



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**SISTEMAS DE COMUNICACION EN LA  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:  
LEONARDO DOMINGUEZ PEREZ**

**ASESOR:  
ING. LUIS GARCIA GUTIERREZ**

México, D. F.

Agosto de 1982



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E .

Contenido.	Pags..
Capítulo 1.      Introducción.	1
Capítulo 2.      Conceptos de interés.	3
2.1      Modulación.	3
2.1.1      Modulación en amplitud.	3
2.1.2      Demodulación en amplitud.	6
2.1.3      Modulación angular.	7
2.1.4      Demodulación de FM.	8
2.2      Multiplexaje.	10
2.2.1.      Multiplexaje por división de frecuencia.	10
2.2.2      Multiplexaje por división de tiempo.	12
2.2.3      Demultiplexaje por división de tiempo.	15
2.3      Propagación.	15
2.3.1      Pérdidas de propagación.	16
2.3.2      Reflexión y Refracción.	17
2.3.3      Zonas de Fresnell.	18
2.4      Antenas.	20
Capítulo 3.      Sistemas de comunicación en la C.F.E.	22
3.1      Sistemas de comunicación sobre líneas de alta tensión.	22
3.1.2      Funcionamiento.	26
3.1.3      Distribución de frecuencias.	29
3.1.4      Algunos circuitos del equipo ESB 300.	31
3.2      Microondas vía D.G.T.	40
Descripción.	43
Funcionamiento de unidades.	48
Modulador de FI.	52
Equipo de radio enlace ( transmisor ) y sus unidades funcionales.	60
3.3      Enlaces de UHF y VHF.	72
Funcionamiento.	74
Circuitos de las unidades.	87
3.4      Sistemas de comunicación móvil.	83
Capítulo 4      Análisis comparativo de los sistemas del capítulo 3.	93
Capítulo 5      Conclusiones.	97
Apendice.      Simbología y abreviaturas.	102
Bibliografía.	107

## CAPITULO 1 INTRODUCCION.

Dada la importancia que en la actualidad tiene tanto la producción como el consumo de la energía eléctrica, se ha considerado que es necesario dar al lector una idea clara y objetiva de los métodos de comunicación usados por la Comisión Federal de Electricidad, una de las principales instituciones encargadas de la producción y control de la energía eléctrica. Por tal motivo el objetivo del presente es la descripción de sistemas de comunicación tales como: enlaces de VHF y UHF, sistema móvil y algunos más que son en la actualidad medios de comunicación para la C.F.E. Para lograr tal objetivo se aprovechará la red de comunicaciones de la C.F.E. ya establecida y que consta de 8 áreas principales distribuidas en todo el territorio de la nación. Esto a su vez sirve para visualizar la manera en que se lleva a cabo el control de la energía, actividad que esta bajo la responsabilidad de las oficinas de C.S.N.A.C.E. ( centro nacional del control de la energía ) el cual forma parte de la propia C.F.E.

Existen en la actualidad gran variedad de sistemas de comunicación mediante los cuales puede lograrse la transmisión de un diálogo o transmisión de datos, etc; entre esa gran variedad se encuentran sistemas como: línea telefónica, sistema telex, por satélite de comunicación, por microondas, por facsimil, por sistema de radio móvil, por enlaces de VHF ó UHF y las comunicaciones sobre líneas de alta tensión también conocidas como sistemas de OP/AT.

De los sistemas antes mencionados la C.F.E. solo usa los siguientes: enlaces de VHF y UHF, sistemas de OP/AT, radio comunicación móvil (MCCOM) y el que se ha considerado el más importante que son las microondas vía S.C.T. (D.G.T.), se dice el más importante por que es por este sistema por el cual las oficinas de C.S.N.A.C.E. y las de Rodano # 14 entablan comunicación con las del interior de la República.

A la vez se pretende dar al lector una visión de la aplicación práctica de algunos conceptos teóricos ya conocidos por el estudiante de electrónica tales como: modulación (MODULACIONES), multiplexaje (GRUPO y SUPERGRUPO), propagación, amplificadores, etc.

En los próximos capítulos se tratará cada uno de los sistemas mencionados, así como las características de cada uno de ellos; partiendo de la frecuencia del canal de voz que por normas del CCITT se ha adoptado como de .3 a 3.4 KHz. hasta llegar a una frecuencia de microondas que según el CCIR puede ser desde la banda de VHF, UHF y hasta los 6 GHz. así como los diferentes métodos para la generación de dichas frecuencias.

## CAPITULO 2

### CONCEPTOS DE INTERES.

#### 2.1 Modulación.

En los sistemas de comunicación es muy común el termino modulación; en lo sucesivo cuando se emplee esta palabra entenderemos un proceso de translación de una señal  $F(t)$  con ancho de banda de .3 a 3.4 KHz. a una banda de frecuencia más alta,

Hay dos razones por las que una señal debe ser modulada:

- 1.- Para adecuar la señal al medio de transmisión.
- 2.- Para transmitir varias señales por un mismo canal de transmisión simultáneamente ( multiplexaje ).

Los métodos más comunes para llevar a cabo un proceso de modulación son :

- |                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| 1.- Modulación en amplitud          | AM.  |
| 2.- Modulación en frecuencia        | FM.  |
| 3.- Modulación en fase              | MP.  |
| 4.- Modulación en amplitud de pulso | PAM. |
| 5.- Modulación por pulso codificado | PCM. |

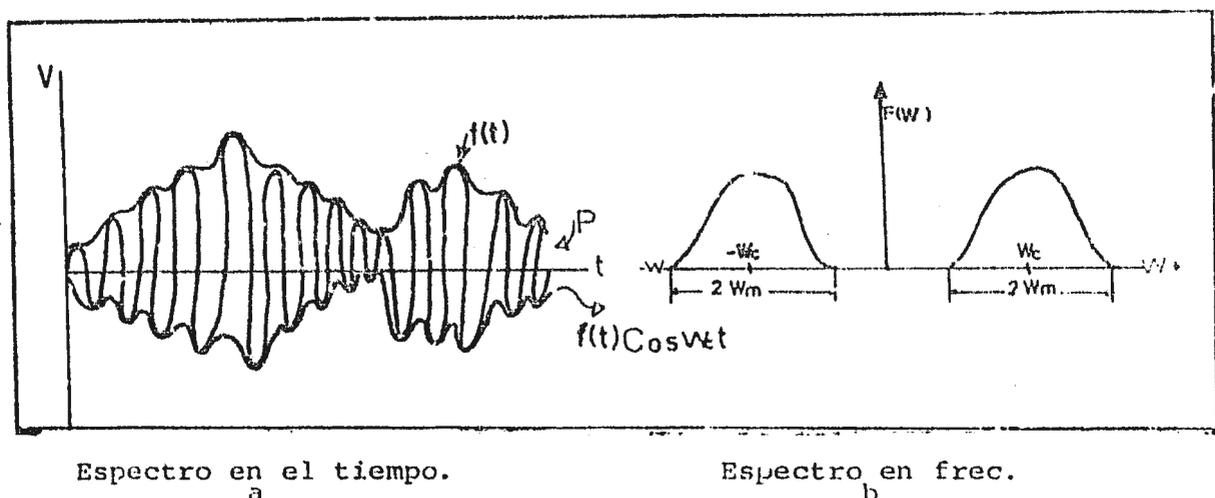
El principio de modulación es una multiplicación de dos señales, significa que para trasladar una señal  $F(t)$  a una frecuencia más alta basta multiplicarla por una señal senoidal  $\cos Wot.$ ; a la señal  $F(t)$  se le conoce como señal modulante y la señal  $\cos Wot.$  se conoce como portadora. Para nuestro objetivo solo es necesario tratar los métodos de AM, FM y MP.

##### 2.1.1 Modulación en amplitud.

Una señal modulada en amplitud se identifica con la siguiente expresión ....  $F(t) \cos Wot.$  Con palabras equivale a decir que son variaciones de la portadora en función de la modulante (  $F(t)$  ). En otras palabras la portadora esta modulada por la modulante valga la redundancia. Este método se conoce como modulación en amplitud con portadora suprimida ya que al obtener el producto de las dos señales la portadora se elimina. Entonces este método y en general cualquier proceso de modulación translada el espectro de frecuencia a  $\pm Wc$  radianes por segundo (  $W = 2\pi f$  ), dicho matemáticamente queda así :

$$F(t) \cos Wct = 1/2 ( F(W + Wc) + F(W - Wc) ).$$

la figura 2.1.1 a y b ilustran una señal modulada en amplitud en sus dos características tiempo y frecuencia.



Espectro en el tiempo.  
a

Espectro en frec.  
b

Fig. 2.1.1 Señal modulada en amplitud.

Para recuperar la señal original  $F(t)$  a partir de la señal modulada es necesario retransladarla a su forma original, a lo cual se le conoce con el nombre de demodulación ó detección de AM.

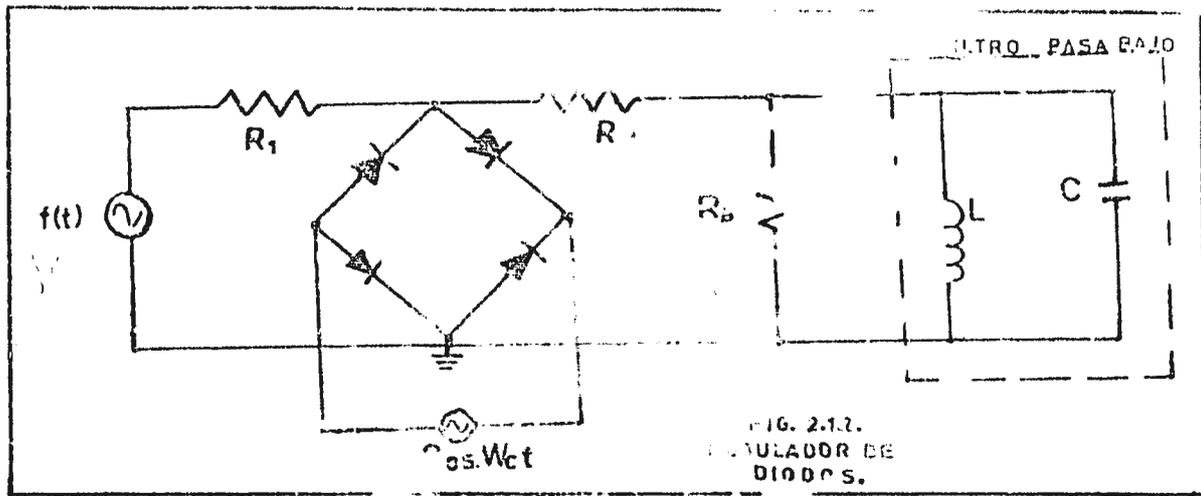
De acuerdo con lo anterior es necesario generar la portadora localmente en el receptor y además de esto la portadora generada debe ser idéntica a la del transmisor ya que de este modo se elimina distorsión no lineal de la señal a demodular. Para lograr la precisión de frecuencia y fase del oscilador local del receptor debe haber circuitos muy complicados y además costosos.

En la mayoría de los sistemas se transmite una cantidad despreciable de portadora, pero si estuviera presente dicha portadora el receptor cuenta con un filtro que la separaría. En algunos casos la pequeña cantidad de portadora se emplea como sincronía entre el oscilador transmisor y el oscilador local.

Podemos concluir que la multiplicación de una señal  $F(t)$  con una señal periódica traslada su espectro de frecuencia a.

$$W = 0, \pm W_c, \pm 2W_c \dots$$

En el caso de la multiplicación de una señal  $F(t)$  por una señal rectangular lo anterior no se cumple, ya que sus armónicas pares son nulas. La figura 2.1.2 muestra uno de los circuitos más usados como modulador. Los diodos sirven como interruptores; la salida de un mo-



Modulador tiene frecuencia diferente a la presentada a su entrada. Por lo tanto es imposible tener modulación por medio de sistemas invariantes en el tiempo, debido a que entonces la frecuencia sería la misma tanto a la entrada como a la salida. Sin embargo la modulación se logra con sistemas variables en el tiempo tales como: sistemas de conmutación ó de interrupción como el de la fig. 2.1.2.; la no linealidad es lo que en realidad proporciona el mecanismo para la modulación, pero se suele representar un sistema que produce modulación como un sistema lineal variable en el tiempo. Un circuito modulador tiene una determinada ganancia la cual depende de los elementos que se estén usando así como de sus voltajes de polarización.

En la práctica el circuito que se muestra en la fig. 2.1.3 se usa como modulador de un grupo que contiene 12 canales telefónicos y se denomina translador de grupo; el modulador es de tipo balanceado y la portadora varía de acuerdo al grupo que haya que modular como veremos más adelante.

