuando se detecta señal en la etapa de entrada y desconecta a la fuente de poder 2 ó 3 minutos después que se pierde la señal. El circuito de interruptor tiene su propia fuente de poder y no está incluida en el diagrama.

2.4.m.- CIRCUITO DE PROTECCION

Este bloque representa el sistema que permite detectar alguna sobrecarga con objeto de evitar daños en los amplificadores de potencia.

C A P Í T U L O N º 3

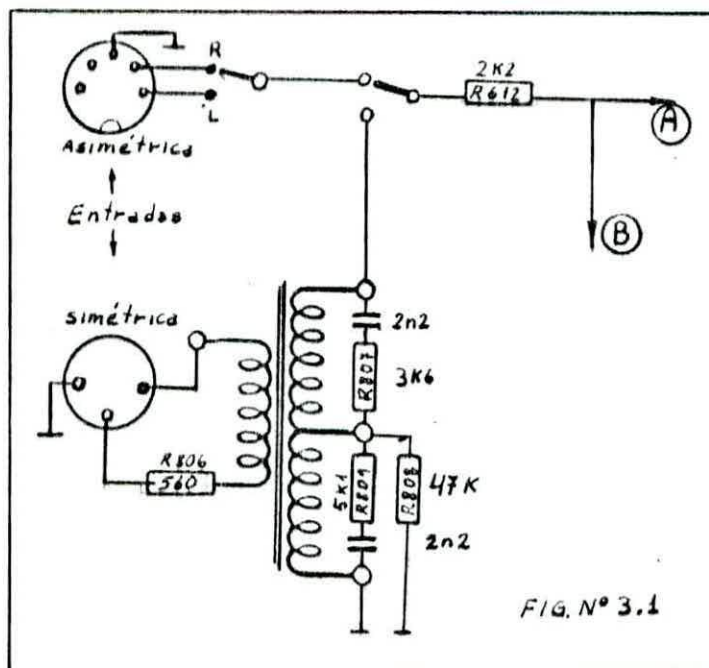
BREVE DESCRIPCION DEL CTO. RH545

A continuación se analizará brevemente el circuito eléctrico de la caja acústica RH545, la cual se describe en el Capítulo anterior como un diagrama de bloques. Para referencias, ver planos generales N° 1 y N° 2.

3.1.- EL PREAMPLIFICADOR

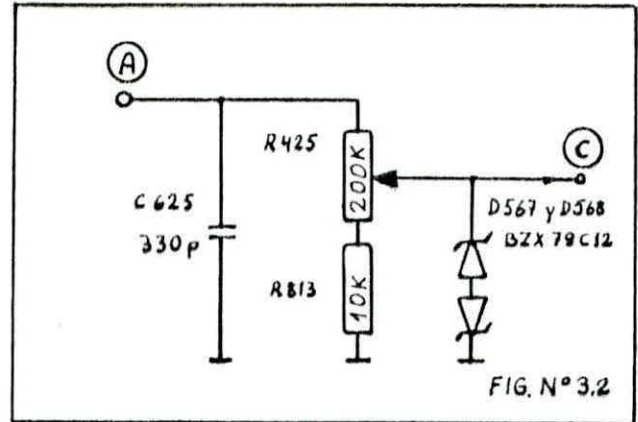
El circuito del baffle RH545, puede ser dividido en 3 partes: Preamplificador, sistema MFB y amplificadores de potencia. El preamplificador le corresponde el "proceso" de la señal de audio, el sistema MFB controla la señal y el amplificador de potencia, suministra la energía necesaria para excitar al parlante.

La señal proveniente del exterior (de amplificadores de potencia o preamplificadores) ingresa al circuito por dos tipos de entrada: una de tipo asimétrica, a través de un conector DIN 5 x 180° y la otra entrada de tipo simétrica a través de un conector XL H3. La entrada simétrica se acopla por medio de un transformador que tiene secundario simétrico y 2 mallas RC para compensación en frecuencia. La entrada asimétrica posee una impedancia de entrada de 50 K aprox., principalmente resistiva (ver figura N° 3.1.). La señal de entrada permite ser ajustada por medio de un divisor de tensión constituido por el pot. R425 y la resistencia R813. El condensador C625, que está en paralelo con el di-

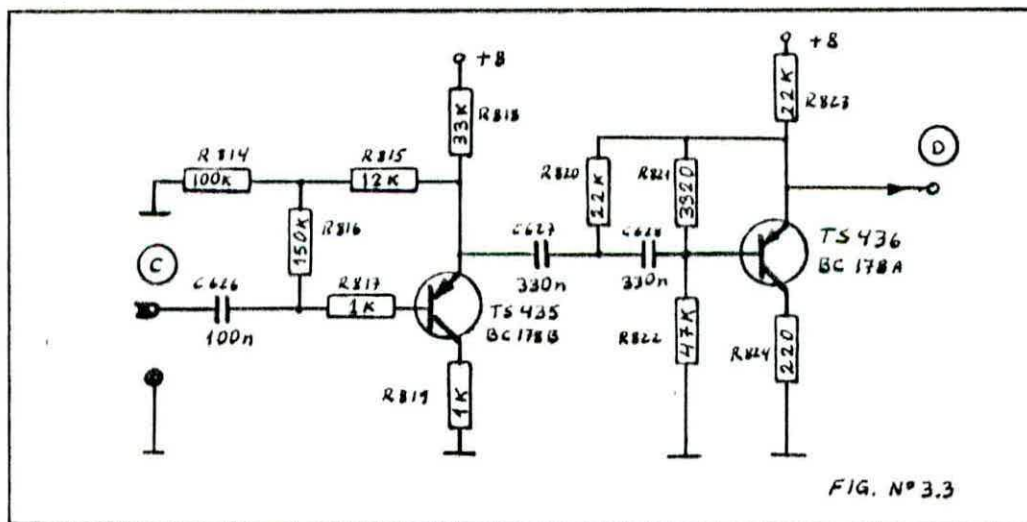


visor de tensión constituye un filtro pasa bajos destinado a eliminar los transientes no deseados.

La figura N° 3.2., muestra el divisor de tensión, denominado ajuste de sensibilidad en el capítulo anterior. Se incluye además, en el gráfico dos diodos zener montados en oposición, con objeto de limitar la señal de audio en caso de una sobreintensidad de nivel de entrada.



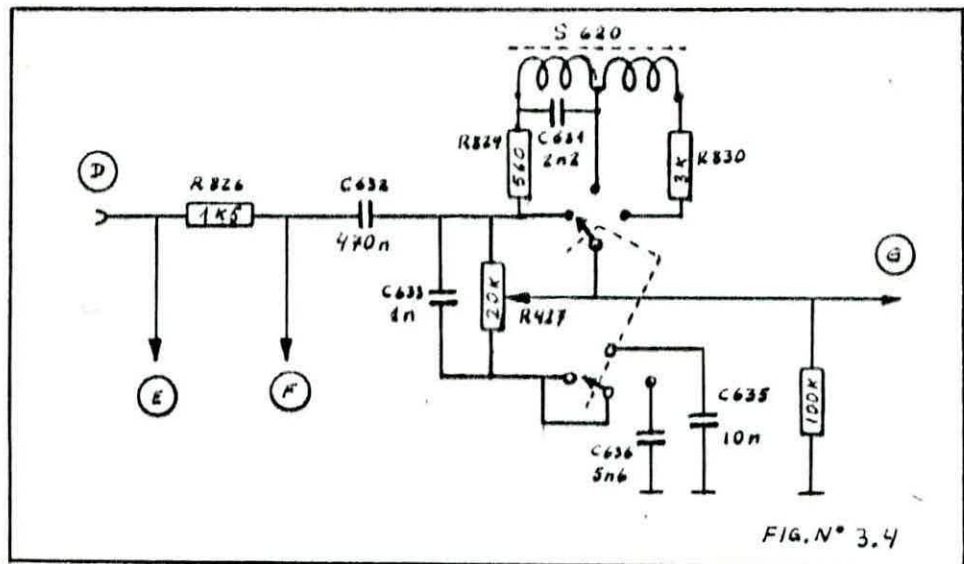
La señal obtenida en el punto C, pasa a la siguiente etapa que es un adaptador de impedancias, constituido por el transistor TS 435, en configuración "colector común".



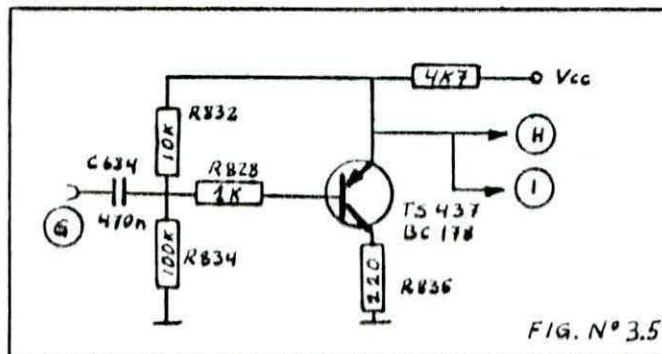
Esta etapa directamente a un filtro pasa altos, constituido por TS436 y su sistema de realimentación, como lo muestra la figura N° 3.3.. La señal de salida en el punto D se acopla a la etapa de filtro selector de frecuencias agudas, a través del condensador C632. El selector tiene 3 posiciones y permite seleccionar entre: no operado, frecuencia de corte a 7KHz y frecuencia de corte a 10KHz. El circui-

El circuito opera por resonancia de la malla RC a la frecuencia seleccionada y el potenciómetro R427 permite variar la pendiente de atenuación entre 0 y 40 db/década.

La figura N° 3.4., muestra el circuito LC de tipo pasivo. En él se observan los puntos E y F, además de la resistencia RB26, ubicadas en ese lugar con el propósito de proteger los amplificadores de potencia, ésto se describirá más adelante.



La señal presente en el punto G se acopla capacitivamente a la siguiente etapa, a través de C634. El circuito se ilustra en la figura N° 3.5., y constituye un buffer para la etapa anterior.

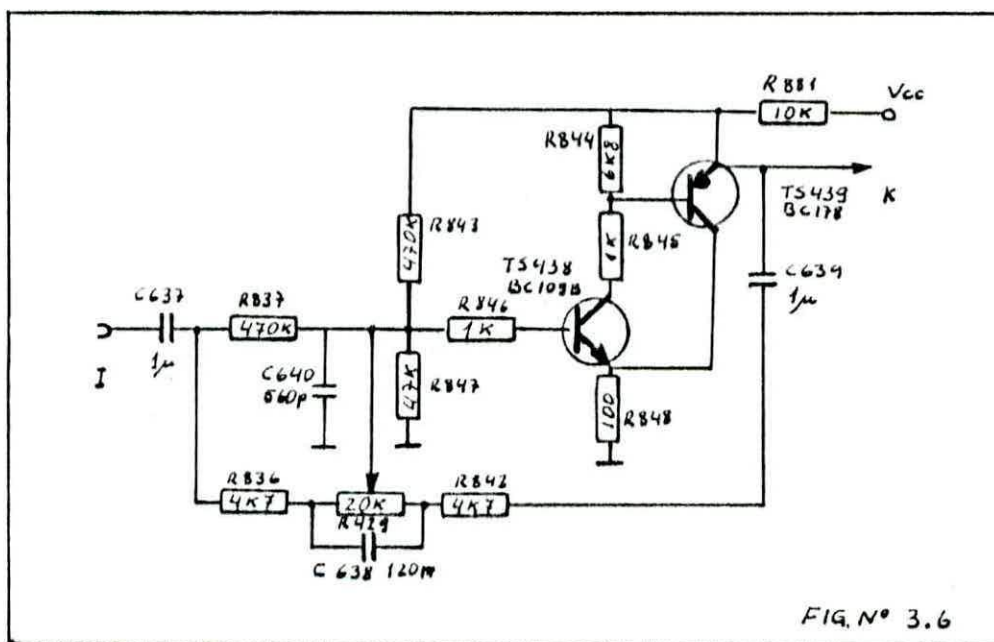


La señal presente en el emisor de TS437, se divide en dos vías de los cuales el punto H se acopla al filtro pasa alto y amplificador de agudos, es decir, frecuencias comprendidas entre 4KHz y 20

KHz. La otra vía (punto I), conduce a una serie de circuitos destinados a "procesar" las señales con frecuencias comprendidas entre 20 y 4000 Hz, que corresponden a los canales de "bajos y medios".

En primer lugar se encuentra un circuito de control de tonos tipo "Baxandall" modificado, sólo para frecuencias bajas.

A continuación, la figura N° 3.6., muestra el circuito en el que se observa un amplificador de dos etapas con un sistema de realimentación.