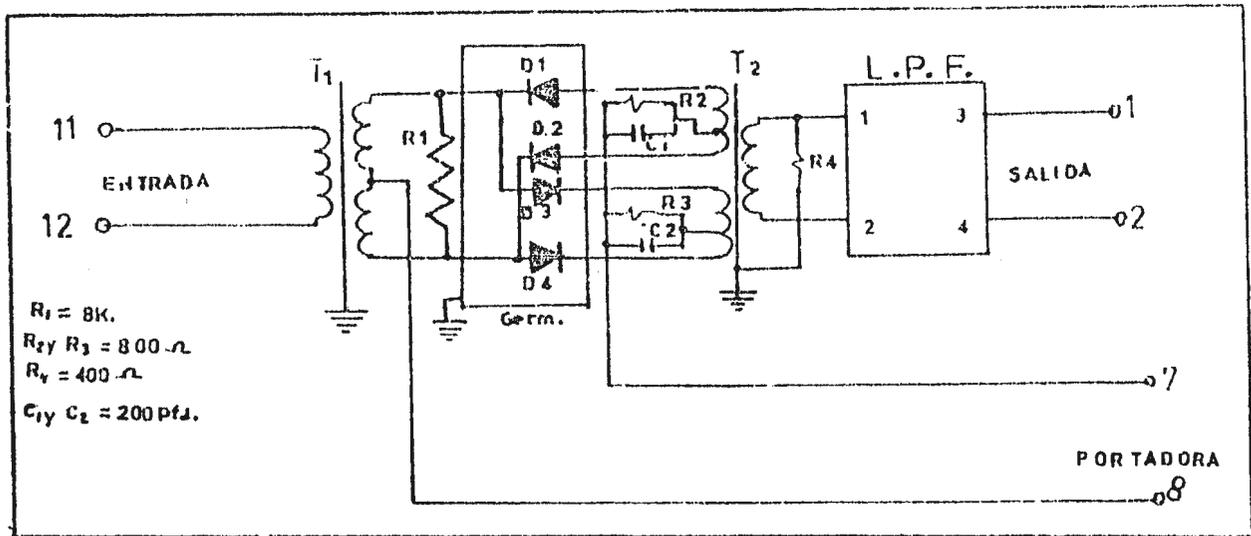


Fig. 2.1.3. Modulador de grupo.

### 2.1.2. Demodulación.

Para recobrar la señal  $F(t)$  en el extremo receptor es necesario demodular la señal recibida la cual es  $F(t) \cos \omega_c t$ ; la demodulación se logra multiplicando la señal recibida por  $\cos \omega_c t$  (portadora); - por lo tanto los mismos circuitos que se usaron en la modulación pueden ser usados en la demodulación. Sin embargo a la salida de un modulador esta un filtro pasa bajo, mientras que a la salida de un demodulador esta un filtro pasa banda. La figura 2.1.4 muestra un circuito demodulador con diodos.

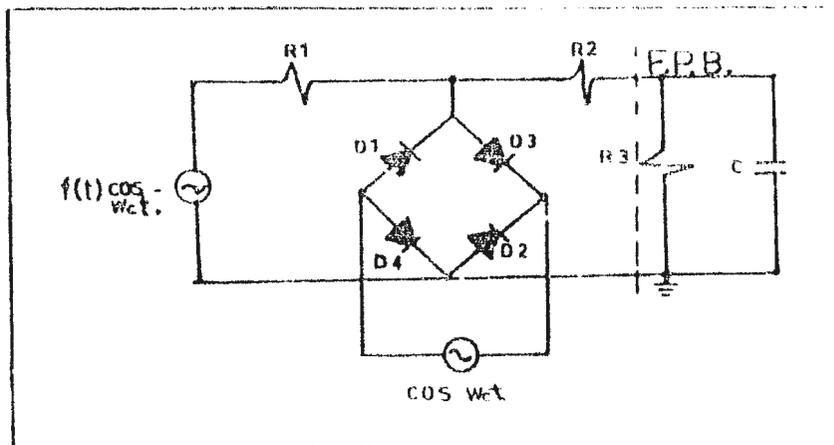


Fig. 2.1.4 Demodulador con puente de diodos.

Dentro de las técnicas de modulación en amplitud hay varios tipos como son : banda lateral única ( BLU ), banda lateral doble -- ( BLD ) y banda vestigial; la cual es una combinación de las dos anteriores. En la práctica la técnica que más se usa es la de banda lateral única ya que está ocupa la mitad de ancho de banda que la de banda lateral doble.

### 2.1.3 Modulación angular.

En el caso de las señales de AM, la amplitud de la portadora se modula con la señal  $F(t)$ ; por lo tanto la información queda contenida en las variaciones de la amplitud de la portadora.

En la modulación angular ( MP Y FM ) las variaciones son de la frecuencia. Veamos que es lo que pasa, por definición una senoide es un tren de ondas de amplitud, frecuencia y fase constante.

La señal  $F(t)$  se define como :

$F(t) = A \cos(t)$ . Ahora para entender las variaciones de frecuencia es necesario introducir el concepto de frecuencia instantánea; por lo que la expresión generalizada de una señal senoidal de ángulo en función del tiempo y frecuencia fija esta dada por :  $F(t) = A \cos( \omega_c t + \theta(t) )$  y se define la frecuencia instantánea como  $\omega_i = d\theta/dt$  ; de tal forma que queda establecida una relación entre el ángulo  $\theta(t)$  y la frecuencia instantánea  $\omega_i$ .

En general para una señal de frec. variable.

$$\omega_i = d\theta/dt \quad \theta = \int \omega_i dt$$

Las relaciones anteriores muestran la posibilidad de transmitir señal de información  $F(t)$  haciendo variar el ángulo  $\theta(t)$  de una portadora. Esta técnica donde se hace variar el ángulo de la portadora se conoce como modulación angular; la modulación angular la podemos dividir en dos grupos; modulación en frecuencia y modulación en fase. Si el ángulo  $\theta(t)$  varia linealmente con  $F(t)$  entonces se tiene que -

$\theta(t) = \omega_c t + \theta_0 + K_p F(t)$ . donde  $K_p$  es constante y el subíndice  $p$  indica que es la constante de modulación en fase. Por lo tanto una señal -----  $A \cos( \omega_c t + \theta_0 + K_p F(t) )$  representa una portadora -- modulada en fase; podemos observar que aqui la frecuencia instantánea es  $\omega_i = d\theta/dt = \omega_c + K_p df/dt \dots$

Entonces en este tipo de modulación la frecuencia instantánea - varia linealmente con la derivada de la señal modulante. Sin embargo si  $\omega_i$  varia directamente con la señal modulante se obtiene lo que se

conoce como frecuencia modulada; de tal forma que para una portadora modulada en frecuencia  $W_i$  esta dada por :  $W_i = W_c + K_f F(t)$  y

$\theta(t) = W_i dt = W_c t + K_f \int F(t) dt + \theta_0$ ; aun y cuando la modulación en fase y la modulación en frecuencia son similares; en la PM el ángulo varia linealmente con la integral de  $F(t)$ , mientras que en la FM la frecuencia varia directamente con  $F(t)$ . En otras palabras si primero integramos la señal  $F(t)$  con el fin de modular una portadora el resultado seria una onda modulada en fase. La relación que guardan las señales de PM y FM es que cualquier variación en la fase de una onda produce una variación en la frecuencia y viceversa.

La expresión general para una portadora de frecuencia modulada esta dada por la siguiente ecuación :

$$FM(t) = A e^{j(W_c t + K_f \int F(t) dt)}$$

donde la frecuencia instantanea  $W_i$  es :

$W_i = d\theta/dt = W_c + K_f F(t)$  ; el termino  $K_f F(t)$  - representa la desviación de frecuencia de la portadora respecto a su valor inicial, por lo que  $K_f$  controla dicha desviación; para valores pequeños de  $K_f$  la desviación sera reducida y el espectro de la señal de FM tendra un ancho de banda angosto; si  $K_f$  es grande el ancho de banda de la señal de FM es grande. Entonces las señales de modulación angular se representan como sigue :

$$FM(t) = A \cos W_c t - A K_f \int F(t) \sin W_c t dt$$

$$PM(t) = A \cos W_c t - A K_p F(t) \sin W_c t$$

La figura 2.1.5 muestra un diagrama a bloques de la generación de señal de FM indirectamente, es decir se echa mano de un paso de modulación en fase para obtener la señal de FM. En el diagrama podemos observar que si implementamos un multiplicador nos da la señal de FM de banda ancha.

#### 2.1.4 Demodulación de FM.

Para recuperar la señal  $F(t)$  original, a partir de la señal modulada en frecuencia FM, es necesario que el extremo receptor disponga de circuitos cuya salida varíe linealmente con la frecuencia de la señal de entrada; en general a estos circuitos detectores de FM sensibles a la frecuencia se les conoce con el nombre de discriminadores de frecuencia.

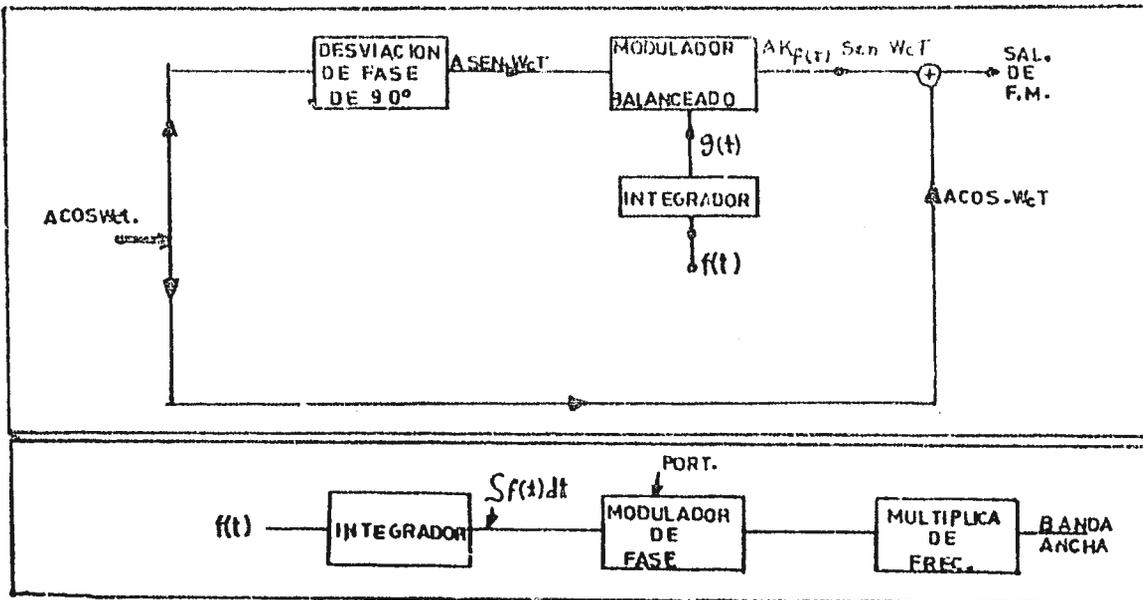


Fig. 2.1.5 Generación de FM banda ancha y angosta.

En los circuitos discriminadores la ganancia varia linealmente con la frecuencia. De tal manera que la señal detectada se pasa a una señal de AM; esta última se demodula por medio de un detector de envolvente usando un diodo y un circuito RC. En las figs. 2.1.6 a, b y c se muestran tres circuitos discriminadores diferentes,

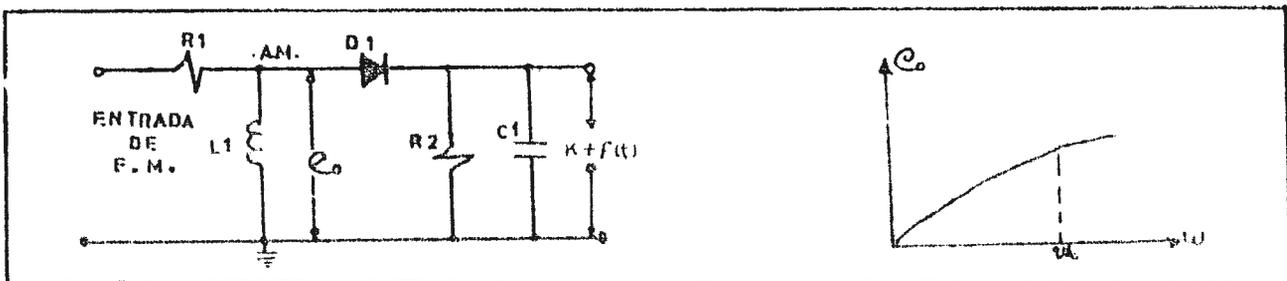


Fig. 2.1.6a Discriminador simple RL.

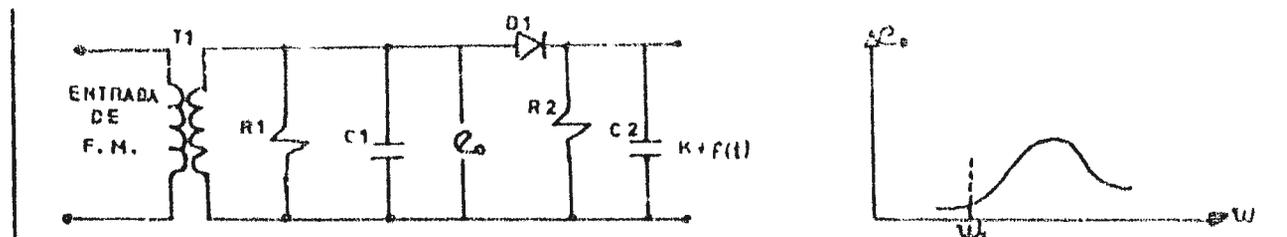


Fig. 2.1.6b Discriminador entonado.

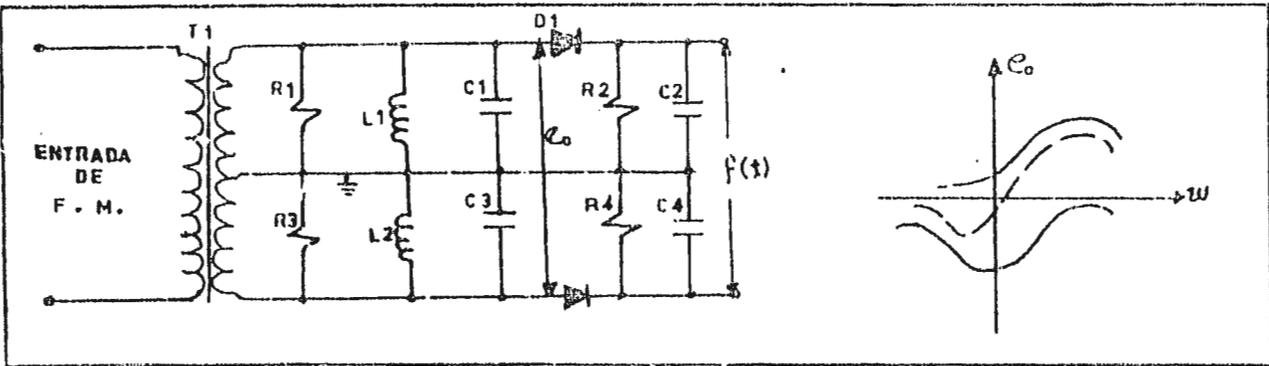


Fig. 2.1.6c Discriminador balanceado

Características.

De los tres tipos de discriminadores representados en la figura 2.1.6 el que ofrece más ventajas es el discriminador balanceado, ya que proporciona una linealidad excelente en comparación con el discriminador entonado; debido a que elimina distorsión ocasionada por las armónicas pares; además de cualquier distorsión procedente de la modulación en amplitud presente a la entrada del discriminador, también quedan totalmente eliminadas por el balanceo del circuito.

La figura 2.1.7. ilustra un circuito que en la práctica se usa como modulador - demodulador de frecuencia en FI; consta de dos osciladores  $f_1 = 323 \text{ MHz.}$  y  $f_2 = 253 \text{ MHz.}$  , además de un circuito mezclador a la salida del cual nos entrega la diferencia de los dos osciladores  $FI = 70 \text{ MHz.}$

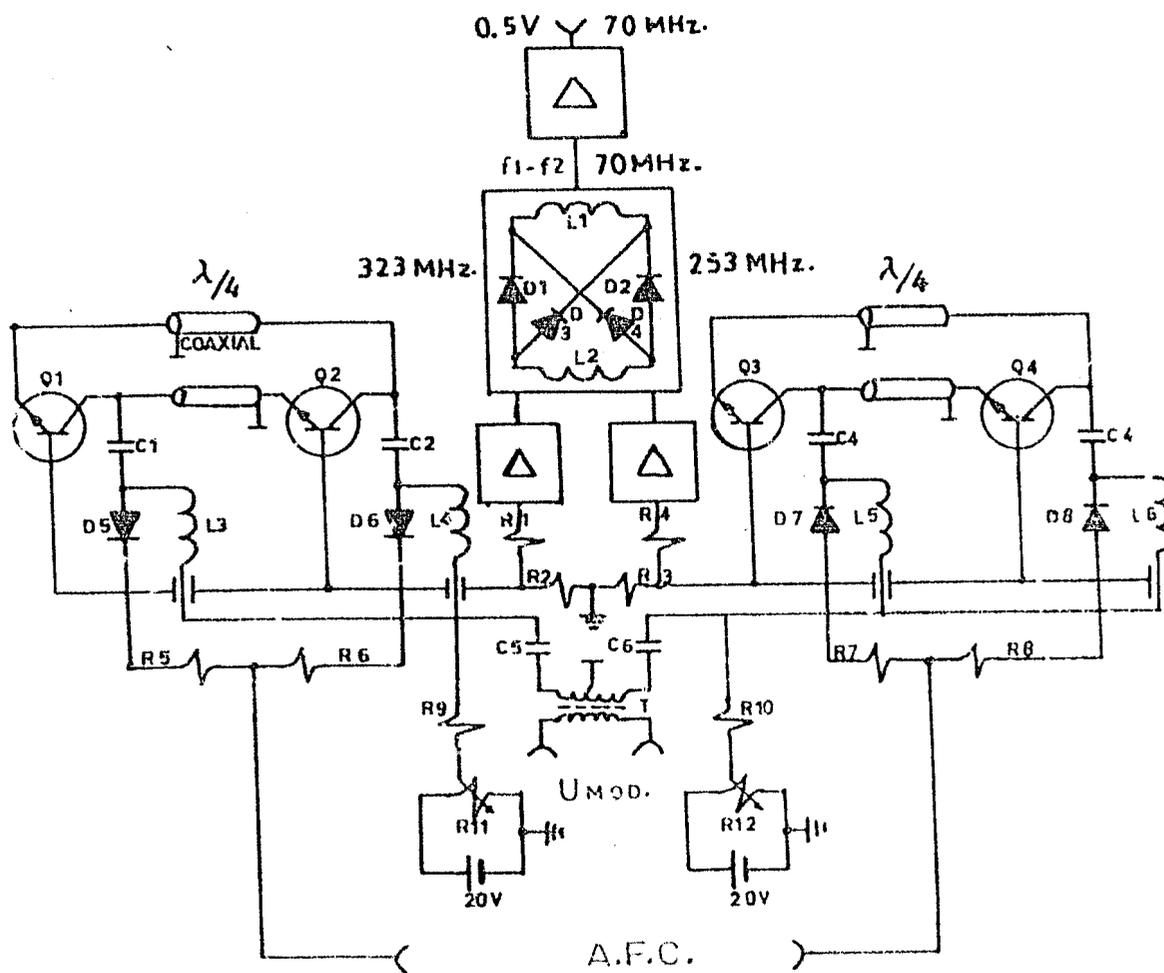
## 2.2 Multiplexaje.

Transmitir varias señales de información por un mismo medio de transmisión, implica varios pasos de modulación; por lo tanto en lo sucesivo entenderemos por multiplexaje el acondicionamiento de varias señales para transmitir simultáneamente. Hay dos tipos de multiplexaje y son :

- 1.- Multiplexaje por división de frecuencia ( FDM ).
- 2.- Multiplexaje por división de tiempo ( TDM ).

### 2.2.1 Multiplexaje por división de frecuencia.

De lo estudiado en el inciso de modulación se puede apreciar la utilidad que tiene la transmisión simultánea de varias señales. Supongamos que se desea transmitir  $n$  señales simultáneamente por un -



A.F.C.  
U mod.

Control automático de frec.  
Tensión de modulación.

Fig. 2.1.7 modulator - Demodulator en FI.

mismo medio de transmisión, cada una limitada en  $W_m$  radianes por segundo; estas  $n$  señales modulan a las portadoras  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$  de tal manera que las portadoras quedan separadas en por lo menos  $2W_m$  radianes por segundo de la adyacente. El ancho de banda de cada una de las señales está centrado en la frecuencia de la portadora correspondiente, lo cual se ilustra en la figura 2.2.1a, b y c. La figura 2.2.1a representa el espectro de cada una de las señales a transmitir, la fig. 2.2.1b representa las  $n$  señales moduladas en el transmisor. En el receptor se separan los diferentes espectros por medio de filtros pasa banda adecuados como puede verse en la figura 2.2.1c; después de filtrarse se demodulan las señales para obtener las originales. La difusión de radio y televisión es una aplicación clara de la multicanalización por división de frecuencia.

#### 2.2.2 Multiplexaje por división de tiempo.

Este inciso está basado en el teorema del muestreo, el cual nos permite enviar información completa de una señal continua limitada en ancho de banda; enviando muestras de la señal a intervalos de tiempo.

El teorema de muestreo establece que; una señal  $F(t)$  de banda limitada a  $f_m$  Hz., su información está completamente determinada por muestras de la señal tomadas a intervalos uniformes de  $1/2f_m$  segundos; esto quiere decir que la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual al doble de la frecuencia máxima  $f_m$  de la señal a transmitir. Ya que la transmisión de estas muestras ocupan el canal solo por una parte del tiempo, existe la posibilidad de transmitir varias señales por el mismo canal bajo la base de tiempo compartido.

Esta técnica requiere la sincronización apropiada entre el transmisor y el receptor con el objeto de eliminar interferencias entre señales adyacentes.

Generalmente todas las señales que son multiplexadas en tiempo tienen el mismo ancho de banda, si esto no ocurre debe efectuarse el muestreo a una razón determinada por la señal que tenga el máximo ancho de banda.

La forma de realizar el multiplexaje en el tiempo es simultánea utilizando un conmutador analógico, el cual es conectado en forma se-

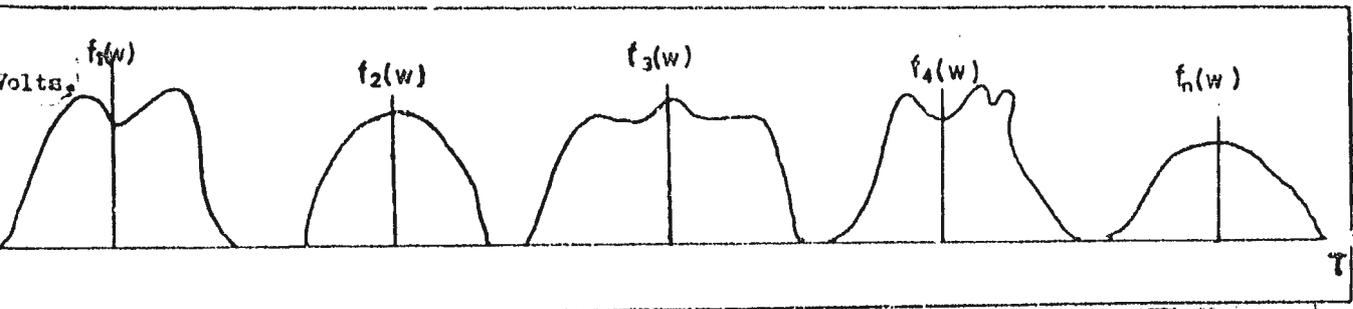


Fig. 2.2.1a Las n señales a transmitir.

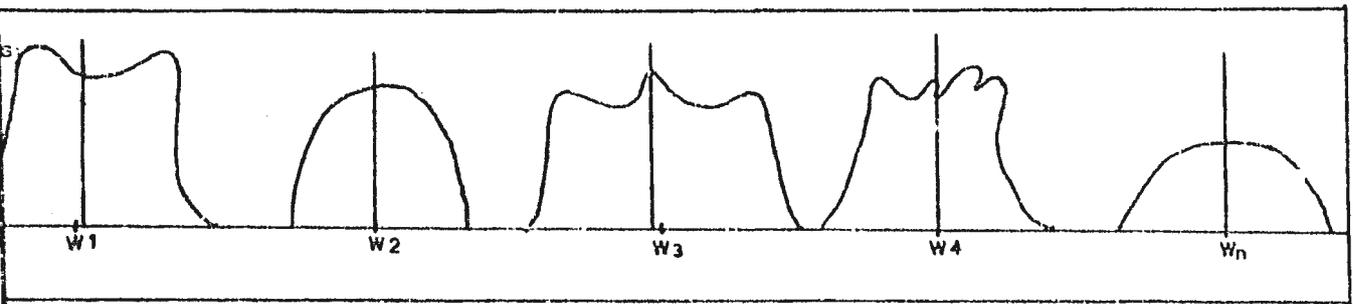


Fig. 2.2.1b Las n señales moduladas en el transmisor.