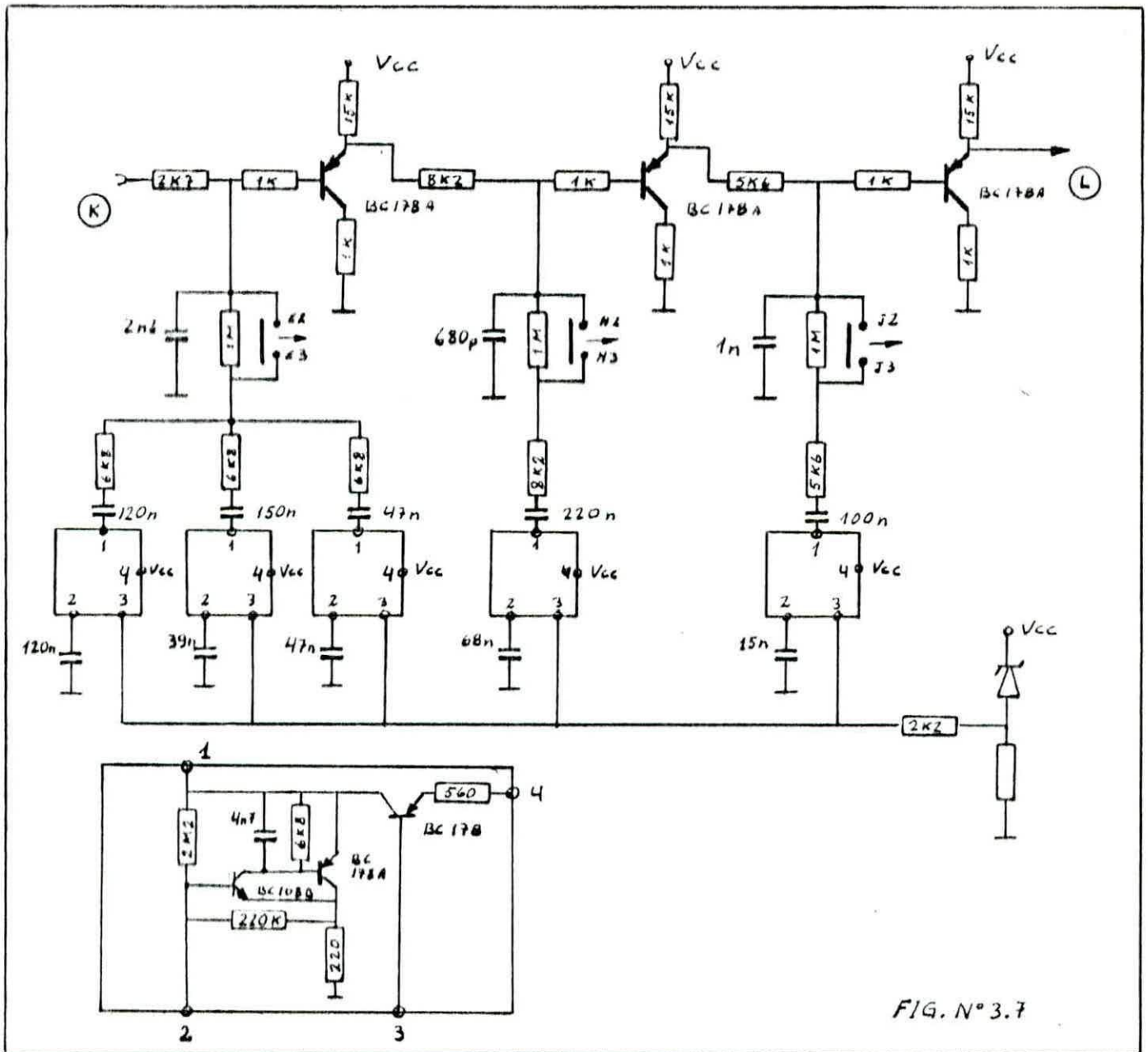
El circuito opera por el lazo de realimentación negativa de impedancia variable. A muy baja frecuencia, el capacitor C638 tiene una impedancia muy elevada, por lo tanto, se puede considerar como circuito abierto; luego la ganancia del sistema queda determinada por la posición del cursor del potenciómetro R429. A medida que la frecuencia sube, la impedancia del capacitor C638 comienza a disminuir. Por lo tanto, la resistencia efectiva de R429 en paralelo con C638 es reducida paulatinamente hasta que las resistencias de 4,7 K comienzan a "dominar" y los niveles de ganancia alcanzan la unidad.

El sistema Baxandall, posee la característica de simetría

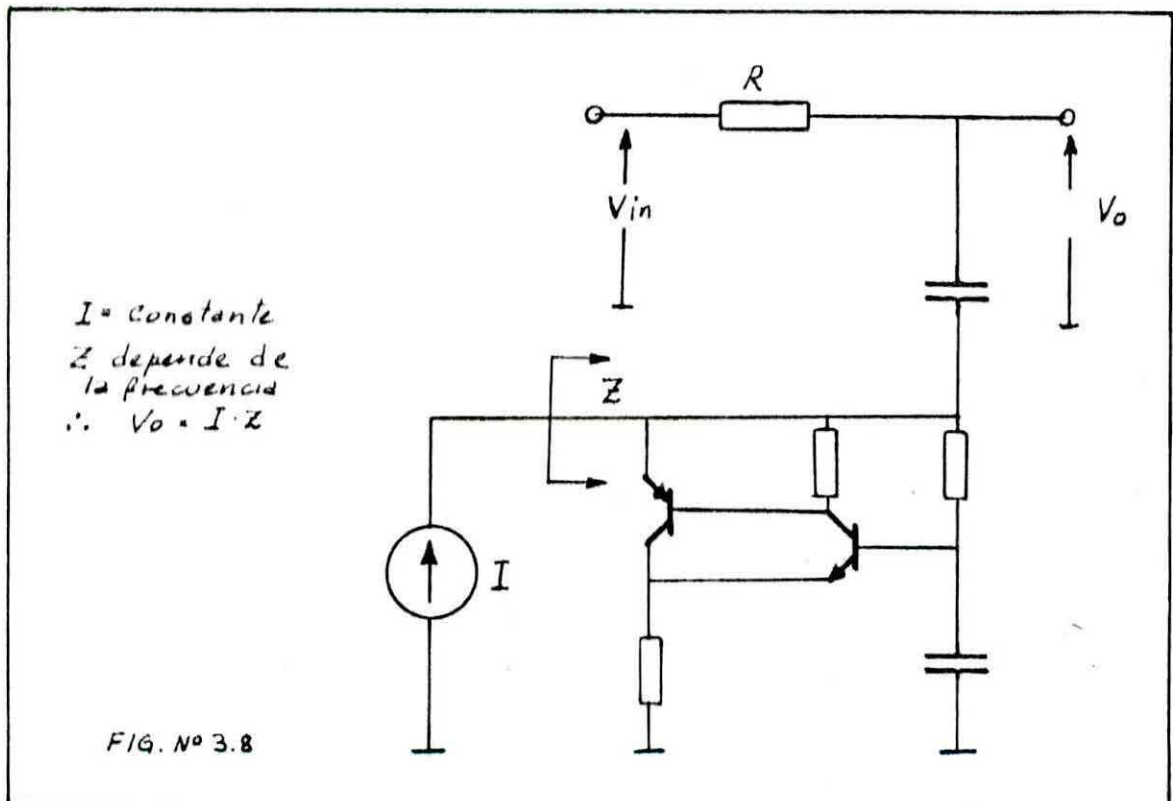
respecto al realce y atenuación de las frecuencias que participan.

La señal presente a la salida del control de tonos (punto K), pasa a la próxima etapa denominada filtros correctores de ubicación, destinados a compensar la ubicación del baffle.

La figura N° 3.7., muestra la configuración de los filtros correctores. Debido a la complejidad del circuito, se dará una descripción simple de su funcionamiento.

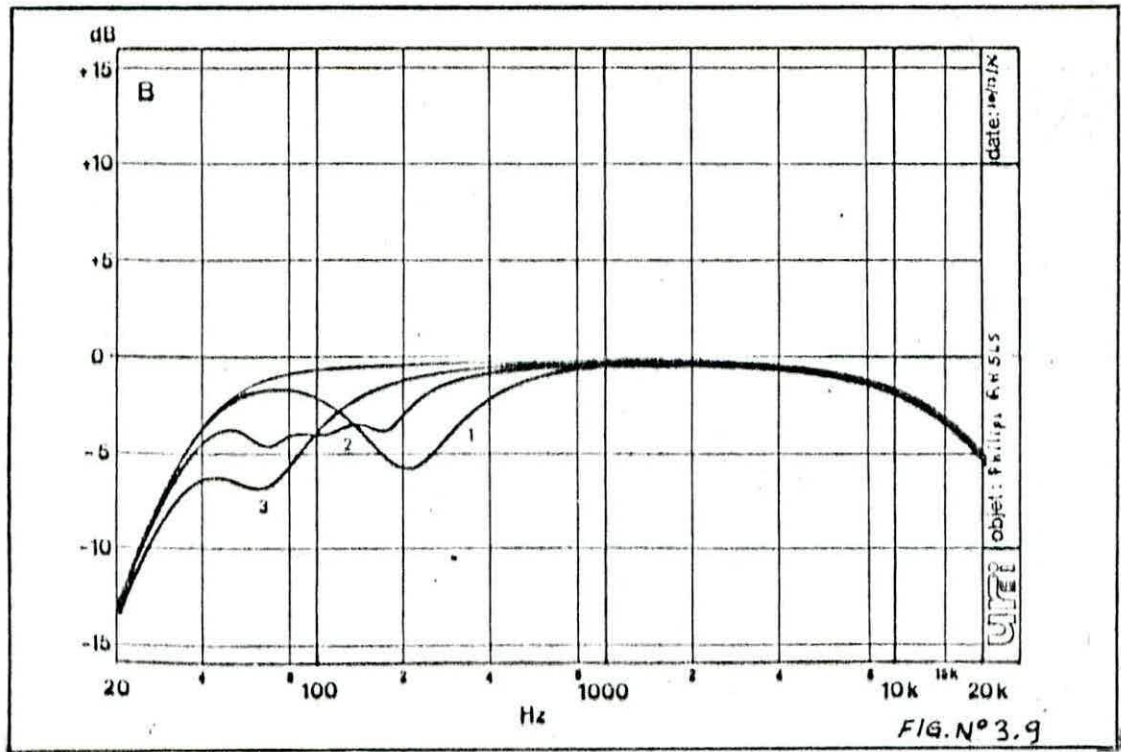


Básicamente, los 5 circuitos que utilizan los transistores TS 456 a 460, 463 y 477, 470 a 474 (unidades enmarcadas en la figura N° 3.7.), se comportan como una impedancia variable. La figura N° 3.8., muestra un esquema simplificado de operación.



Estos filtros actúan como atenuadores en conjunto con las resistencias R854, R856 y R858. Los tres filtros están montados en cascada y sus efectos se muestran en la figura N° 3.9..

La figura N° 3.9., muestra la acción de los correctores de ubicación, del baffle: 1) Sobre el suelo, 2) Contra el muro 3) de costado.



La señal de salida del circuito de la figura N° 3.7. (punto L), se acopla directamente a los filtros pasa banda y pasa bajo. El filtro pasa banda está constituido por un pasa bajo en cascada con un pasa altos, éste último se describirá en conjunto con el "amplificador de notas medias".

El filtro pasa bajo tiene una pendiente de atenuación de 18 dB/octava a la frecuencia de 4KHz.

El pasa bajo de 3° orden, está constituido por R870 y C647 en la figura N° 3.10 como pasa bajo de 1er. orden, en cascada con R822 y C648 como segundo pasa bajos del 1er. orden. El tercer pasa bajos lo constituye el lazo de realimentación negativa por medio de C646. La señal en el punto L también se acopla al circuito pasa bajo del canal de "notas graves" (fig. N° 3.11.) y que tiene igual configuración que el circuito de la fig. N° 3.10., sólo varía la frecuencia de corte, que en este caso es de 500Hz aprox.

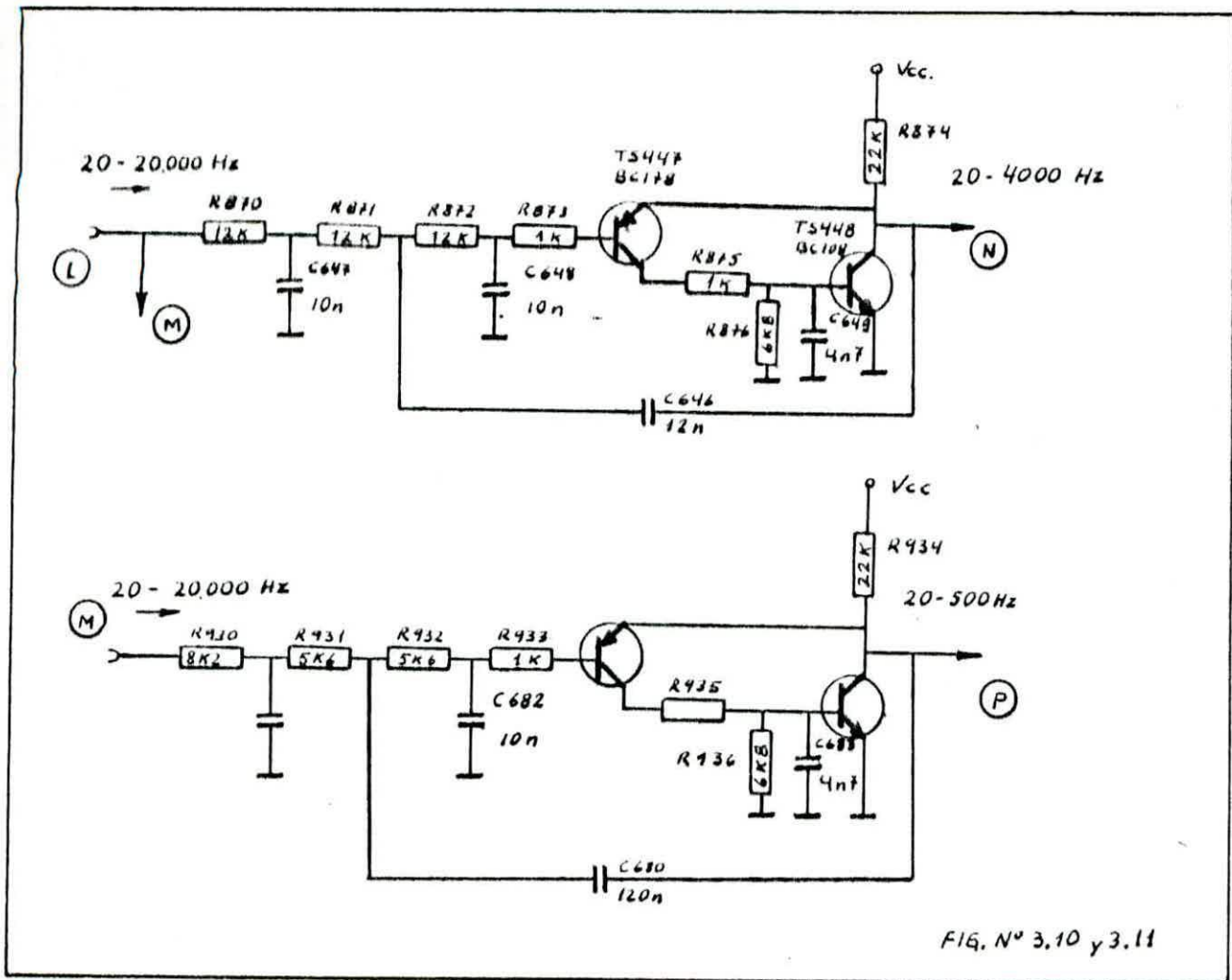


FIG. N° 3.10 y 3.11

3.2.- SISTEMA MFB

El sistema de realimentación dinámica del baffle RH545 opera un conjunto con el amplificador de bajos, el captor piezo e lóctrico y un comparador como se muestra en el diagrama de la figura N° 3.12.-