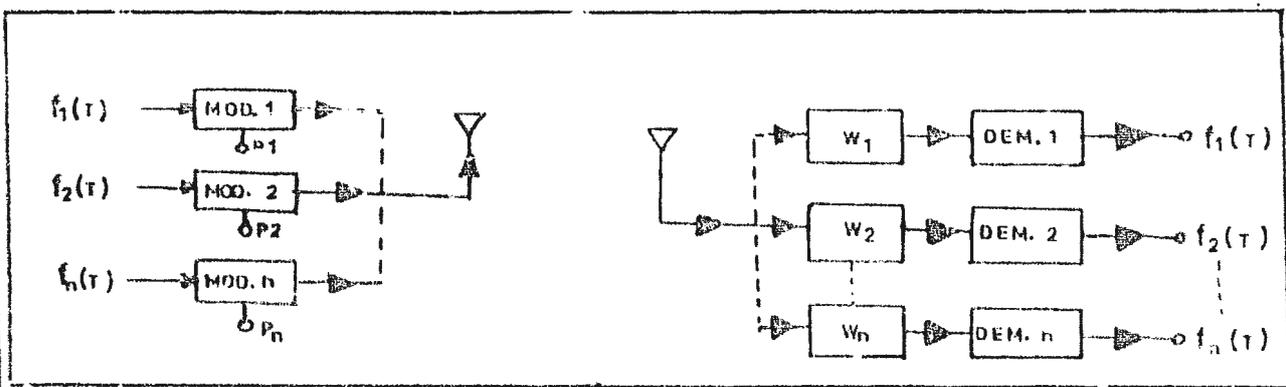


Fig. 2.2.1c El receptor con sus filtros.

cuencial y sucesiva a las señales que se quieran multiplexar, por -- ejemplo, en la figura 2.2.2 la posición del conmutador es controlada por el selector de canal el cual determina que señal debe estar muestreadose en determinado tiempo. Por simplicidad se muestra en dicha fig. un conmutador mecánico pero en en la práctica se utilizan conmutadores electrónicos de estado sólido.

El ancho de banda del canal de transmisión se incrementa con el número de señales a multiplexar; por ejemplo para multiplexar 10 señales de voz limitadas a 3.4 KHz., muestreadas a 8 KHz., las muestras estar espaciadas a 12.5 microsegundos; el ancho de banda será  $10 \times 8 = 80$  KHz. tal como se muestra en la fig. 2.2.3.

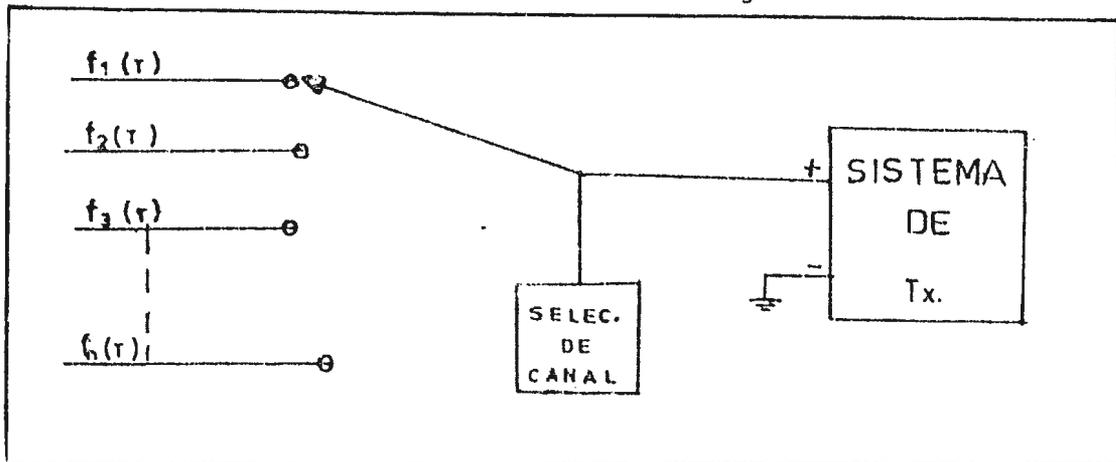


Fig. 2.2.2 Multiplexaje en tiempo con conmutador analógico.

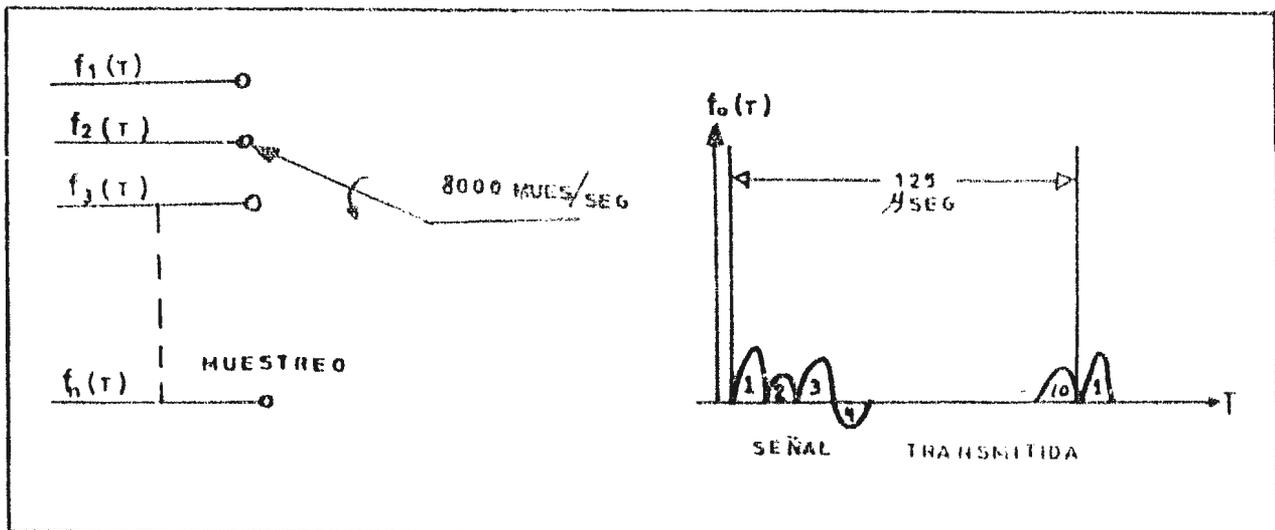


Fig. 2.2.3 Transmisión de 10 señales de voz.

### 2.2.3 Demultiplexaje en división de tiempo.

Para recuperar la señal  $F_o(t)$ , el demultiplexaje se realiza usando también un conmutador en el cual las conexiones son invertidas, como se muestra en la fig. 2.2.4.

Durante cierto intervalo de tiempo es conectado sucesivamente a las diferentes terminales, generándose así las señales deseadas. Esto implica que el conmutador de los diversos canales debe estar en sincronía con el conmutador en el lado del multiplexor; esto es con el objeto de que las muestras sean recibidas en el canal correspondiente.

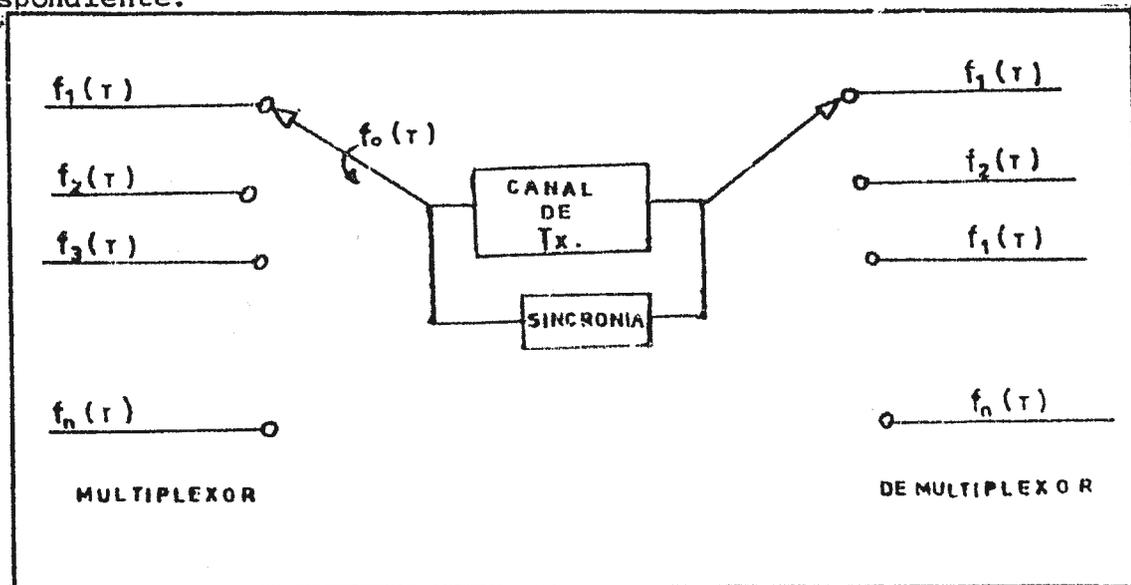


Fig. 2.2.4 Sincronía de los conmutadores.

### 2.3 Propagación.

La voz y en general cualquier objeto que produce sonidos captados por el oído, producen vibraciones que se transmiten en el espacio y son captados por el tímpano del oído humano, un sistema de comunicación acústico requiere un elemento creador de ondas, un medio de transmisión y un elemento receptor; los cuales reciben el nombre de; oscilador, medio y receptor respectivamente; el movimiento de las oscilaciones al transmitirse en el medio es lo que se conoce como ondulación.

La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el aire como en el vacío es aproximadamente  $3 \times 10^8$  mts/seg. y es la misma que la velocidad de la luz. Sin embargo las ondas adoptan dife-

rentes longitudes de onda; la longitud de onda electromagnética se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda = c/f = 3 \times 10^8 / f ; \text{ donde}$$

C = Velocidad de la luz ( mts / seg. )  
 f = Frec. de transmisión ( GHz, MHz ó KHz. )  
 $\lambda$  = Longitud de onda.

La velocidad de la luz varía de acuerdo a las características del medio en que se este propagando; esto es la permitividad  $\epsilon$  y la permeabilidad  $\mu$  que son las constantes del medio; entonces basándonos en la fórmula anterior dicha variación se representa como  $1/\sqrt{\epsilon\mu}$ , pero ya que las variables permitividad y permeabilidad en el espacio son igual a la unidad, entonces en la fórmula no tenemos ninguna variante solo algunas especificaciones como las siguientes :

$$\lambda \text{ ( mts. )} = 300/f(\text{MHz.}) \qquad \lambda \text{ (c ms.)} = 30/f(\text{GHz.}).$$

### 2.3.1 Pérdidas de propagación.

Si ponemos dos antenas colocadas en dos puntos diferentes y transmitimos ondas; durante la propagación en la trayectoria encontraremos que se pierde cierta cantidad de energía; esta pérdida es la relación entre la potencia de la antena transmisora y la potencia recibida por la antena receptora. La figura 2.3.1 muestra las posiciones de las antenas transmisora y receptora.

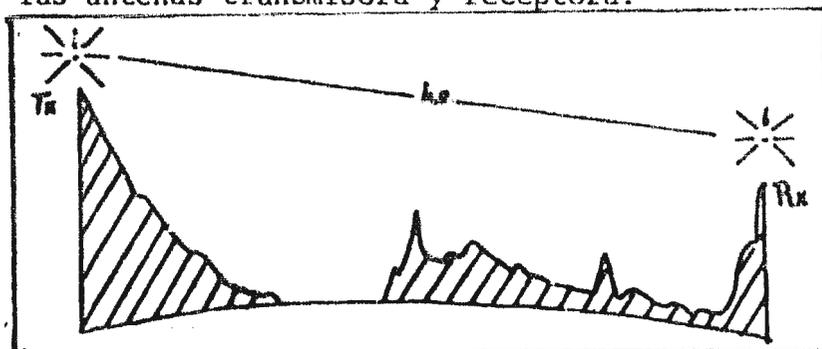


Fig. 2.3.1 Pérdidas en el espacio libre.

En general las pérdidas de propagación  $L$  son la suma de las pérdidas de propagación en el espacio libre  $L_0$  y las pérdidas por la influencia de la forma terrestre  $L_p$ , por eso  $L = L_0 + L_p$ ; a las pérdidas por la influencia de la tierra se les llama pérdidas adicionales.

Las pérdidas adicionales depende de la trayectoria de la señal, en cambio las pérdidas de propagación en el espacio libre dependen de la distancia entre antena transmisora y antena receptora y de la longitud de onda. Por eso las pérdidas en el espacio libre se calculan con la siguiente expresión :  $L_o = P/Q = (4\pi d)^2 / \lambda^4$  ; donde

P = Potencia de Tx. en la antena.

Q = Potencia de Rx. en la antena.

d = Distancia entre antenas de Tx. y de Rx.

$\lambda$  = Longitud de onda.

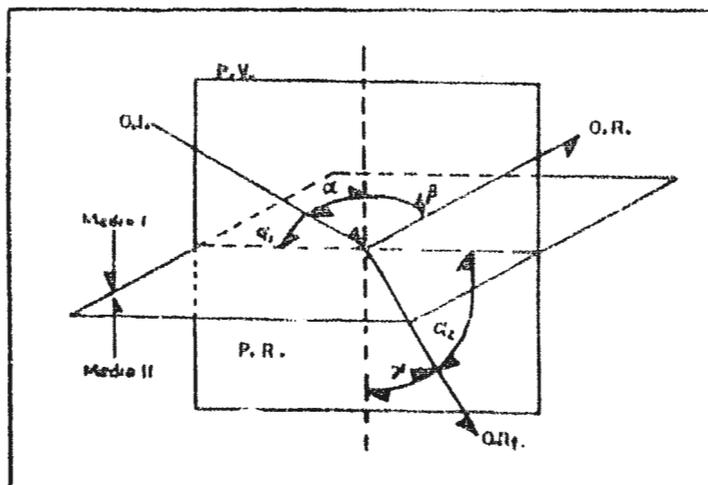
Esta pérdida expresada en dB. queda así .  $L_o = 20 \log 4\pi d / \lambda$  .