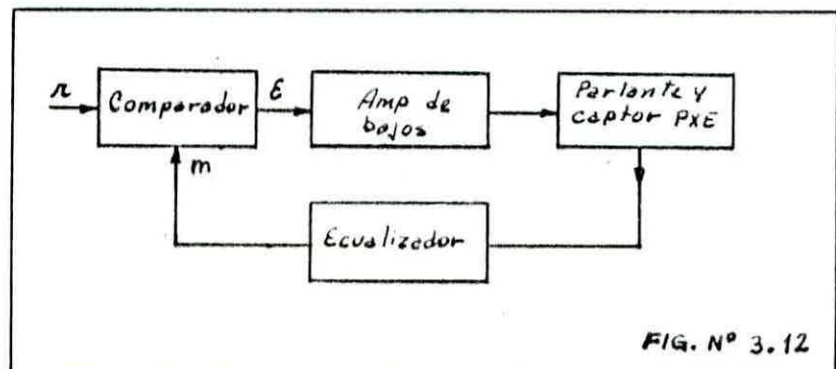
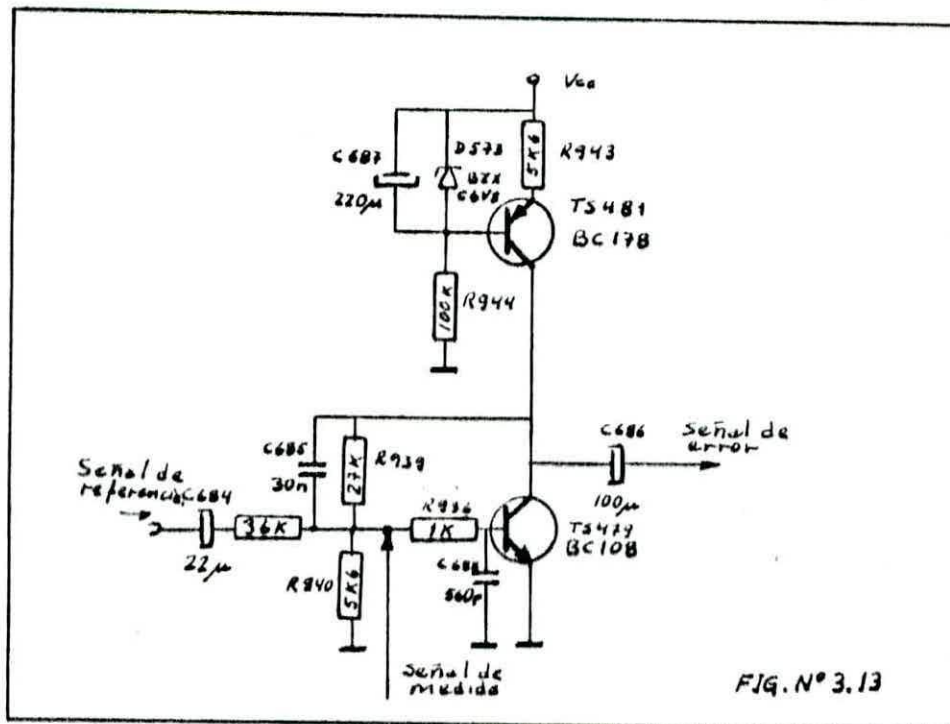


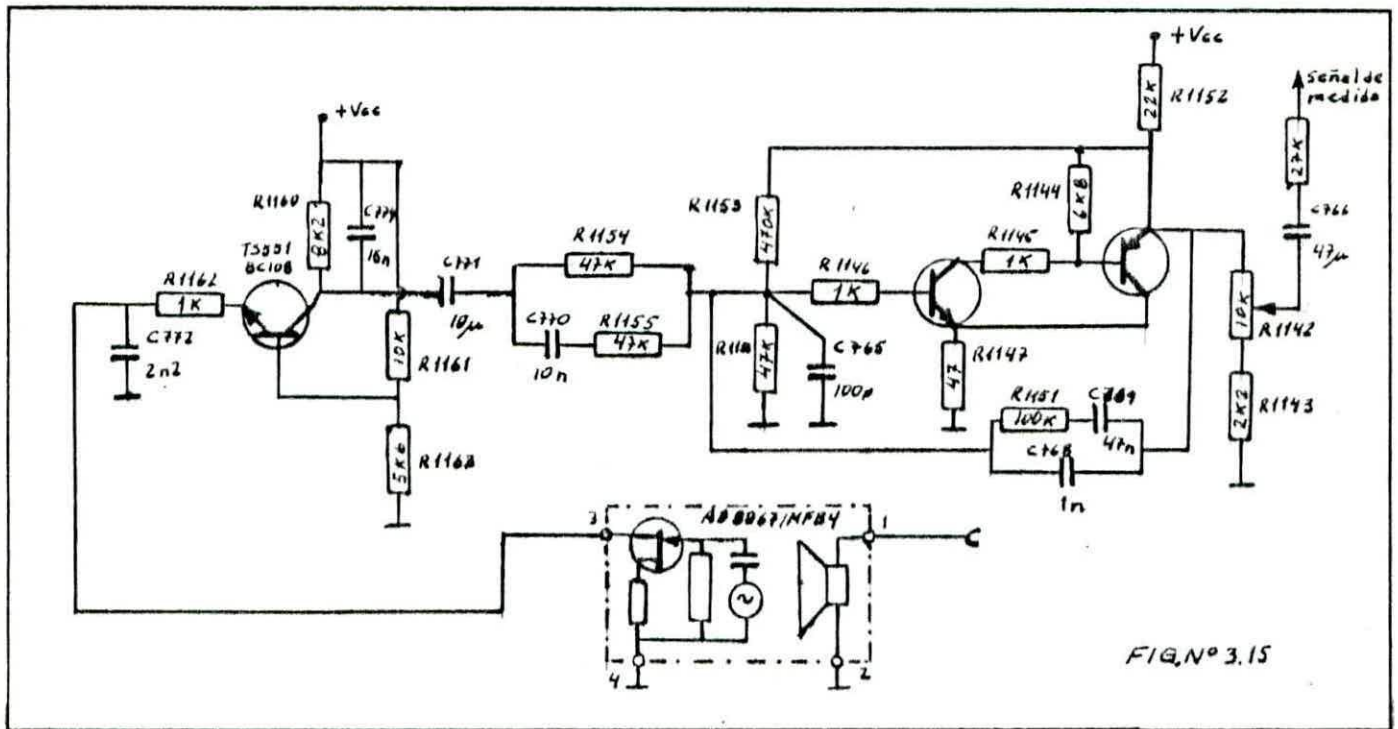
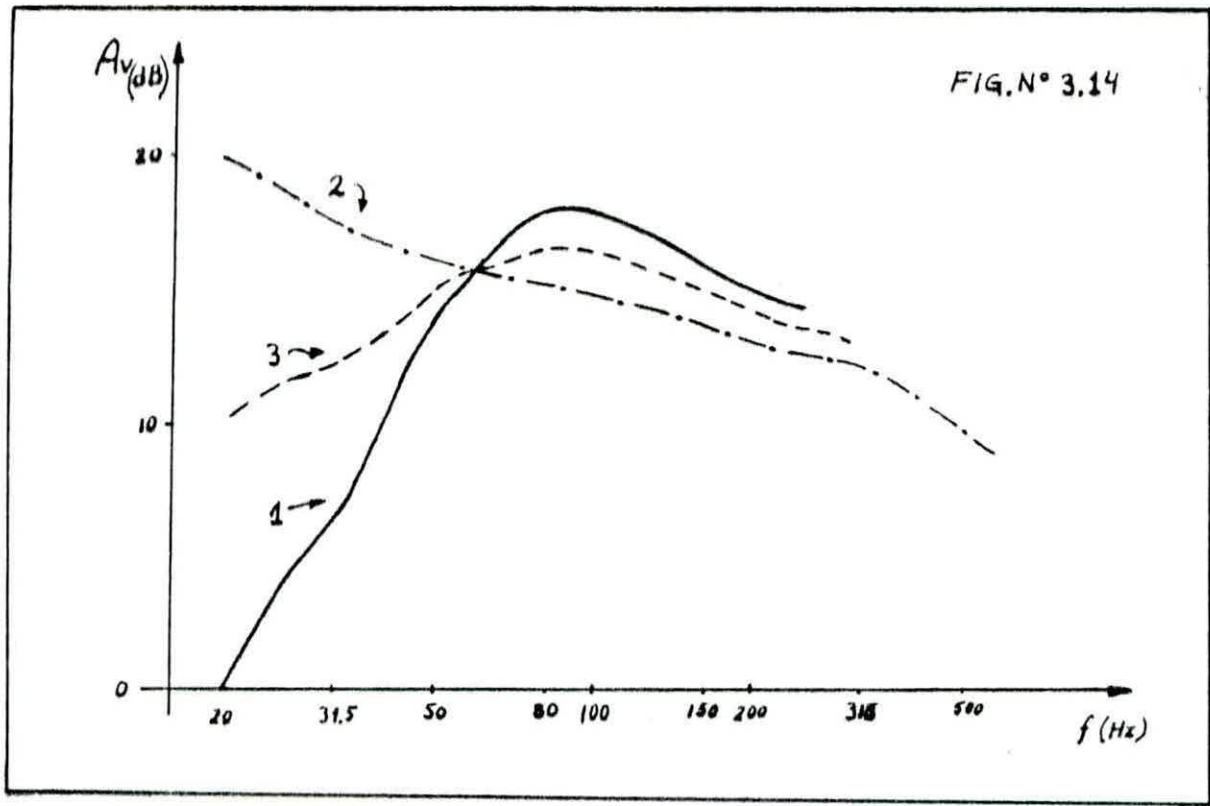
FIG. N° 3.12

La señal obtenida a la salida del pasa bajos, tiene una frecuencia comprendida entre 20Hz y 500 Hz corresponden a la señal de referencia para el comparador, el cual está constituido por el transistor TS479 alimentado por fuente de corriente constante. Esta configuración permite obtener alta ganancia debido a que la fuente de corriente constituido por TS481 y D573 se puede considerar como una resistencia de carga de valor muy alto (en señal).



En la Figura N° 3.13 se puede observar el capacitor C685, que forma un lazo de realimentación negativa y se puede interpretar como un filtro pasa bajos.

El circuito del comparador opera por la diferencia existente entre la señal de referencia y la señal de error previa modificación de ésta, como lo muestra la figura N° 3.14 curva N° 2, obteniendo a la salida del comparador la señal de error, que luego es amplificada.



El circuito de la figura N° 3.15 muestra el sistema ecua-
lizador de la señal del captor PXE. En él se puede observar el tran-
sistor TS551 que actúa como sistema de polarización del FET, así co-
mo amplificador de señal. La salida de esta etapa se acopla capaci-
tivamente a una malla RC constituida por R1154, R1155, C770 y C765,
la que proporciona un efecto pasa altos, limitado a 3dB aproximada-
mente.

La señal es conducida al circuito amplificador constituí-
do por los transistores TS549 y TS550, que por medio de la malla RC
(R1151, C768 y C769) en el lazo de realimentación negativa, permite
obtener la curva N° 2 de la figura N° 3.14. Al aplicar la señal pro-
veniente desde el captor PXE (curva N° 1 en la figura N° 3.14) a la
etapa considerada, se obtiene la señal de "medida", representada en
la figura N° 3.14 curva N° 3.

3.3.- AMPLIFICADORES DE POTENCIA

3.3.a.- AMPLIFICADOR DE NOTAS BAJAS

El amplificador de potencia para el canal de notas bajas pertenece a la clase AB o simetría cuasicomplementaria, con capacidad de suministrar 50 Watts al Woofer AD 12100MFB. La etapa de entrada es de tipo diferencial (TS525 y TS526) y está alimentada por la fuente de corriente constituida por TS527 y D600. El transistor TS529 actúa como desfaseador y por medio de R 1086 permite ajustar la simetría de los semiciclos de la señal. El amplificador está alimentado por una fuente simétrica respecto a tierra, lo que permite el acople directo con el parlante. Esto se debe a que el potencial continuo en la salida es nulo. (Ver plano general).

3.3.b.- AMPLIFICADOR DE NOTAS MEDIAS

Esta etapa contiene un filtro pasa altos que en cascada con el filtro pasa bajos, mencionado en la Sección 3.1., constituyen el filtro pasa banda, asignando al amplificador señales de 500 Hz a 4 KHz.

El filtro pasa altos está constituido por C725 y R 1023, C726 y R de 4K7, C727 y lazo de realimentación, que en conjunto forman un sistema de 3er. orden.

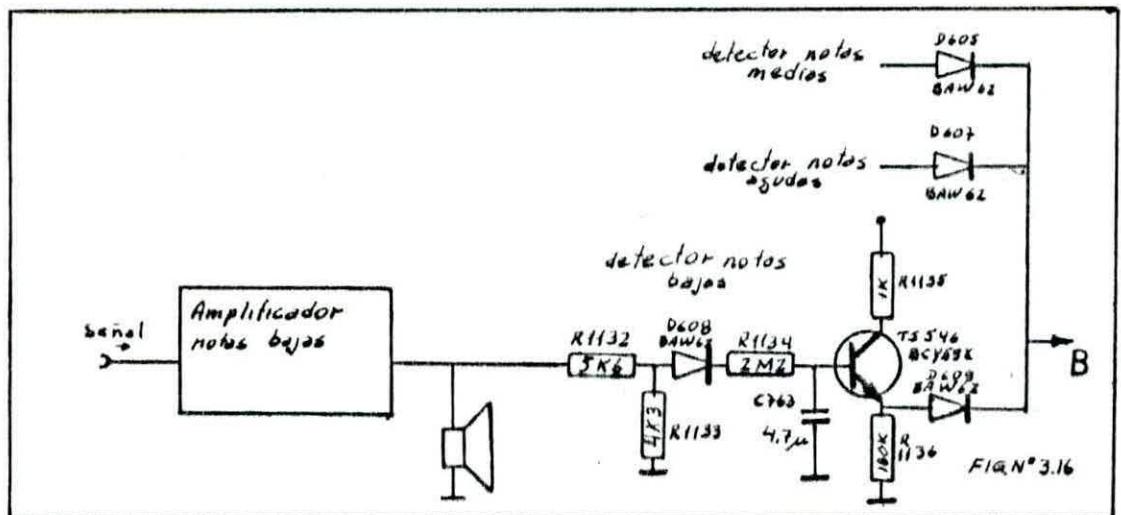
El amplificador de potencia es de clase AB o simetría cuasicomplementaria y tiene capacidad para suministrar 35 Watts de potencia y su acople con el parlante se realiza por medio de un capacitor debido al potencial continuo existente en la salida. La ganancia del amplificador está determinada por el potenciómetro R1032 permitiendo ajustar el rendimiento del parlante de rango medio.

3.3.c.- AMPLIFICADOR DE NOTAS AGUDAS

El circuito del amplificador de notas agudas es de igual configuración que el amplificador de notas medios y de menor capacidad de potencia, el que ofrece 15 Watts al parlante de notas agudas. La ganancia del amplificador está determinada por el potenciómetro R 976 y su acoplo al parlante es por medio del capacitor C 716.

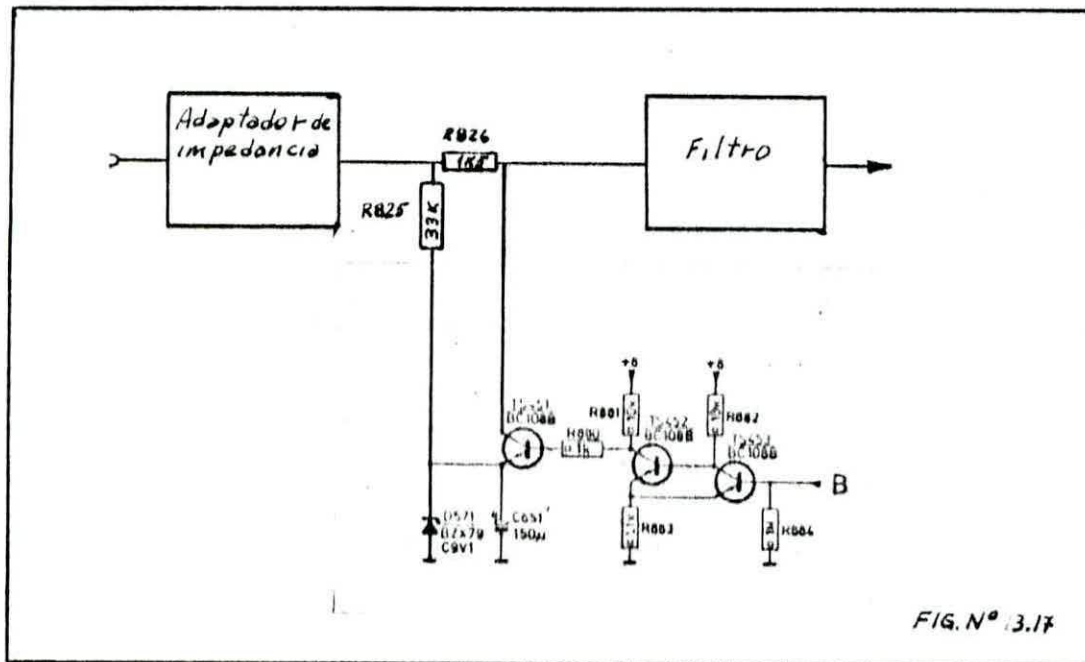
3.4.- SISTEMA DE PROTECCION

La caja acústica RH545 posee un sistema de protección electrónica contra sobrecargas en alguno de los amplificadores. El sistema consiste en que cada amplificador posee un circuito detector de sobrecarga como se muestra en la figura N° 3.16.-



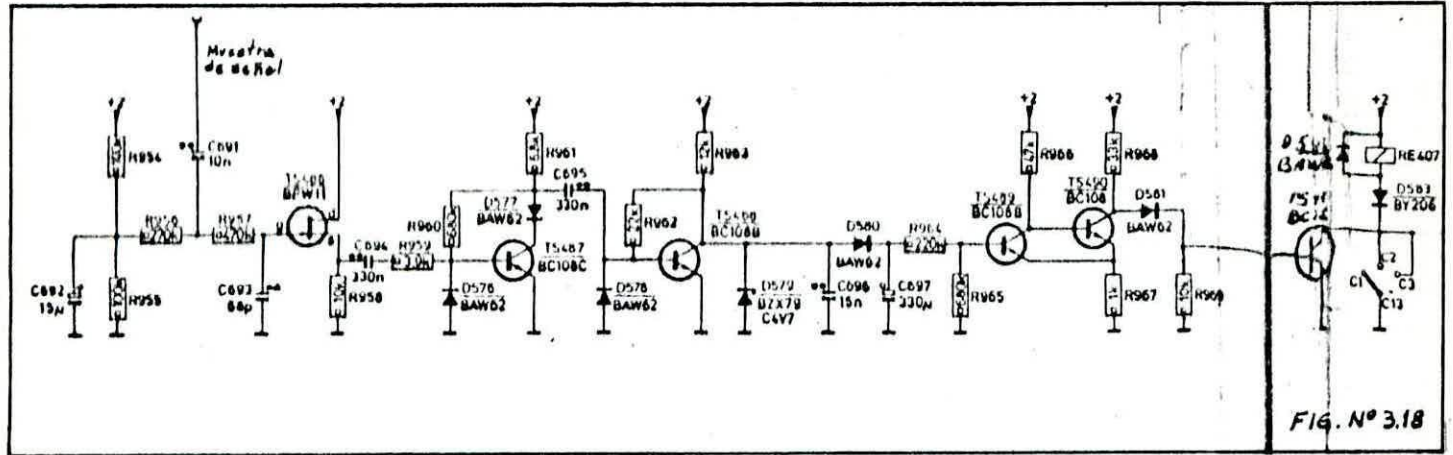
El circuito de la figura N° 3.16., opera (entra en conducción) cuando la tensión en la base de TS544, TS545 ó TS546 es de aproximadamente 0,6V. La tensión en la base del transistor es suministrada por la carga del condensador (C761, C762 ó C763) con una cierta constante de tiempo. La tensión obtenida en la salida del circuito se aplica a los transistores TS453 y TS452 (figura N° 3.17) que ponen en corto circuito la señal de entrada por medio de TS451.

El sistema deja de operar cuando la carga de el o los condensadores es menor que 0,6V.



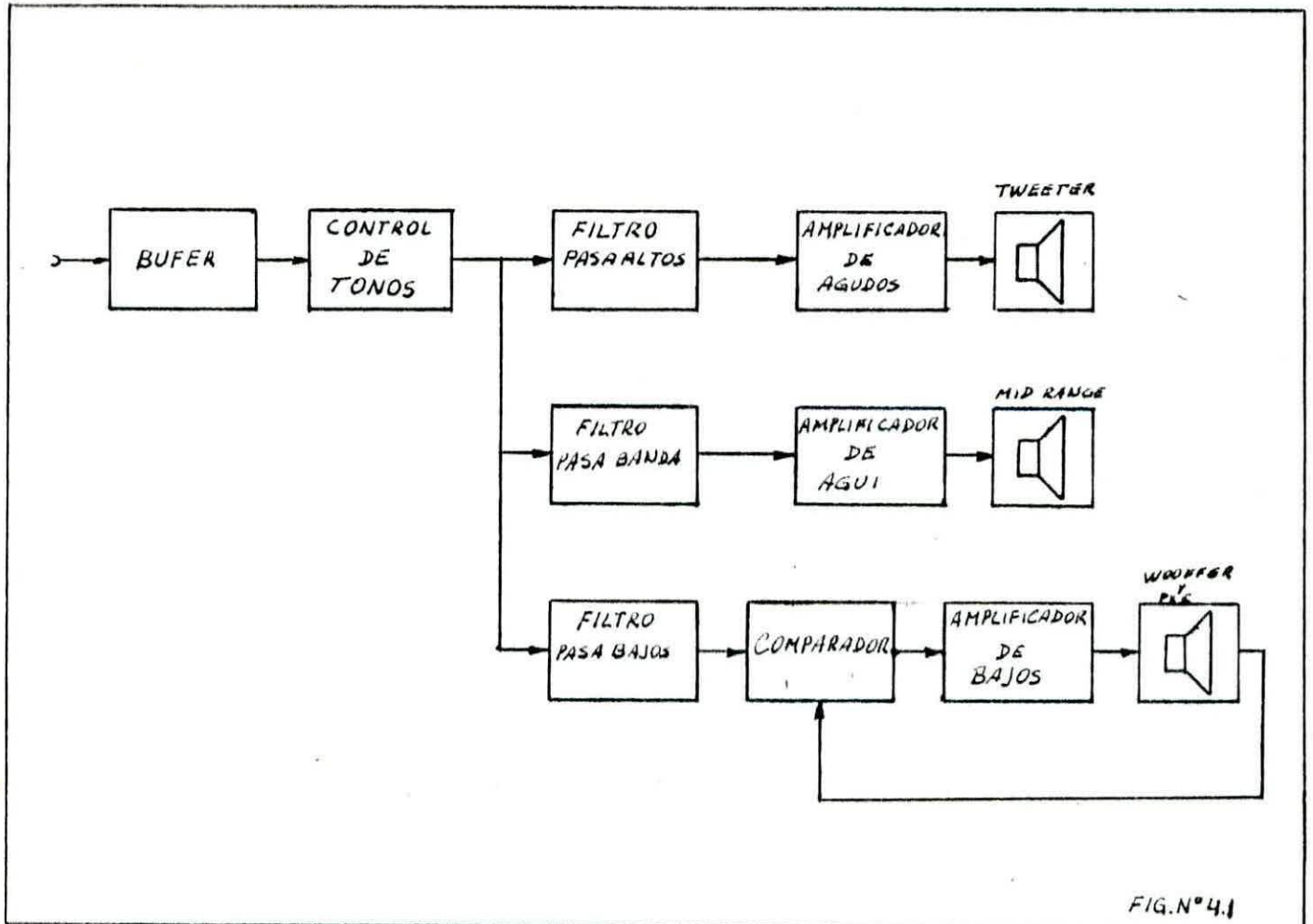
3.5.- INTERRUPTOR AUTOMATICO

El sistema RH545 posee un sistema que permite poner en funcionamiento la caja mediante la existencia de señal en la entrada de la caja. Dicho circuito está constituido por TS486, transistor FET que ofrece alta impedancia de entrada. Los transistores TS487 y 488 están cargados de amplificar los semiciclos positivos de la señal y el diodo Zeher D579 limitar la amplitud de éstos a 4,7V. La señal existente carga al capacitor C697 por medio de D580 obteniendo la tensión necesaria para hacer conducir los transistores TS489 y TS490 que a la vez opera al Relay RE407. El sistema posee una fuente de poder independiente con la tensión necesaria para alimentar los transistores y el Relay.