### 2.3.2 Reflexión y Refracción,

A la teoría que trata de explicar los fenómenos de dispersión, reflexión y difracción, por medio de hipótesis se le conoce como teoría de Huygens.

Cuando la onda electromagnética atraviesa el límite de dos medios con diferente constante eléctrica, una parte se refleja y otra se refracta como lo muestra la fig. 2.3.2; cuando los índices de refracción son números reales se confirma la ley de Fresnell, sobre los fenómenos de reflexión y refracción. Esto es :

a).- Tanto las direcciones de reflexión y refracción así como la de incidencia se encuentran en una superficie plana perpendicular a la superficie límite de los medios.



- O.I = Onda incidente.
- O.R = Onda reflejada.
- O.Rf = Onda refractada
- P.V = Plano vertical.
- P.H = Plano horizontal

Fig. 2.3.2 Ondas refractada y reflejada.

- b).- El ángulo de incidencia  $\alpha$  y el ángulo de reflexión son iguales.
- c).- La propagación de los senos del ángulo de incidencia al ángulo de refracción es igual a la velocidad de propagación  $V_1$  a  $V_2$  de los medios 1 y 2 y se expresa así :

$$\frac{\text{seno } \alpha}{\text{seno } \alpha'} = V_1/V_2 .$$

El resultado de la división  $V_1/V_2$  o sea el medio 1 sobre el medio 2 es lo que se conoce como índice de refracción relativa; cuando el medio 1 es el vacío este índice recibe el nombre de refracción absoluta.

Para saber la influencia de la superficie terrestre en la propagación de las ondas, se hace un corte transversal a la tierra desde el punto de transmisión al punto de recepción; a este corte se llama perfil. Los perfiles no se hacen tomando en cuenta el radio real de la tierra, sino tomando un radio conveniente  $K$ , para cambiar la trayectoria curva de la propagación de la onda por una trayectoria recta; de esta manera los ejes horizontales representan las redondeces convenientes con base al radio equivalente de la tierra y los ejes verticales representan las altitudes ver figura 2.3.3.

### 2.3.3 Zonas de Fresnell.

Segun la figura 2.3.4, T será objeto oscilador, R será el punto de recepción,  $\overline{TR}$  será una trayectoria pequeña que los une y es una línea recta; conforme la trayectoria se aleja de  $\overline{TR}$  esta se hará mas larga y la fase que reciba R se verá defasada con respecto a la fase de la trayectoria directa,

Podemos ver en la figura 2.3.4 que :

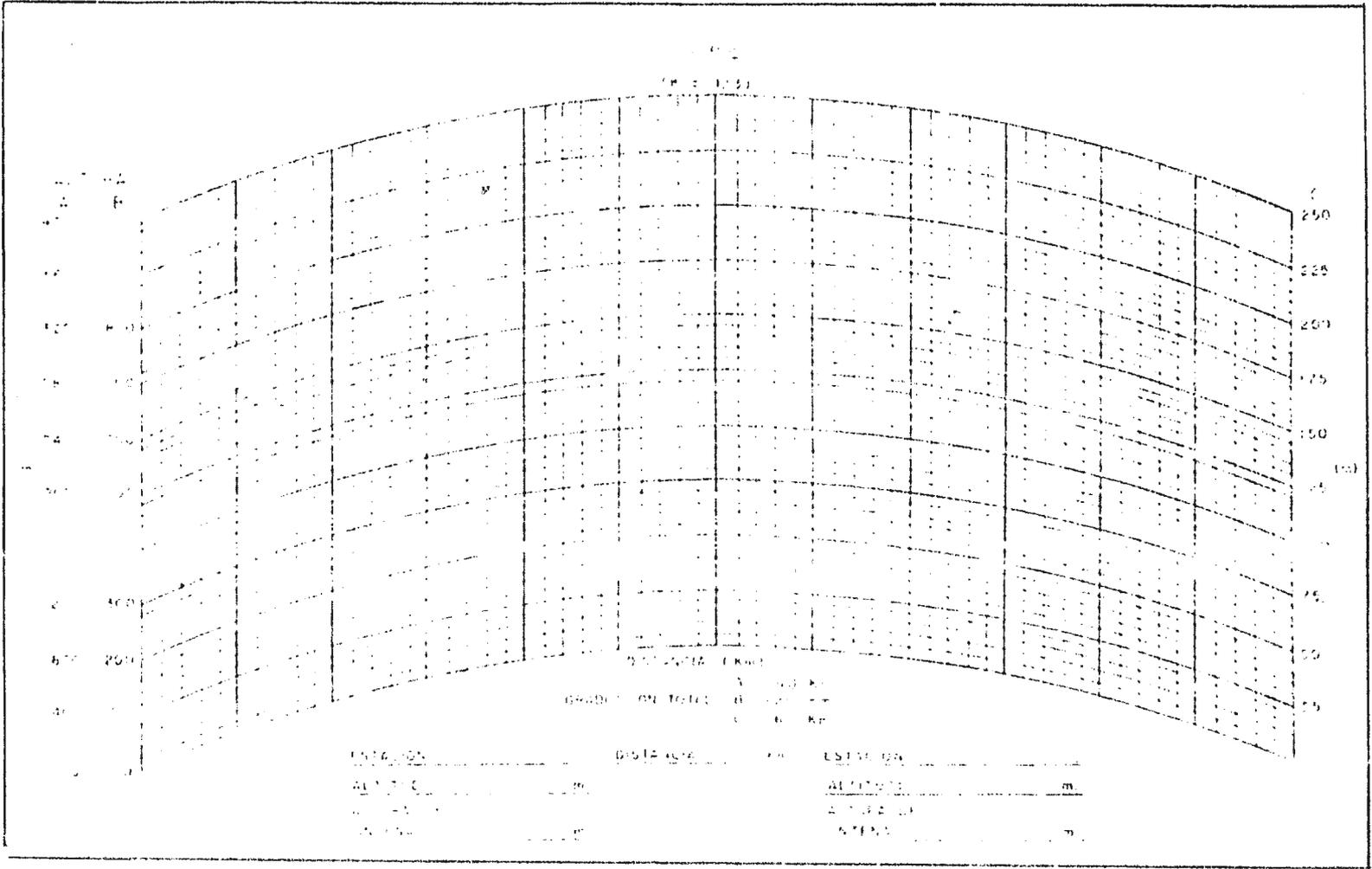
$$\overline{TR} = d$$

$$\overline{TAR} = \overline{TR} + \lambda/2 = d + \lambda/2$$

$$\overline{TBR} = \overline{TR} + \lambda = d + \lambda$$

$$\overline{TCR} = \overline{TR} + 3\lambda/2 = d + 3\lambda/2$$

Fig.2.3.3 Aspecto de un corte llamado perfil.



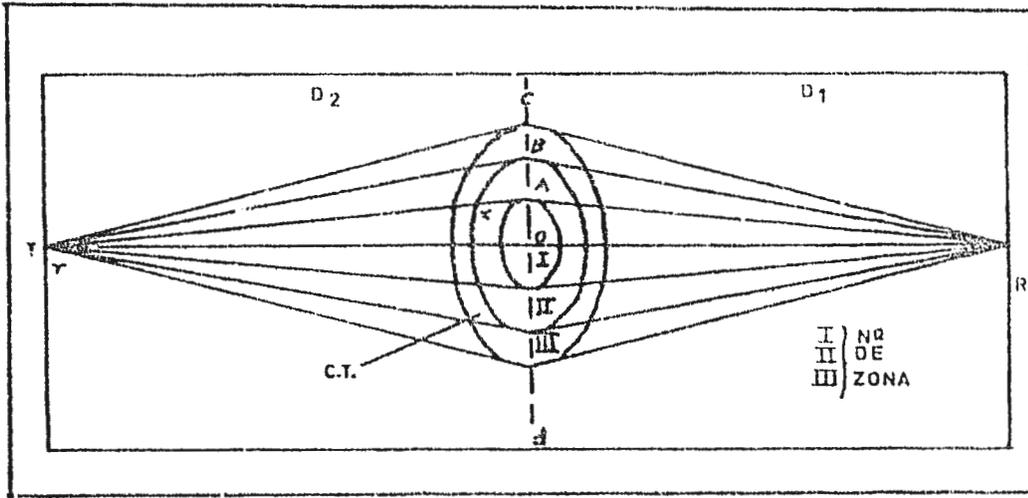


Fig. 2.3.4 Zonas de Fresnell.

Es válido imaginarnos que la intensidad del campo receptor; basandonos en la teoría de Huygens, es igual a la suma de los vectores de las pequeñas ondas que pasan por cada uno de los puntos O, A, B y C.

#### 2.4 Antenas.

En todo sistema de comunicación es la parte más importante y tendríamos hablar largamente de lo que es el tema, encontrando cuán tan grande y extenso es el tema sin embargo, el objetivo del presente es dar una idea generalizada.

Las antenas que se usan en las microondas son las siguientes :

- 1.- Antena parabólica.
- 2.- Antena tipo lente para onda electromagnética.
- 3.- Antena tipo bocina para onda electromagnética.
- 4.- Antena bocina reflector ( combinación de 1 y 2 ).

Las antenas más comunmente usadas son las parabólicas, las cuales tienen la forma que se ilustra en la figura 2.4.1

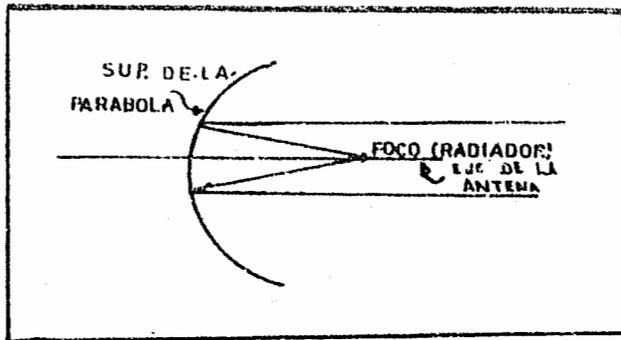


Fig. 2.4.1 Antena parabólica.

El principio de funcionamiento es el siguiente; cuando colocamos el radiador en el foco de la parábola y se radian ondas en forma circular, estas se reflejan en la superficie parabólica y cambian de dirección; la superficie de la antena está dada por:

$$A = \pi D^2 / 4 \quad \text{y su ganancia} \quad G = \eta_A (\pi D / \lambda)^2 = (\pi D / \lambda)^2$$

$$\lambda = c/f.$$

La polarización de la antena puede ser horizontal o vertical. - Las antenas para las unidades móviles son simples dipolos.

## CAPITULO 3

### SISTEMAS DE COMUNICACION EN LA C.F.E.

#### 3.1 Sistemas de comunicación sobre líneas de alta tensión.

Dentro de la Comisión Federal de Electricidad uno de los sistemas de comunicación más usados a nivel de subestaciones es el de comunicación sobre líneas de transmisión de energía eléctrica en alta tensión. Tema que se describirá en este apartado, ya que además de ser muy usado para comunicación entre subestaciones, encuentra otras aplicaciones en telemaniobras y telegrafía.

Además de este sistema hay otro muy común que es el de la radio comunicación; el cual ofrece algunas ventajas sobre las líneas telefónicas, como es la de eliminar un circuito físico para entablar la comunicación, pero su principal desventaja es que se afectan altamente las comunicaciones por las condiciones atmosféricas.

Pero en la actualidad las comunicaciones sobre líneas de alta tensión OP/AT son las más usadas sobre todo para cubrir grandes distancias. Las comunicaciones de OP/AT dadas sus características de construcción garantizan la comunicación aun cuando las condiciones atmosféricas sean adversas.

Este sistema de OP/AT esta basado en el principio que dice que la impedancia que presenta un circuito al paso de la corriente depende de la frecuencia de dicha corriente. Es decir que un mismo circuito puede presentar alta impedancia al paso de una corriente de determinada frecuencia y baja impedancia al paso de otra corriente de diferente frecuencia.

Otro principio de funcionamiento de este sistema es aquel que nos dice que en un conductor lineal pueden circular diferentes corrientes a diferentes frecuencias sin interferirse unas con las otras. En base a los principios de funcionamiento podemos enunciar lo siguiente; las corrientes de comunicación que son de alta frecuencia encuentran baja impedancia en los cables de líneas de transmisión que provienen de alguna planta generadora de energía.

Por otra parte es preciso aplicar un proceso de modulación a las corrientes de señalización, debido a que las frecuencias vocales

son muy cercanas a las frecuencias de generación en la energía eléctrica, este hecho haría casi imposible la separación de frecuencias. Entonces el proceso de modulación eleva las frecuencias vocales de tal manera que quedan separadas las frecuencias de los equipos generadores y los equipos de comunicación.