CAPITULO IV

De lo expuesto anteriormente en los Capítulos I, II y III, ha nacido en mí la inquietud de realizar un sistema acústico de características similares al modelo RH545. Esto, de acuerdo a los elementos existentes en el mercado nacional, y empleando la moderna tecnología de los circuitos integrados. El sistema se implementa siguiendo el esquema de la figura N° 4.1.-



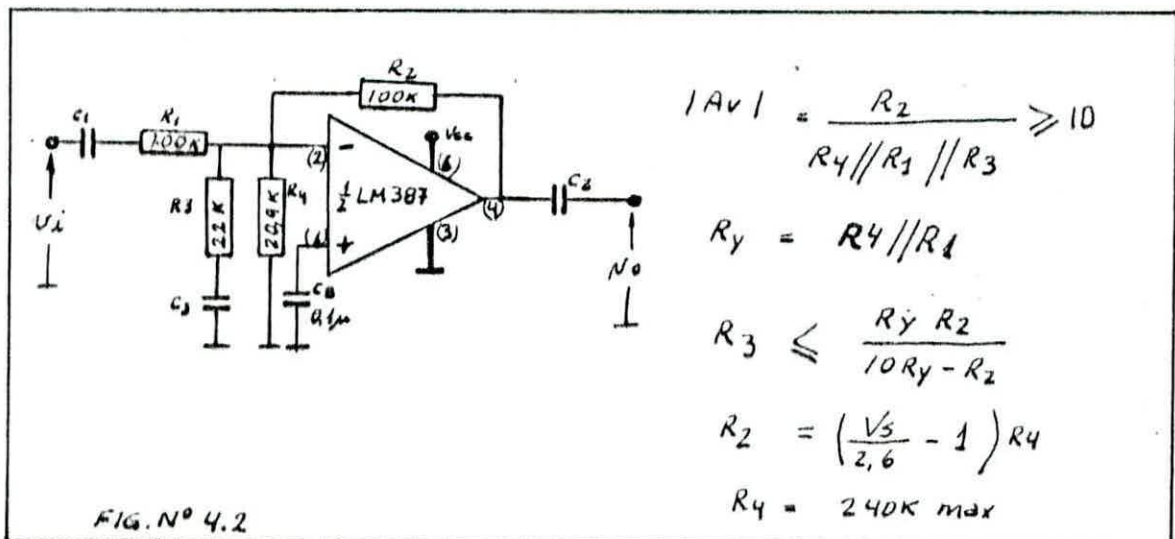
El diagrama de bloques de la figura 4.1. surge de la necesidad de canalizar el espectro de audio en 3 vías debido a la especial respuesta de frecuencias de los parlantes empleados, en este caso, por ejemplo el TWEETER ADO161, que tiene una respuesta muy lineal en el rango de 2 KHz a 22 KHz. También en es el caso del parlante de notas medias ADO211 y del WOFFER ADB067, cuyas gráficas de respuesta de frecuencias se ilustran en la figura N° del Capítulo

Los parlantes mencionados son modelos producidos por Philips.

4.1.- IMPLEMENTACION DEL BUFER

La caja acústica requiere para su trabajo niveles de entrada mayores o iguales de 1 V. Para ello se implementó un amplificador de ganancia unitaria y alta impedancia de entrada. Para esta ampliación se dispone del circuito integrado LM387 que es un doble preamplificador de bajo ruido cuyas características se detallan en el manual National Semiconductor.

El fabricante del CI LM387 especifica en su manual un modelo de amplificador inversor de ganancia unitaria, mostrado en la figura N° 4.2. con sus respectivas relaciones.



- Condiciones de Operación

$$V_{cc} = 15v$$

$$AV = 1$$

$$R_1 = 100 K$$

$$Bw = 15 a 30 KHz$$

$$R_1 = 100K$$

$$\text{Para ganancia unitaria } R_1 = R_2 = 100K$$

$$100K = \left(\frac{15}{2,6} - 1 \right) R_4$$

$$R_4 = \frac{100K}{4,7} = 20,9K$$

$$R_4 = 15K + 5,6K$$

$$R_y = 100K // 22K = 18K$$

$$R_3 \leq \frac{18K \cdot 100K}{180K - 100K} = 22,5K$$

$$R_3 = 22K$$

$$\text{Para } F_0 = 15Hz$$

$$C_1 = \frac{1}{2\pi 15Hz \cdot 100K} = 0,1 \mu F$$

$$C_1 = 0,1 \mu F$$

$$C_2 = 10 \mu F \text{ dependiente de la carga}$$

$$C_3 = \frac{1}{2\pi 30KHz \cdot 20,9K} = 250pF$$

$$C_3 = 250pF$$

4.2.- IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE TONOS

En esta aplicación se utilizó el control de tonos tipo Baxandall y se implementará con la otra mitad del IC LM387. El fabricante de este IC especifica en su manual de aplicaciones, un modelo de control de tonos como se ilustra en la figura N° 4.3.-

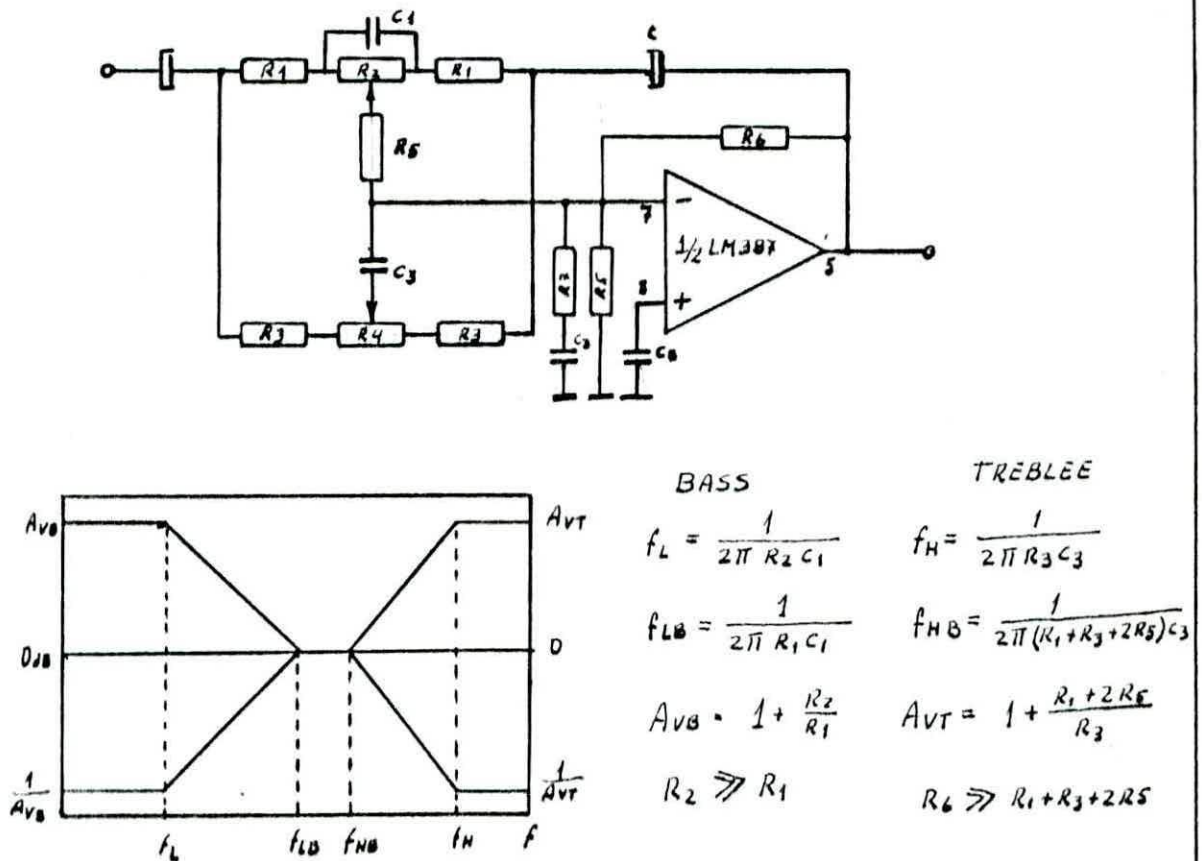


FIG. N° 4.3

- Condiciones de Operación

$$V_{CC} = 15V$$

$$A_{VB} = 10 = 20 \text{ dB}$$

$$f_L = 40\text{Hz}$$

$$f_{LB} = 400\text{Hz}$$

$$f_{LH} = 1\text{KHz}$$

$$f_H = 10\text{KHz}$$

$$A_{VT} = 0 = 18\text{dB}$$

Diseño del bajo

$$A_{VB} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 10$$

$$R_1 = \frac{50K}{9} = 5555 \Omega$$

$$R_1 = 5K6$$

$$f_L = 40Hz \quad C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot 40 \cdot 50K} = 79 \text{ nf}$$

$$C_1 = 82 \text{ nf}$$

Diseño del agudo

$$\text{Sea } R_5 = R_1 = 5K6$$

$$A_{VT} = 1 + \frac{R_1 + 2R_5}{R_3} = 8$$

$$R_3 = \frac{R_1 + 2R_5}{8-1} = \frac{5K6 + 2 \cdot 5K6}{7} = 2400$$

$$R_3 = 2K2$$

$$C_3 = \frac{1}{2\pi f_H R_3} = \frac{1}{2\pi \cdot 10K \cdot 2K2} = 7,2 \text{ nf}$$

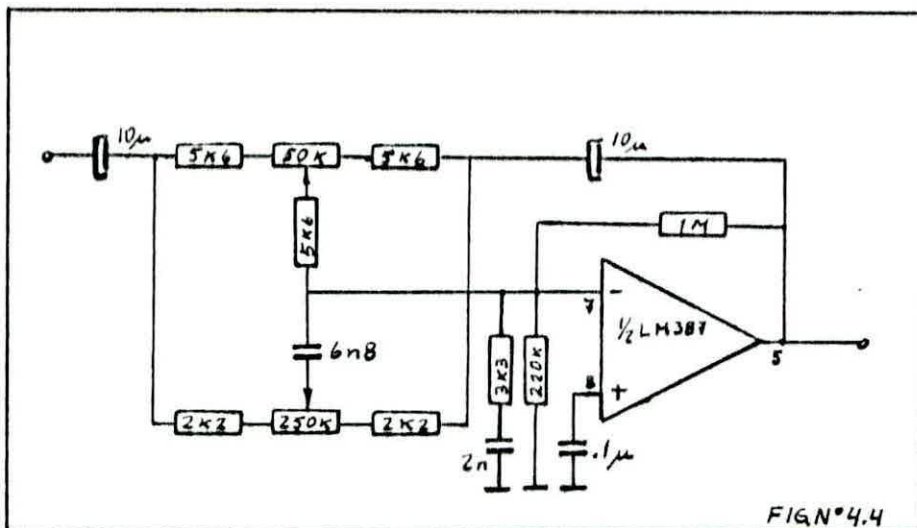
$$C_3 = 6,8 \text{ nf} \quad (10,6 \text{ KHz}) \quad R_4 = 10 (R_3 + R_1 + 2R_5) = 190K$$

$$\text{Sea } R_5 = 220K$$

$$R_6 = \left(\frac{15}{2,6} - 1 \right) 220K = 1M$$

$$R_6 = 1M$$

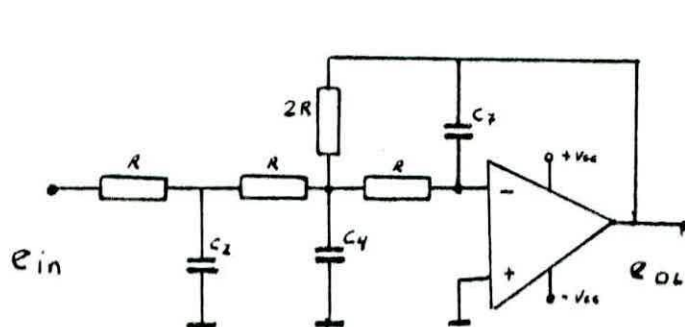
La Figura N° 4.4 se ilustra el sistema completo.



4.3.- IMPLEMENTACION DE LOS FILTROS DE CHUCE

La elección del tipo de filtro se basa en la necesidad de una buena respuesta de frecuencias y de transientes. En esta aplicación se utiliza filtro activo de 3° orden con características Butterworth.

National Semiconductor en su manual de aplicaciones presenta un esquema de un filtro como el mencionado anteriormente. La figura N° 4.4., muestra un circuito pasa bajos de 3° orden y sus relaciones.



$$\frac{e_{OL}}{e_{IN}} = \frac{-1}{S^3 + 2S^2 + 2S + 1}$$

$$f_{OL} = \frac{1}{2\pi R \sqrt[3]{C_2 C_4 C_7}}$$

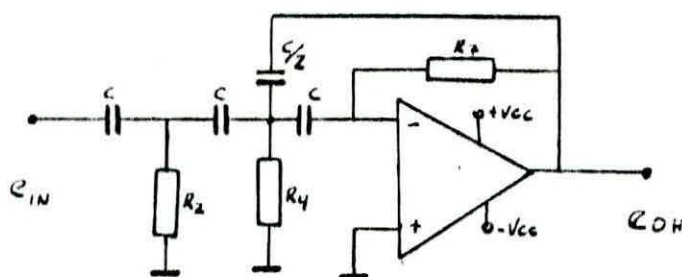
$$Q = 0,707, \quad A_V = -1$$

$$C_2 = \frac{2,4553}{2\pi f_{OL} R}$$

$$C_4 = \frac{2,1089}{2\pi f_{OL} R}$$

$$C_7 = \frac{0,1931}{2\pi f_{OL} R}$$

FIG. N° 4.4 : FILTRO PASA BAJO DE TERCER ORDEN



$$\frac{e_{OH}}{e_{IN}} = \frac{-s^3}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1}$$

$$f_{OH} = \frac{1}{2\pi C \sqrt[3]{R_2 R_4 R_7}}$$

$$Q = 0,707, A_v = -1$$

$$R_2 = \frac{0,4074}{2\pi f_{OH} C}$$

$$R_4 = \frac{0,4742}{2\pi f_{OH} C}$$

$$R_7 = \frac{5,1766}{2\pi f_{OH} C}$$

FIG N° 4.5 : FILTRO PASA ALTOS DE TERCER ORDEN

La figura 4.5., muestra un filtro pasa altos de tercer orden y sus respectivas relaciones. Con estos dos circuitos es posible realizar un filtro pasa banda.

Uniendo estos elementos en cascada se obtiene el filtro se parador de frecuencias de 3 vías que se muestra en la figura N° 4.7.

Haciendo uso de la tabla de la figura 4.6., se determina el valor de los componentes. Dicha tabla es proporcionada por Natio nal Semiconductor en su manual de aplicaciones.

f_c Hz	C μF	R_2 Ω	R_4 Ω	R_7 Ω	C_2 μF	C_4 μF	C_7 μF
100	0,080	8148	9484	103,532	0,391	0,336	0,0307
200	0,040				0,195	0,168	0,0154
300	0,027				0,130	0,112	0,0102
400	0,020				0,0977	0,0839	0,00768
500	0,016				0,0782	0,0671	0,00615
600	0,013				0,0651	0,0559	0,00512
700	0,011				0,0558	0,0479	0,00439
800	0,010				0,0488	0,0420	0,00384
900	0,0088				0,0434	0,0373	0,00341
1K	0,008				0,0391	0,0336	0,00307
2K	0,004				0,0195	0,0168	0,00154
3K	0,0027				0,0130	0,0112	0,00102
4K	0,002				0,00977	0,00839	768pF
5K	0,0016				0,00782	0,00671	615pF

Asignar $R = 10K$

Fig. N° 4.6

En esta aplicación, se utiliza el IC TL081, que es un amplificador operacional JFET de bajo ruido y gran Slew Rate (13V/us). Ver figura N° 4.7.-

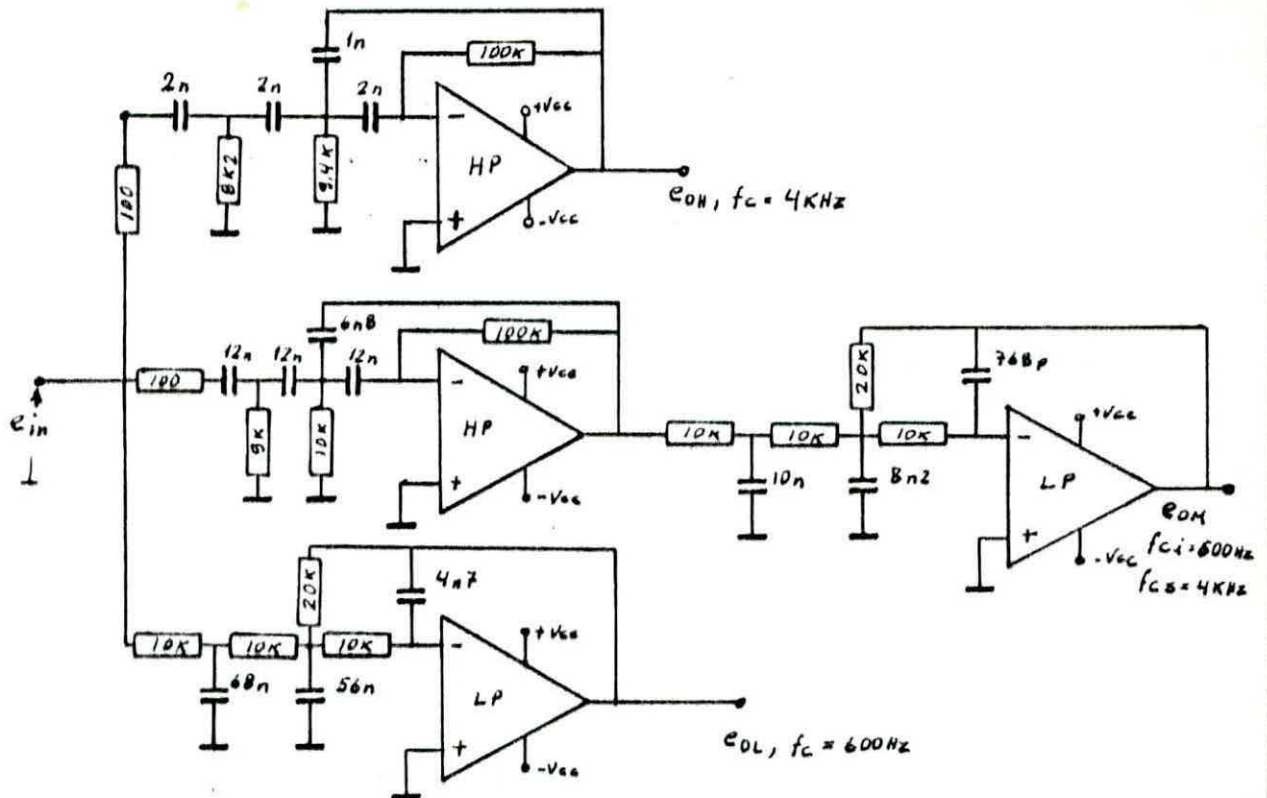


FIG. N° 4.7

4.4.- AMPLIFICADORES DE POTENCIA

Los amplificadores de potencia utilizados, están en relación con la capacidad de potencia de los parlantes.

4.4.a.- Amplificador de Bajos

Las características del WOOFER ADB067 establecen una Potencia máxima de 120W y potencia continua de 60W. Para este canal se

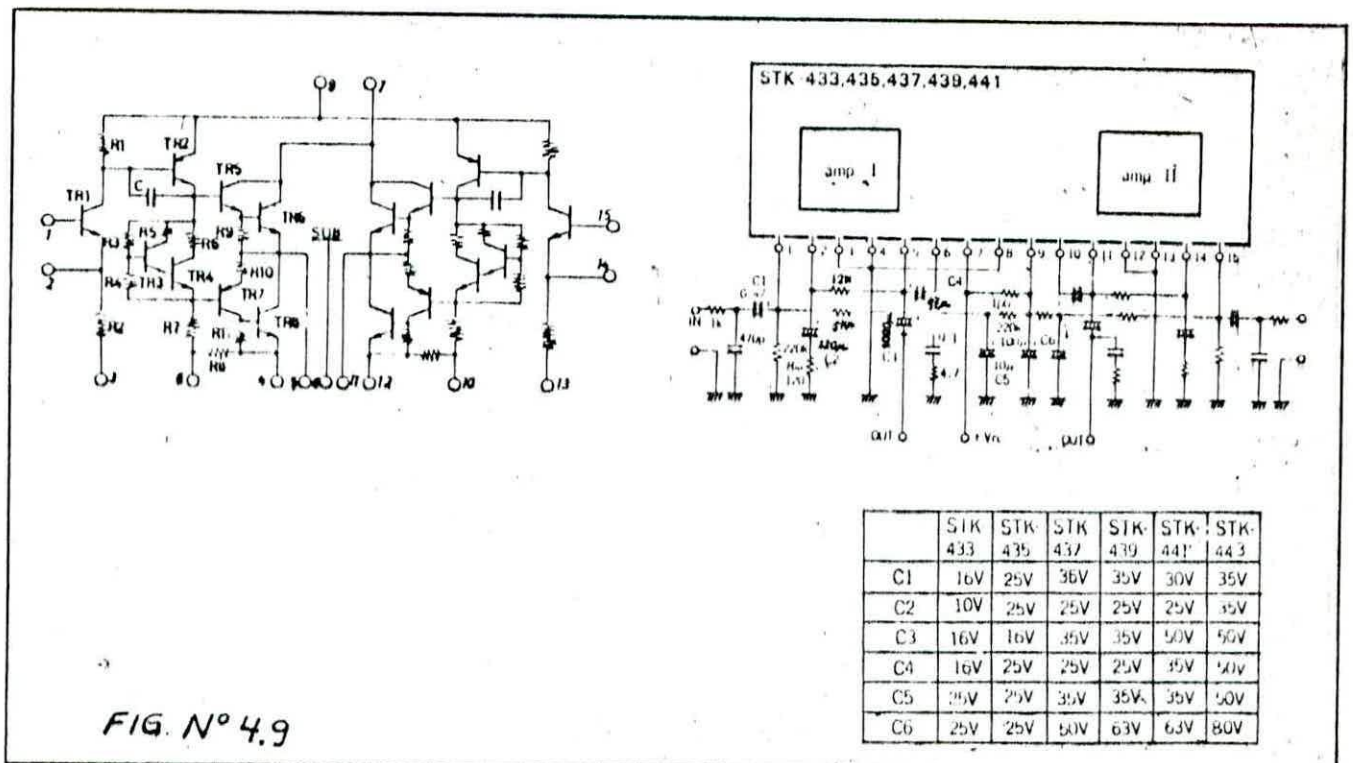
4.4.b.- Amplificador de Medios y Agudos

El amplificador de potencia del canal de notas medias y agudas, se realiza con un sólo IC, el STK 443, que contiene dos amplificadores independientes alimentado por una sola fuente.

Sus principales características se ilustran junto con el circuito en la figura N° 4.9.-

Principales Características

Potencia de Salida	THD = 1%, $f = 1\text{KHz}$, $R_L = 8$	$P_O = 25\text{W}$
Resistencia de entrada	$r_i =$	110K
Vcc recomendado		49V
Respuesta de frecuencia	$+ \delta - 3\text{dB } f =$	20Hz a 100KHz
Ganancia en tensión	$V_g =$	40dB



La figura N° 4.9., muestra el circuito del amplificador y características principales que suministra el fabricante en su hoja de especificaciones.

Cabe señalar que en esta aplicación se hicieron algunas modificaciones, con objeto de adaptar los amplificadores a los requerimientos del sistema.

En primer lugar, se modifica la ganancia de los amplificadores colocando un potenciómetro en R_1 y R_2 . De esta manera se permite ajustar los niveles de salida con respecto al canal de notas bajas.

Otra de las modificaciones efectuadas, fue el cambio de los valores de capacidad en algunos condensadores, debido a los pequeños rangos de frecuencias utilizados y con objeto de disminuir costos. Tal es el caso del amplificador de notas medias, que procesa un rango de frecuencia de 600Hz a 4KHz.

Cambios realizados en el amp. de notas medias:

$C_1 = 0,47 \text{ uF}$	$C_1' = 0,01 \text{ uF}$
$C_2 = 220 \text{ uF}$	$C_2' = 47 \text{ uF}$
$C_3 = 1000 \text{ uF}$	$C_3' = 150 \text{ uF}$

Cambios en el amplificador de agudos:

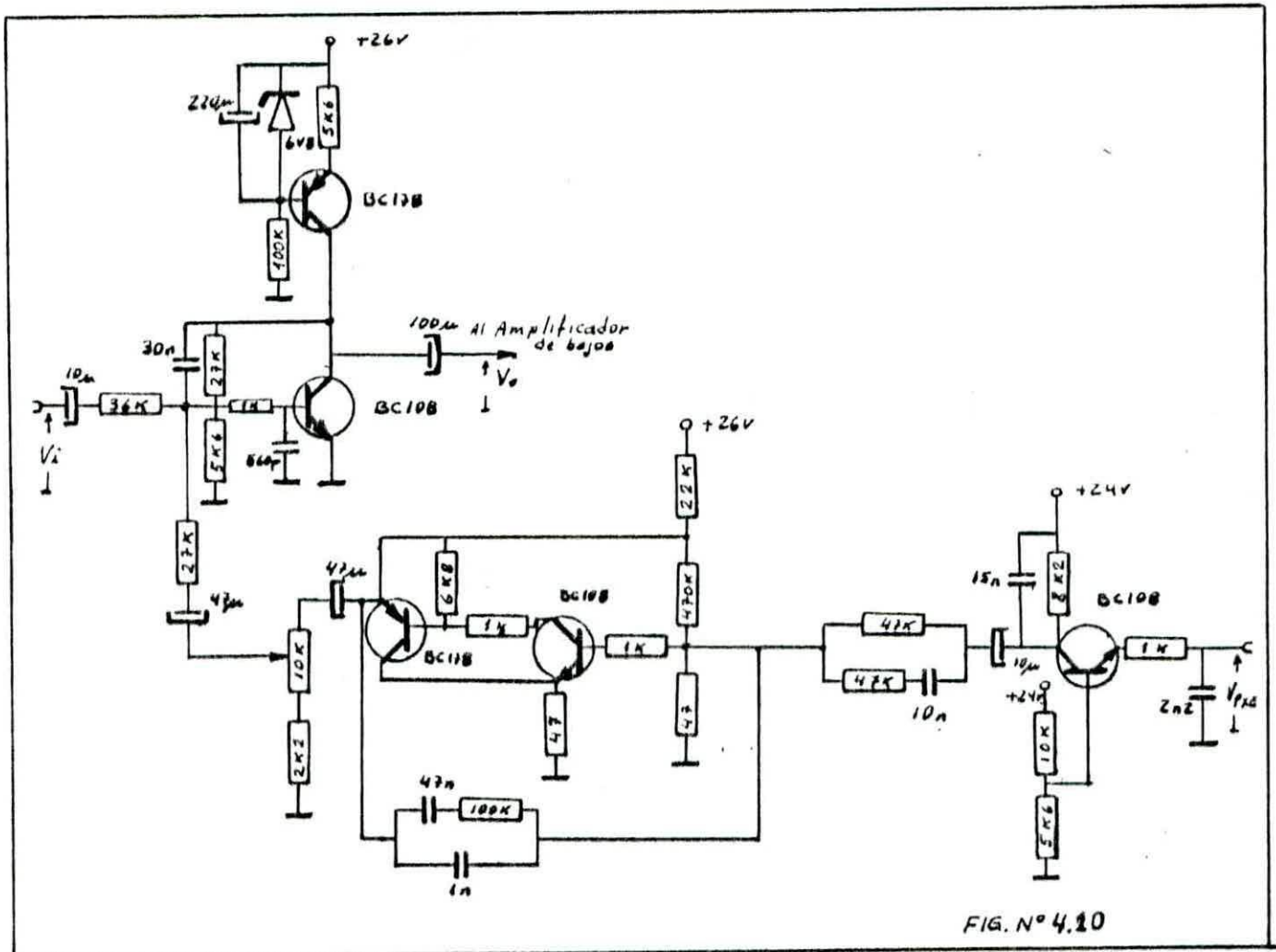
$C_4 = 1000 \text{ uF}$	$C_4' = 47 \text{ uF}$
$C_5 = 220 \text{ uF}$	$C_5' = 10 \text{ uF}$
$C_6 = 0,47 \text{ uF}$	$C_6' = 1 \text{ nF}$