### 3.1.2 Circuitos de acoplamiento.

Para las comunicaciones de onda portadora sobre líneas de alta tensión, las corrientes de comunicación que son de alta frecuencia tienen que aplicarse a las líneas de alta tensión ó derivarse de ellas en el punto adecuado; para lo cual se usan los siguientes circuitos de acoplamiento en orden decreciente :

- A).- Circuito de acoplamiento de dos fases a tierra.
- B).- Circuito de acoplamiento de fase a tierra.
- C).- Circuito de acoplamiento entre dos sistemas.

A).- Tal como lo muestra la figura 3.1.1 este circuito emplea dos de las tres fases de la línea de transmisión como vías de alta frecuencia; este circuito tiene las condiciones de operación más estables, la menor atenuación y el menor nivel de ruido. Su principal desventaja es su costo y compleja construcción de los circuitos de acoplamiento. Su empleo mas extenso ha sido en líneas largas donde su eficiencia justifica el costo.

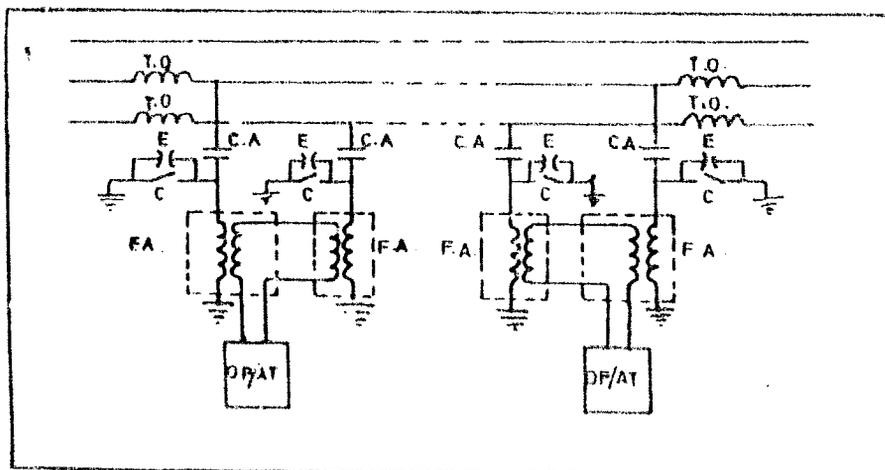


Fig. 3.1.1 Circuito de acoplamiento de dos fases a tierra.

B).- Este circuito de acoplamiento solo emplea una de las fases

de línea como lo ilustra la fig. 3.1.2. Cuando hay buenas conexiones del equipo de OP/AT a tierra y si existe línea de guarda a tierra en la línea de transmisión este circuito se puede comparar favorablemente con el anterior.

La principal ventaja de este circuito es que generalmente emplea la mitad del equipo requerido para el tipo de acoplamiento del inciso A; Su principal desventaja es la ligera atenuación que sufre la señal, pero comparado con la simplicidad y el bajo costo, se equilibran las características. Universalmente este circuito se emplea en canales de telecontrol y en líneas no muy largas.

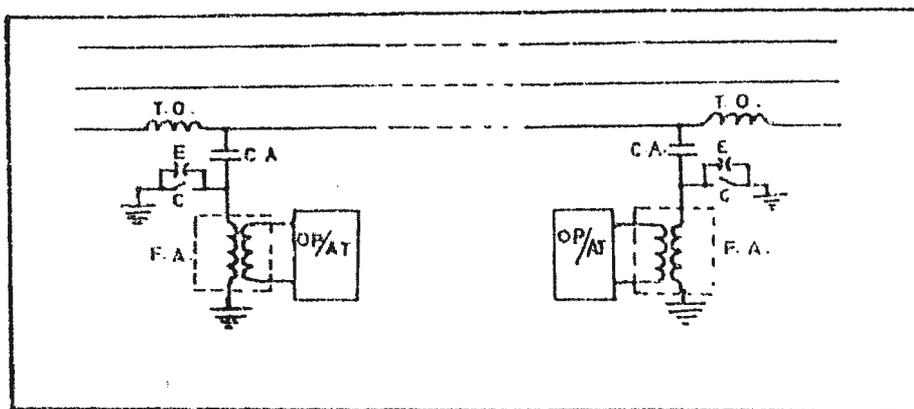


Fig. 3.1.2 Circuito de acoplamiento de fase a tierra.

C).- Cuando se dispone de una línea de transmisión de doble circuito entre los equipos de OP/AT; en ciertas ocasiones es deseable usar ambas líneas con el objeto de asegurar la continuidad en caso de que quedara fuera alguna de ellas.

El circuito de acoplamiento entre dos sistemas se muestra en la figura 3.1.3, cuyos elementos de acoplamiento pueden agruparse de la siguiente manera :

- 1.- Trampa de onda ( T.O. ).
- 2.- Condensador de acoplamiento ( C.A. ).
- 3.- Explosor ( E ).
- 4.- Filtro de acoplamiento ( F.A. ).
- 5.- Cuchilla de tierra ( C ).

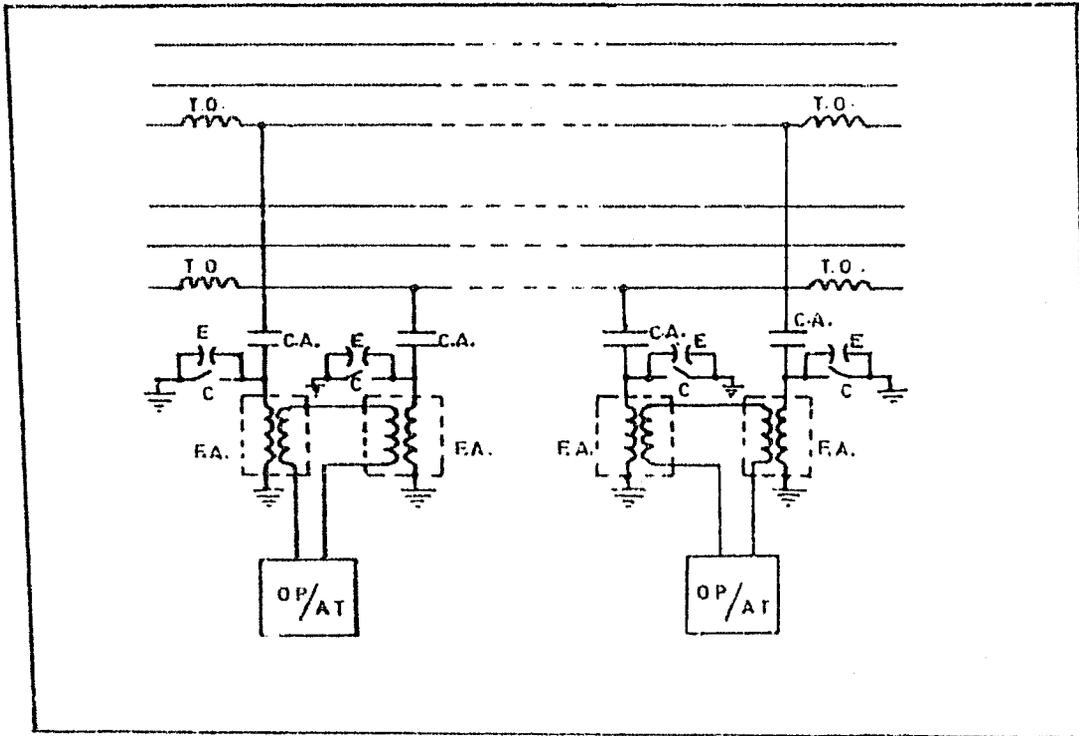


Fig.3.1.3 Circuito de acoplamiento entre dos sistemas.

1.- Las trampas de onda ofrecen alta impedancia a las frecuencias de las portadoras y presentan una impedancia despreciable a las frecuencias de la energía generada.

Las inductancias de las trampas de onda son variables de acuerdo a las especificaciones del fabricante; los diseños son para 200 y 600 Amperes ( 50 ó 60 Hz. ).

Las trampas de onda son colocadas en cada extremo de las líneas de transmisión donde se encuentran los equipos de OP/AT, con objeto de que las frecuencias de las portadoras no pasen a las plantas generadoras y evitar que la capacidad a tierra de las plantas generadoras tenga influencia sobre la transmisión de la comunicación. Cuando haya transformadores ó interruptores se tiene que evitar el paso de las frecuencias portadoras por medio de puentes de alta impedancia.

2.- Los equipos de onda portadora se conectan a la línea de alta tensión por medio de condensadores de acoplamiento, los cuales han sido universalmente como los mejores y más seguros dispositivos de acoplamiento entre circuitos de alta frecuencia y línea de alta tensión.

3.- El explosor es un dispositivo de protección contra sobre tensiones que pudieran presentarse en el acoplamiento de los equipos de onda portadora sobre línea de alta tensión OP/AT.

4.- Otro dispositivo de acoplamiento entre equipos de OP/AT y líneas de alta tensión es el filtro de acoplamiento que junto con el condensador de acoplamiento hacen posible un circuito de pocas pérdidas. A través del primario del filtro de acoplamiento se deriva a tierra la corriente del condensador de acoplamiento para la frecuencia de la línea de servicio de la línea de alta tensión.

### 3.1.3 Funcionamiento.

Los equipos de OP/AT operan en el rango de 30 a 500 KHz. para telefonía operando con separación de banda y son equipos que previenen una frecuencia fija para la transmisión y otra para la recepción y admite comunicación oral hasta 2.5 KHz. La separación mínima que se admite entre los márgenes de RF es de 5 KHz. y la máxima es de 10KHz.

\*Sentido de transmisión.- En la transmisión desde el punto MT/-600 Ohms circulan las corrientes de información hasta el compresor dinámico (micrófono) 1, después de ser amplificadas en (2), el limitador (4) se encarga de que las frecuencias vocales en el margen de modulación no sobrepasen un nivel determinado. El atenuador (5) se emplea para modificar el nivel de las frecuencias vocales.

Después de una limitación de banda telefónica (.3 a 2.4 KHz.)- en el filtro pasa banda BF (6) se ajustan las corrientes telefónicas con el tono piloto (2580  $\pm$  30 Hz. ) que es generado en (9) y filtrado en (8), la mezcla de estas frecuencias es llevada a la posición de frecuencia intermedia FI, por un modulador de FM (7), un generador controlado por cuarzo (11) genera la portadora de FI que tiene forma rectangular con el fin de poder controlar bien el modulador. Durante la modulación se originan dos bandas laterales, mientras que la portadora se debilita fuertemente. El filtro pasa banda de FI (12) suprime una de las bandas laterales, la otra banda es amplificada en (13), este amplificador tiene interconectado un corrector de equipo (14) que compensa atenuaciones debidas al filtro de FI y a través de un supresor de residuos de portadora (15) que elimina los residuos de la portadora. La información llega al convertidor de frecuencia -- (modulador) intermedia - radio frecuencia RF, FI/RF (16) en donde se lleva a la frecuencia de transmisión.

A través del amplificador previo de RF (19) y el filtro de entrada de RF (20) circulan corrientes de banda lateral única hacia el amplificador de transmisión (21) donde son elevadas al nivel de salida, luego pasan por el filtro de línea (23), en seguida se encuentra el transformador de adaptación (24) y finalmente llegan a la línea de larga distancia por conducto del dispositivo de acoplamiento.

Sentido de recepción.- Las corrientes de RF entrantes por el filtro de línea (23) es a través de un atenuador variable (25) con el cual se adaptan al punto de trabajo de regulación de nivel a las condiciones de atenuación, después la señal de línea se filtra por medio del filtro de RF (20), para después llegar al regulador de nivel (26); este regulador de nivel actúa continuamente y compensa ampliamente las fluctuaciones de atenuación de las corrientes de RF entrantes. A continuación la señal de RF es llevada a la banda de frecuencia intermedia FI. De las dos bandas originadas el filtro de FI solo deja pasar la inferior (12), para ser amplificada en (13) y es desplazada mediante otro demodulador (7) a la banda base o baja frecuencia, un filtro pasa bajo (27) suprime la banda lateral no deseada, las corrientes llegan ahora a través del filtro pasa banda (6) al amplificador de banda base (2) que aumenta su nivel al valor de salida. El expansor (32) es necesario en caso de que se quiera compensar los efectos del compresor dinámico del lado de la transmisión. Las frecuencias piloto de canal son separadas en la posición de B/B por el filtro de piloto (8) y transmite sus informaciones al regulador de nivel (26) y al receptor selectivo de llamada (29). En caso de el dispositivo de supervisión de nivel (28) emite tono de alarma. La figura 3.1.4 es un diagrama a bloques del sistema de comunicación OP/AT; en el sentido de transmisión, así como el de recepción y los circuitos por los que va pasando la señal de voz.

Lista de elementos que se usan  
en la transmisión y en la recepción.

- | A la transmisión.             | A la recepción.              |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1) Compresor dinámico.        | 23) Filtro de línea de RF.   |
| 2) Amplificador.              | 25) Atenuador variable.      |
| 4) Limitador de amplitud.     | 20) Filtro de entrada de RF. |
| 5) Atenuador variable.        | 26) Regulador de nivel.      |
| 6) Filtro de baja frecuencia. | 16) Demodulador de RF/FI.    |

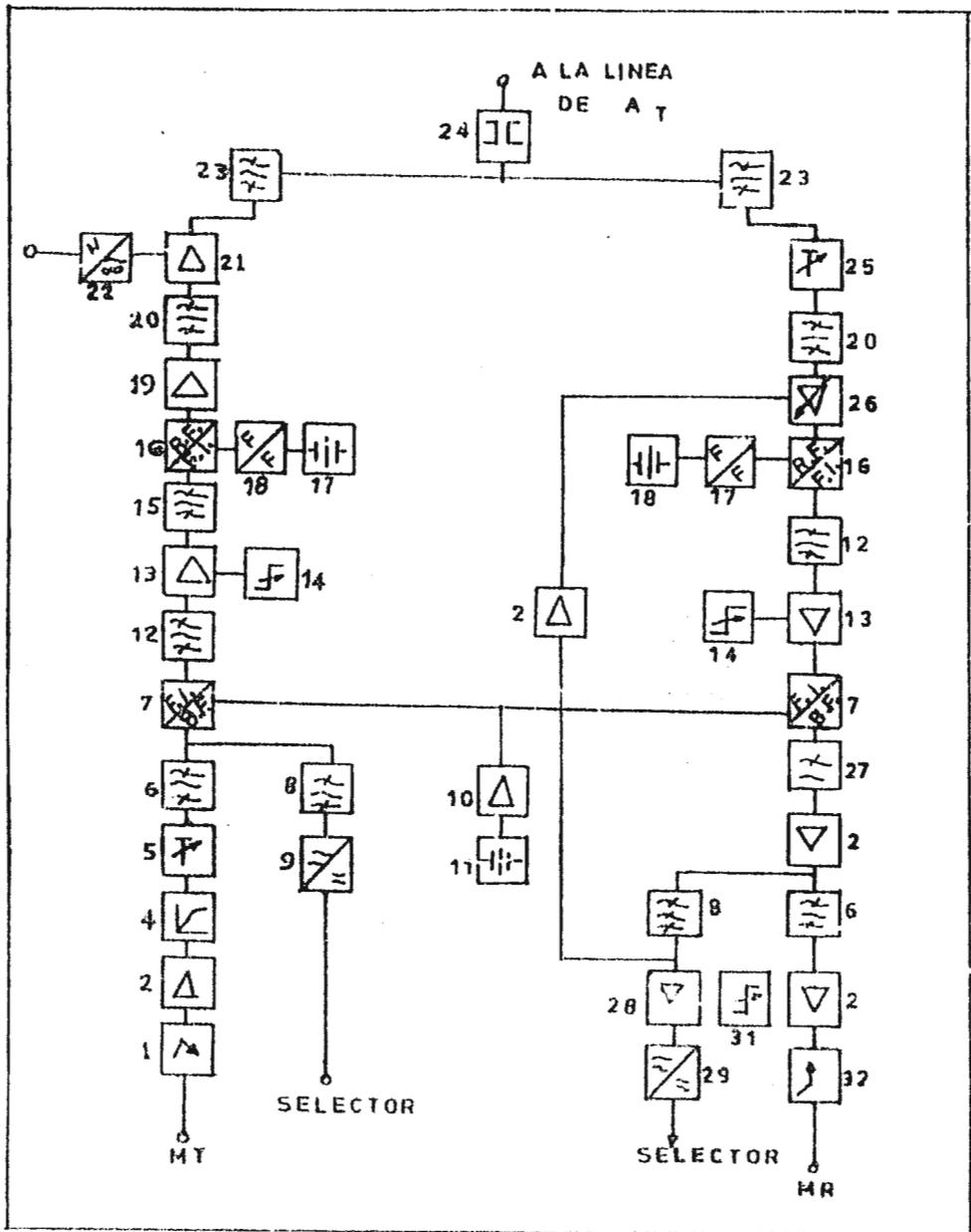


Fig. 3.1.4 Diagrama a bloques de un sistema de OP/AT.

- |   |   |
|---|---|
| <p>A la transmisión</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>7) Modulador B/B - FI.</li> <li>8) Filtro de piloto.</li> <li>9) Gen. de tono piloto.</li> <li>10) Amplificador.</li> <li>11) Gen. de portadora de FI.</li> <li>12) Supresor de banda lateral.</li> <li>13) Amplificador de BLU.</li> <li>14) Elimina la distorsión.</li> <li>15) Supre. de residuos de OP.</li> <li>16) Modulador de FI/RF.</li> <li>19) Amplificador de RF.</li> <li>20) Filtro de RF.</li> <li>21) Amplificador de Tx.</li> <li>23) Filtro de línea.</li> <li>24) Transformador de adaptación.</li> </ul> | <p>A la recepción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>17) Amplificador de FI.</li> <li>18) Gen. de Portadora de RF.</li> <li>12) Filtro de BLI.</li> <li>13) Amplificador de BLI.</li> <li>14) Atenuador Variable.</li> <li>7) Demodulador de FI/BB.</li> <li>27) Supresor de BL.</li> <li>2) Amplificador.</li> <li>6) Filtro de B/B.</li> <li>2) Amplificador.</li> <li>8) Filtro de piloto.</li> <li>28) Supervisión de nivel.</li> <li>29) Selector de llamada.</li> <li>31) Atenuador.</li> <li>32) Compresor dinámico.</li> </ul> |
|---|---|

#### 3.1.4 Distribución de frecuencias.

Hay equipos que trabajan a diferentes anchos de banda tal es el caso del equipo ESB 300, este puede trabajar con separación de 4 KHz los cuales son denominados como raster de 2.5 KHz. debido a la separación de canales a nivel de RF.

La banda de baja frecuencia B/B. en el equipo ESB 300 para la transmisión de telefonía es de 300 a 2400 Hz. , las señales para generación de tono piloto y para regulación de nivel se transmiten en el rango de 2580 Hz. . Sin embargo la banda vocal puede recortarse a 2000 Hz. ; esto es a favor de los canales de telemaniobra.

En caso de equipos de 2.5 KHz. la banda de 300 a 2400 Hz. se usa para canales de telemaniobra y la banda de 300 a 3700 Hz. se usa en equipos cuyo diseño y construcción admitan dicha banda.

#### Posición de FI en equipos ESB 300.

El ancho de banda de baja frecuencia influye también en la posición de la señal de FI, de tal manera que para un equipo raster de 2.5 KHz. la portadora de FI es de 12.54 a 14.99 KHz. ver la figura 3.1.5c.

Hay equipos que tienen capacidad de dos canales denominados 2 x 2.5 KHz. para este caso las portadoras para cada canal son :

portadora 1 = 12.3 KHz. y portadora 2 = 17.1 KHz.; las respectivas bandas de FI son de 12.6 a 14.88 KHz. para el canal 1 y para el canal 2 es de 15.12 a 17.1 KHz., la separación entre estas dos bandas es de -- 160 Hz. tal como se muestra en la figura 3.1.5e.

Posición de RF en el equipo ESB 300.

La asignación 5KHz. ó 2.5 KHz. significa que la distancia entre dos bandas es como mínimo 5 KHz. ó 2.5 KHz.

En la figura 3.1.5c se muestra la posición de RF en el equipo -- ESB 300, los valores de las portadoras de RF se encuentran a una distancia de 12.5 KHz. de los extremos de las bandas de RF, en las frecuencias de 82.5 y 122.5 KHz. En este caso las portadoras son P1 = --- 82.5 y P2 = 122.5 KHz. Cabe hacer la aclaración que esto es cuando se esta trabajando con separación de banda, pero que también se puede - hacer sin separación, como se ilustra en la figura 3.1.5d, en tal caso se transmite una banda de RF invertida.

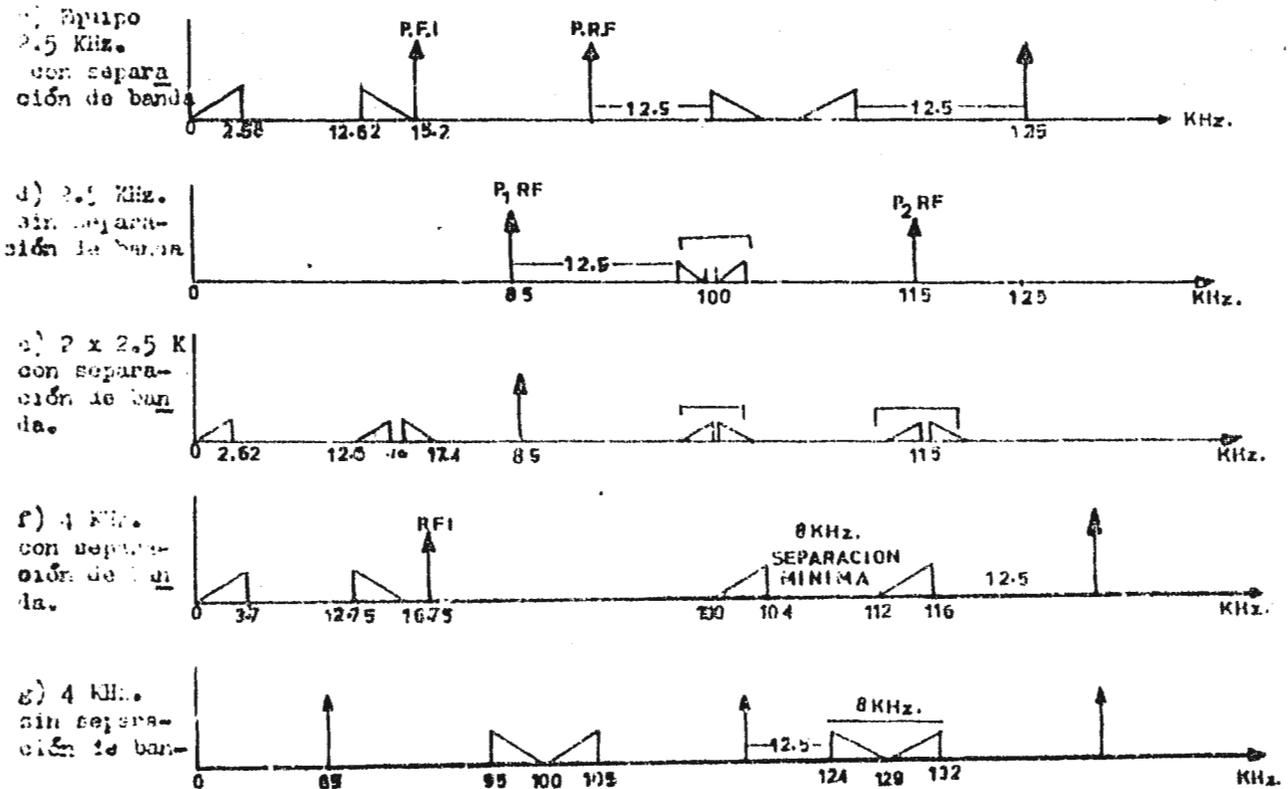


Fig. 3.1.5 Distribución de frecuencias del equipo ESB 300.

### 3.1.5 Algunos circuitos del equipo ESB 300.

1) Amplificador de baja frecuencia. Los amplificadores de baja-- frecuencia BF son empleados en diferentes puntos del equipo ESB 300 - para amplificar las señales vocales, de telemanobra y tono piloto; - tanto a la transmisión como a la recepción; la ganancia de estos es - de acuerdo a las características del diseño.

Descripción.- El amplificador de BF es de tres etapas y con cir- cuito de emisor a tierra como lo muestra la figura 3.1.6. La ganancia se puede regular continuamente por medio de R2, variando sus puentes entre 3 y 5 dB.

El circuito tiene una realimentación de tensión, tomándose la -- tensión de salida del transformador U2 y aplicandola al circuito de - entrada del transistor Q1 através de C10, el puente BD, R17, R2 y el paralelo de R3 con C2. Para corregir la respuesta en frecuencia se - emplean elementos RC, en este caso esta formado por el capacitor C3 y la resistencia R8 en el circuito del transistor Q1. Cada etapa del amplificador posee además una realimentación parcial mediante las re- sistencias de emisor ( R2, R10, R13 y R14 ).

Los puntos de trabajo de los tres transistores del amplificador estan establecidos por realimentación de corriente continua. En el - transistor Q1 esto se logra mediante una combinación de corriente y tensión através de R5; realimentación de corriente por medio de R3, R6 y R7. Las etapas formadas por Q2 y Q3 poseen una realimentación común; para ello se toma la tensión de base del transistor Q2 y en - la resistencia R14 del emisor de Q3. La resistencia R12 aumenta la - resistencia dieléctrica entre colector y emisor de Q3.

2) Modulador de BF/FI. Este circuito es un modulador balanceado que transforma la baja frecuencia a frecuencia intermedia ó en el la- do de la recepción de frecuencia intermedia a baja frecuencia. Para- lograrlo se alimenta al modulador con una frecuencia de 10 y 20 KHz.. En el lado de la transmisión se obtiene a la salida del modulador una oscilación de FI modulada en amplitud de doble banda lateral y sin -- portadora. Cuando se emplea este dispositivo en la recepción se obtie- ne a la salida la señal se baja frecuencia BF.