4.5.- SISTEMA MFB

La implementación del sistema MFB se realiza de igual forma que el Baffle RH545, es decir, igual circuito, e iguales componentes, y se debe principalmente a que dicho circuito está diseñado para proporcionar cierta respuesta de frecuencias desde el captor y desde el canal de notas bajas como se menciona en el capítulo III,

figura N° 3.14.- El uso de un parlante de 8 pulgadas es esta aplicación no altera la curva de respuesta de frecuencias del captor PXE ya que éste actúa como sensor de aceleración y no como captor de presión.

Evidentemente en esta aplicación la presión ejercida por el cono es mayor ya que las dimensiones del Woofer y de la caja acústica, son menores (aproximadamente 12 litros de volumen interno). A pesar de esto, el funcionamiento del lazo sigue siendo igual, puesto que en el nuevo sistema la presión interna (mayor que en RH545), se manifiesta como efecto de carga, y cualquier efecto de carga o no linealidad, es compensado con mayor potencia de manera de obtener una forma de onda mecánica similar a la forma de onda eléctrica. La figura N° 4.10., ilustra el circuito completo de la etapa MFB.



4.6. INTERRUPTOR AUTOMATICO

Este sistema nace de la necesidad de poner en operación y desconectar los circuitos de la caja acústica a implementar.

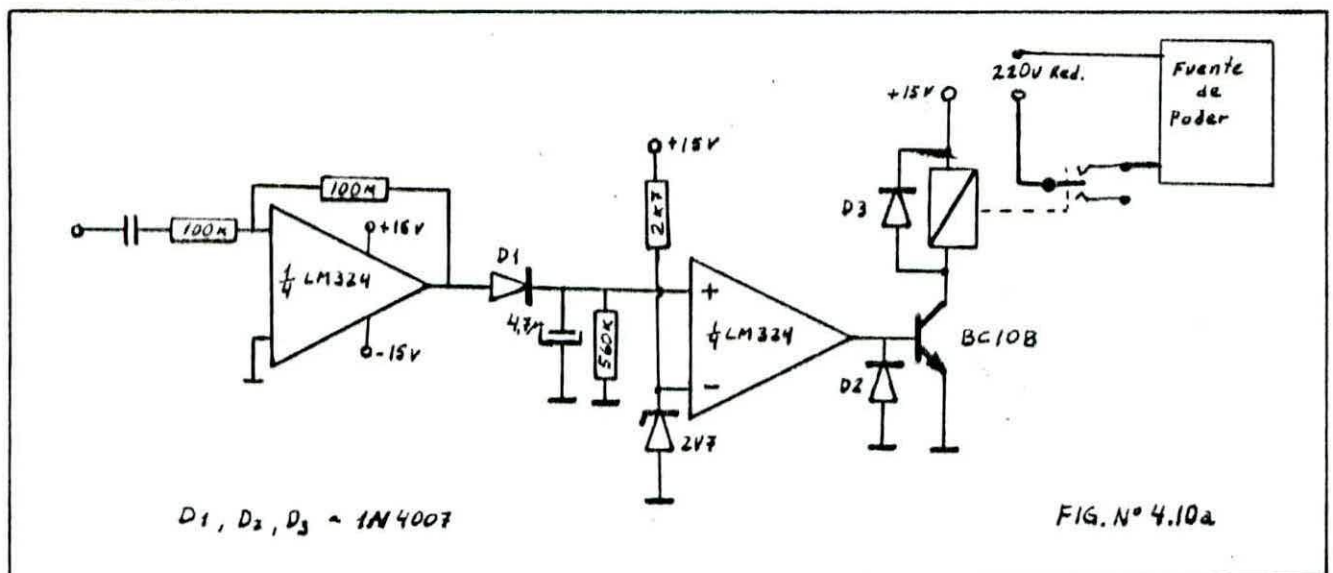
El circuito de interruptor, opera mediante una muestra de señal de entrada que luego se amplifica y rectifica en media onda, con objeto de cargar el condensador C, y así obtener la tensión que se va a comparar con la de referencia.

Un circuito comparador de tensión se encarga de operar el "reloj" y este a la fuente de poder. El circuito se realiza con amplificadores operacionales convencionales, otorgando 60 dB de ganancia a la etapa amplificadora, de manera tal de operar el interruptor con una señal de entrada mayor o igual a 3,2 mV.

El tiempo asignado para desconectar el sistema suponiendo el condensador C cargado a $V_c = V_{sat.} - V_D$. está dado por la siguiente relación:

$$t = RC \ln \frac{V_c}{V_z}$$

La figura N°4.10_a ilustra el circuito de interruptor automático.



4.7. FUENTE DE ALIMENTACION

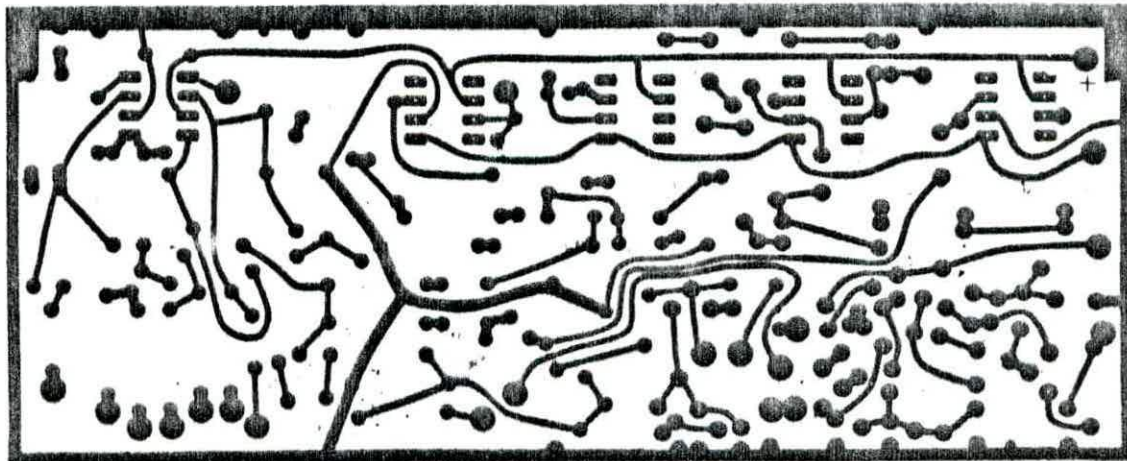
Se construyó las fuentes de alimentación de $\pm 28V$, $\pm 15V$ y $+ 27V$ haciendo uso de circuitos convencionales de fuentes reguladas y circuitos integrados reguladores. No se entregan circuitos de este aspecto, ya que se trata de algo conocido y que no aporta mayormente al problema central.

CIRCUITOS IMPRESOS

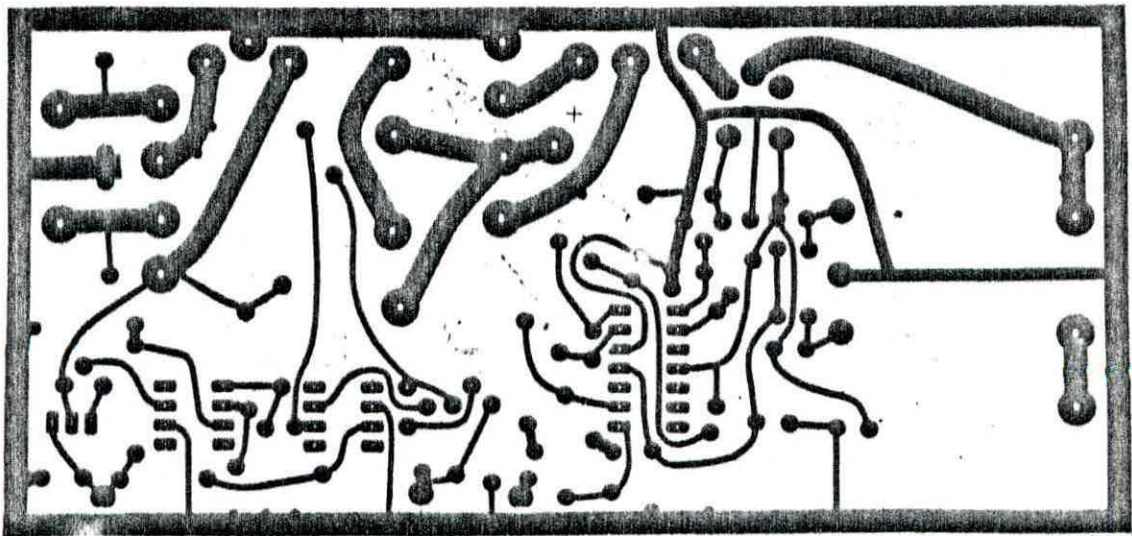
El circuito se implementa en 3 placas:

- a) Buffer, control de tonos, filtros separadores y sistema MFB.
- b) Interruptor automático y fuentes reguladas.
- c) Amplificadores de potencia: "bajos, medios y agudos".

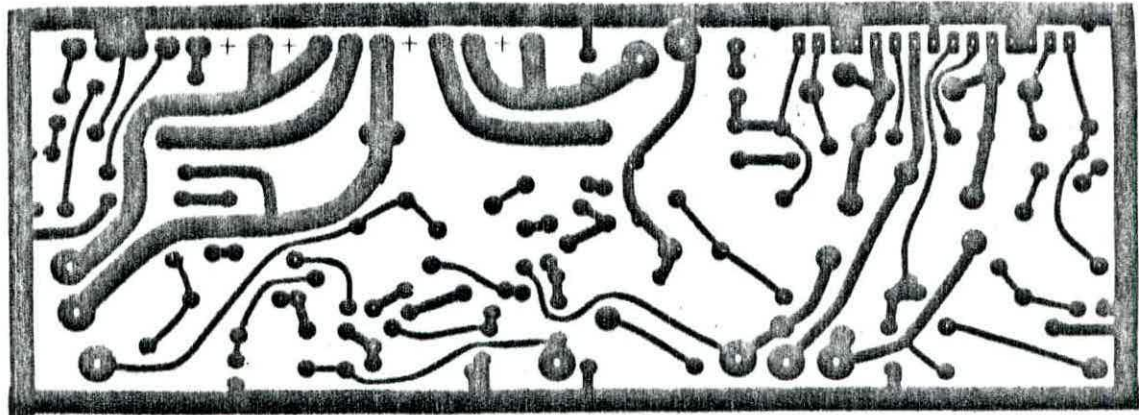
Los impresos se realizan según diseño del autor y con las técnicas convencionales. La figura N° ilustra las placas de circuito impreso.



- a) Buffer, control de tonos, filtros separadores y sistema MFB
(lado componentes).



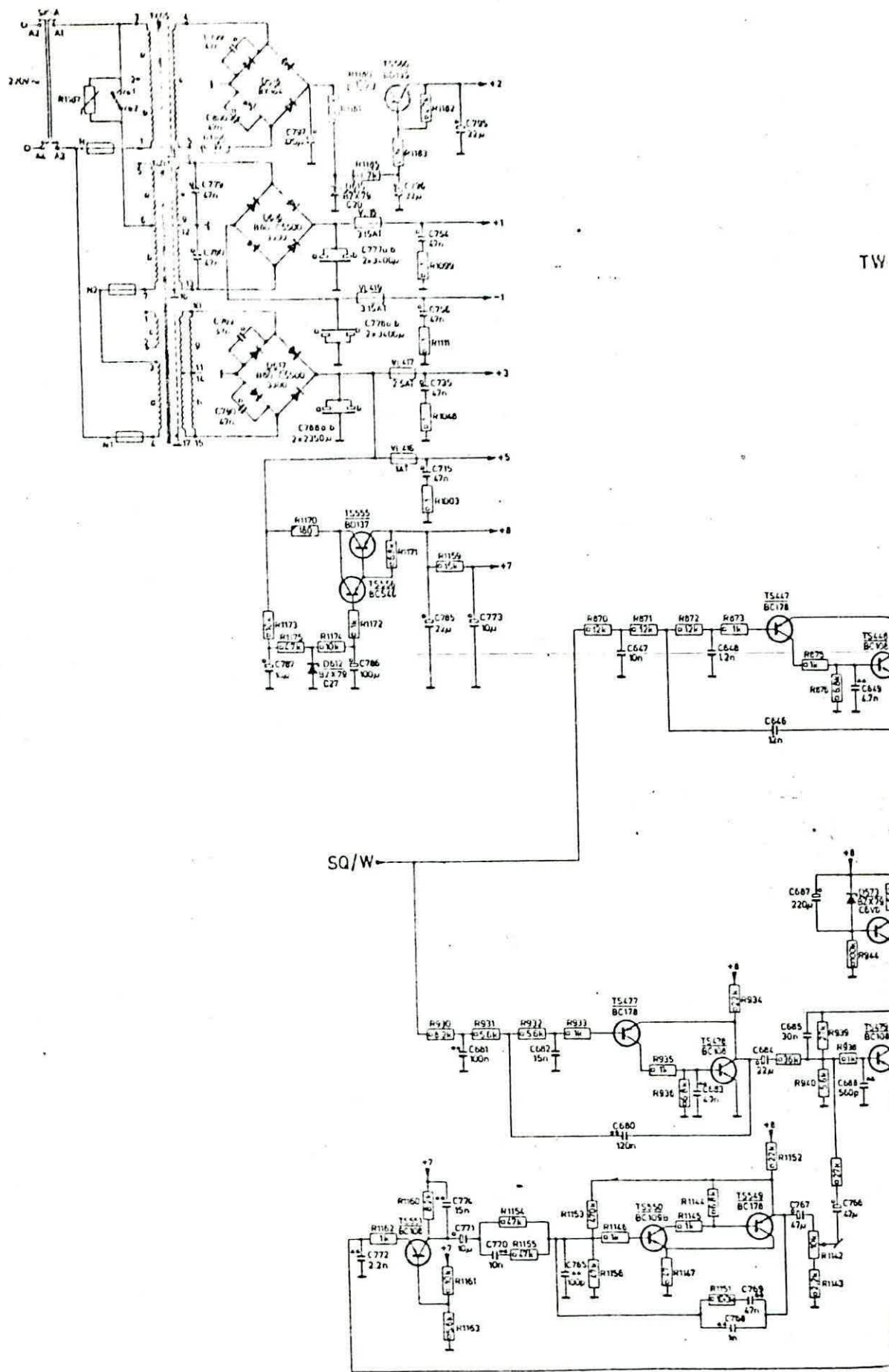
b) Interruptor automático y fuente de poder (lado componentes)

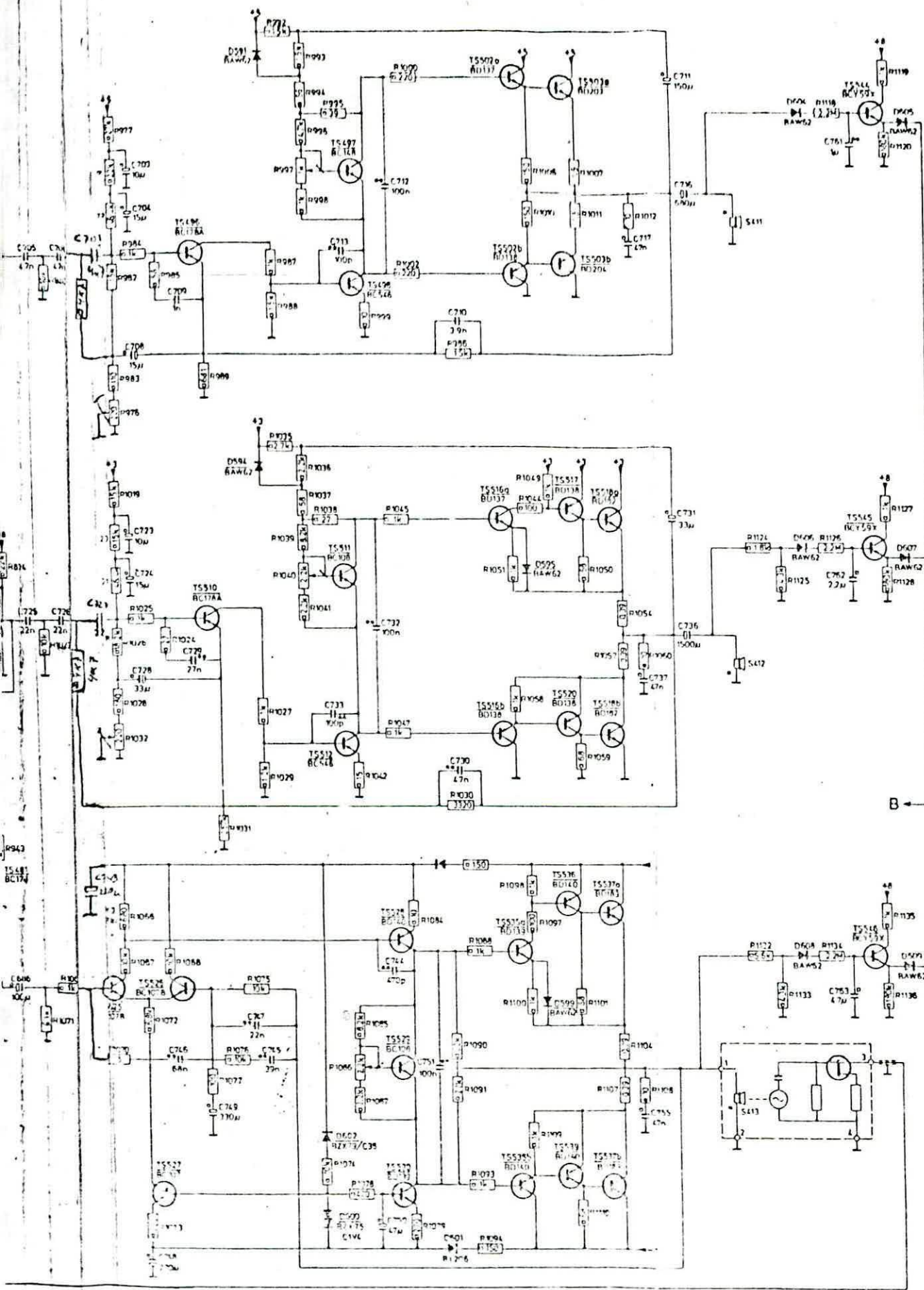


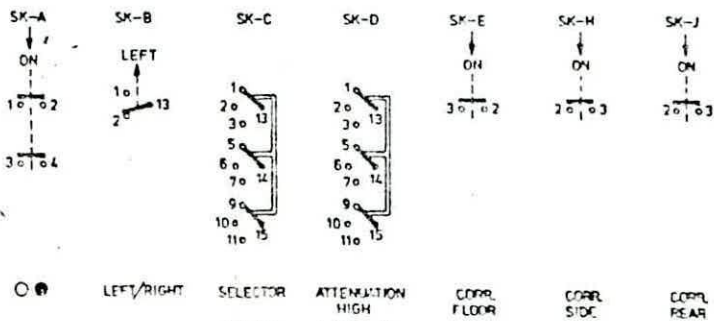
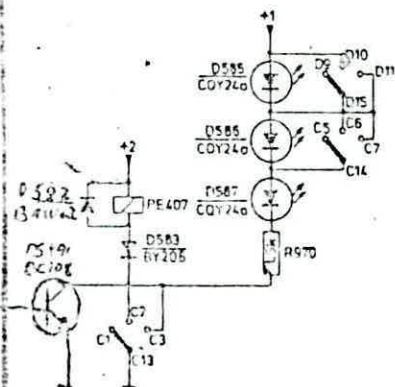
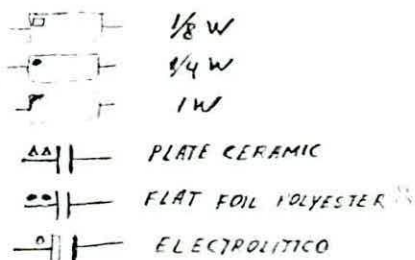
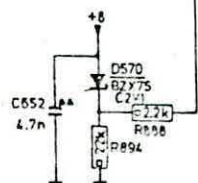
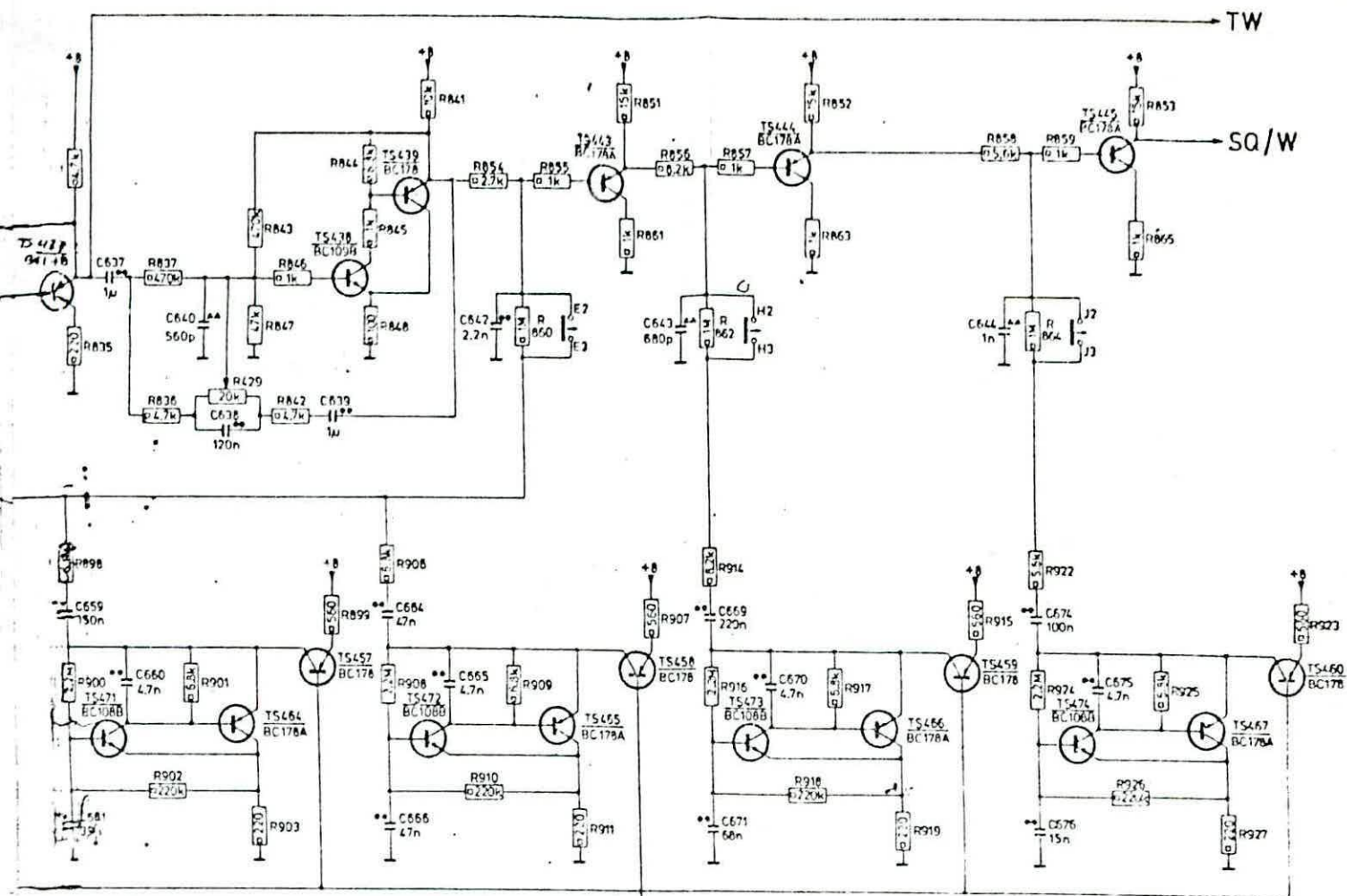
c) Amplificadores de potencia (lado componentes)

CONCLUSIONES GENERALES

La Caja Acústica opera correctamente, se cumple el objetivo del texto, es decir, compensar las deficiencias de una caja acústica, mediante sistemas electrónicos. Los cálculos efectuados en forma teórica, son muy similares a los resultados obtenidos en forma práctica.







LEFT/RIGHT SELECTOR ATTENUATION HIGH CORR. FLOOR CORR. SIDE CORR. REAR

1-5-9= AUT. ON/ ASYM. IN
2-6-10= AUT. OFF/ ASYM. IN
3-7-11= AUT. OFF/ SYM. IN

1-5-9=0
2-6-10= 10kHz
3-7-11= 7kHz

K-267

BIBLIOGRAFIA

- Revista Le Haut Parleur N° 1583, páginas 269 a 281.
- National Semiconductor, audio handbook, 1978.
- Philips Data Handbook Loudspeaker, Mayo 1978.