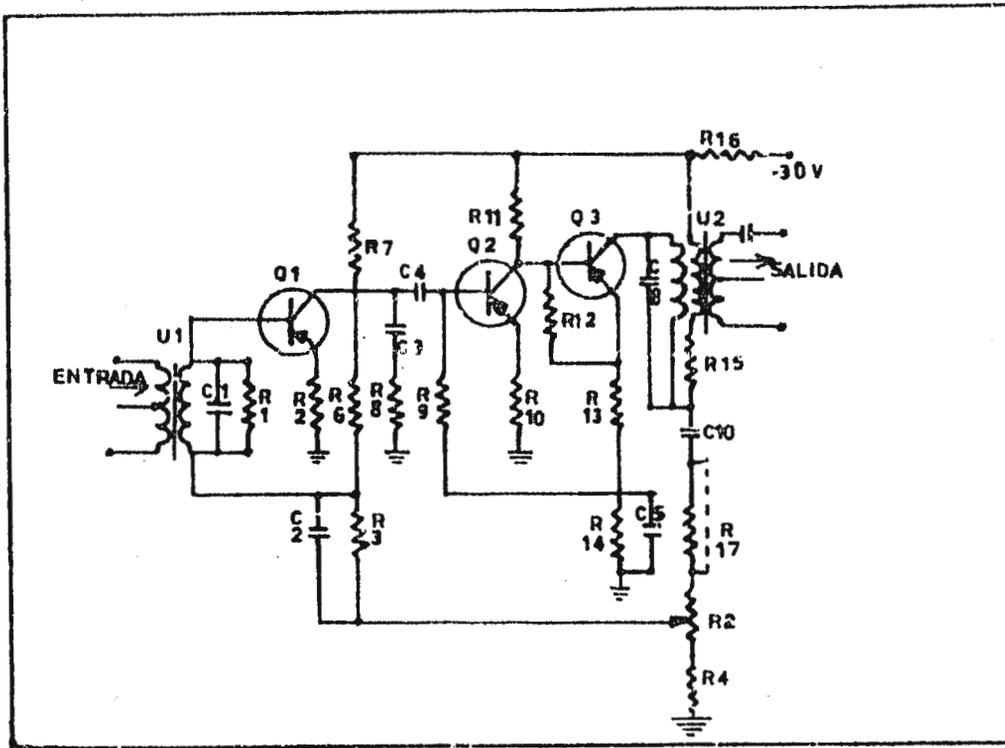


Fig. 3.1.6 Circuito amplificador de baja frecuencia.

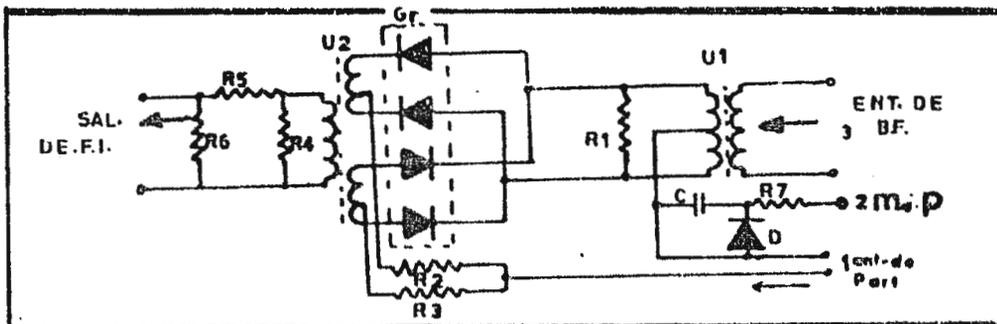


Fig. 3.1.7 Diagrama de un modulador de BF/FI.

Descripción.- El modulador de BF/FI funciona igual en ambos sentidos, es decir, lleva la baja frecuencia a FI ó viceversa según sea el sentido en que se esté usando el dispositivo.

El principio de la conversión se aclara si vemos el siguiente ejemplo de FI/BF ( lado de recepción ).

El elemento de atenuación situado a la entrada de FI ( R4, R5 y

R6 ) origina un aumento en la atenuación y una adaptación precisa al amplificador de FI que le precede. Los cuatro rectificadores actúan como conmutadores que bloquean o dejan pasar la banda de FI al ritmo de la portadora de FI. La tensión suministrada por el generador de portadora de FI comanda al cuarteto rectificador de tal manera que durante los semiciclos positivos se hace conductor un par de rectificadores y durante los semiciclos negativos el otro par. Debido a ello circulan por el arrollamiento del transformador U1 tanto los semiciclos positivos como los negativos de FI. En el mismo sentido por el arrollamiento del secundario se obtienen las señales de baja frecuencia originalmente transmitidas.

La combinación de resistencias R7, R8, el condensador C y el diodo D ha sido diseñada como salida de medición de portadora de FI.

3) Filtro de entrada de RF. El filtro de entrada de RF se emplea en la vía de transmisión de los equipos OP/AT para suprimir el resto de la portadora existente en una banda lateral. En la vía de recepción este filtro refuerza la selectividad del filtro de línea de la recepción. Según el ancho de banda de los equipos será el ancho del filtro de RF, cuyas frecuencias centrales pueden ser entre 30 y 500 KHz.

Descripción.- Los componentes fundamentales de los filtro de RF son : L1, L2, L3, U1 y U2 ( ver figs. 3.1.8 y 3.1.9 ), según el ancho de banda ( 5 ó 7.5 KHz. ) y la frecuencia central se equiparán con los capacitores adecuados, de esta manera puede modificarse la sintonización de los filtros de entrada de RF dentro de su margen de frecuencia ( 30 a 140 ó 140 a 500 KHz. ) equipandolos sencillamente con capacitores de otros valores.

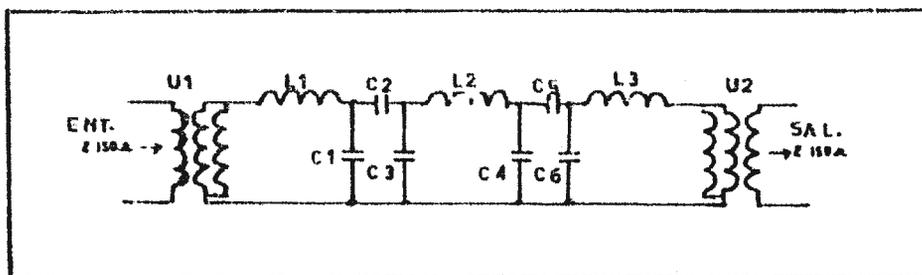


Fig. 3.1.8 Filtro de entrada de RF de 30 a 140 KHz.

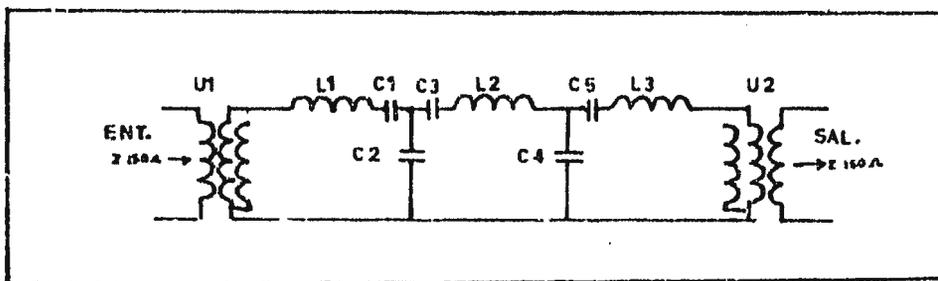


Fig. 3.1.9 Filtro de entrada de RF de 140 a 500 KHz.

4) Regulador de nivel de RF. Este circuito en los equipos de funcionamiento continuo compensa las fluctuaciones de las corrientes de RF entrantes en el margen de  $\pm 3$  dB.

El tono piloto se deriva en el receptor detras del filtro de piloto y se compara en el regulador de nivel con respecto a un valor nominal, la diferencia entre el valor nominal y el valor real se toma para excitar un circuito de regulaci3n; a continuaci3n del cual esta conectado un amplificador de RF de dos etapas (ver figs. 3.1.10 y 3.1.11).

El regulador de RF se compone de cinco unidades a saber; el circuito regulador, el amplificador de RF, el rectificador de piloto, el amplificador de mando y el generador de valor nominal (fig.3.1.10).

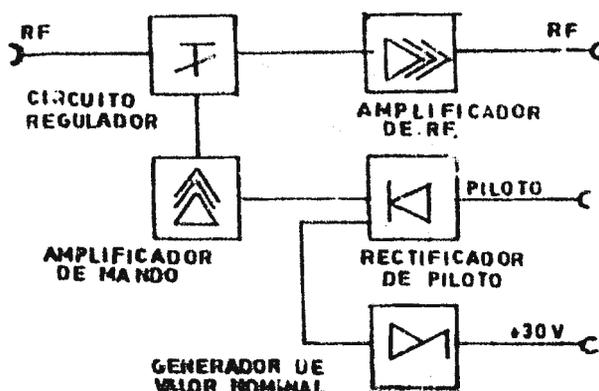


Fig. 3.1.10 Diagrama a bloques del regulador de nivel de RF.

El rectificador de piloto tiene una impedancia de entrada de 600 Ohms (ver fig. 3.1.11), a través del transformador de entrada U4 se aplican las frecuencias procedentes del dispositivo de supervisión de nivel; una vez aplicada al circuito doblador de tensión Gr1, Gr2, C10 y C11 donde son rectificadas.

En el generador de valor nominal se aplica una tensión de + 30 V. al diodo Zener a través de la resistencia R23, la tensión que aparece en este diodo ( valor nominal ) se conecta en posición a la tensión piloto ( valor real ) de manera que en la base del transistor Q3 del amplificador de mando se aplica mayor o menor tensión. Esta diferencia de tensiones ( fluctuaciones a regular ) cortan al transistor -- tanto ó mas cuando mayor sea la diferencia entre el valor real y el valor nominal. Por medio de la segunda etapa del amplificador de mando Q4 se manda al transistor Q2 del regulador ( fig. 3.1.12 ).

En el amplificador de mando la primera etapa Q3 funciona en circuito de colector a tierra y la segunda en emisor a tierra. Para asegurar la funcionabilidad del circuito de regulación a pequeñas fluctuaciones se aplica a Q4 en su base una polarización positiva a través de R19.

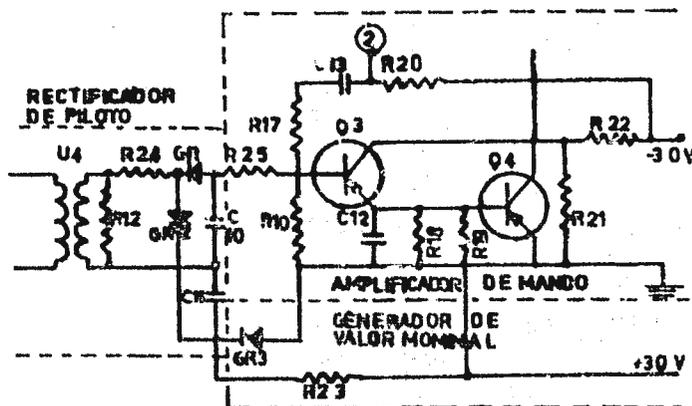


Fig. 3.1.11 Cto. sección de mando del regulador.

En la resistencia R20 del circuito de salida se toma la realimentación ( C13 y R17 ) para la entrada del amplificador de mando; esto sirve para estabilizar el punto de funcionamiento del circuito de regulación..

El circuito de regulación se compone funcionalmente de dos termistores conectados como divisores de tensión ( H1 y H2 ), del transformador intermedio U2; el margen de regulación abarca como mínimo -

6 dB. es decir se regulan los niveles entrantes que experimenten fluctuaciones hasta de 6 dB. ver figura 3.1.12.

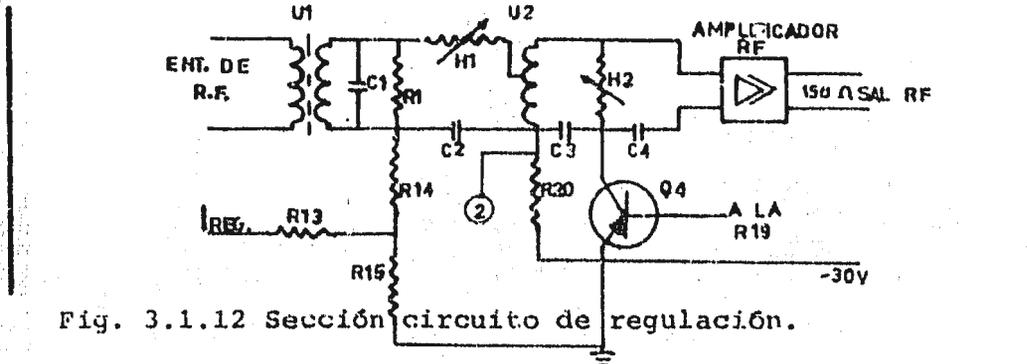


Fig. 3.1.12 Sección circuito de regulación.

Para pequeños niveles de entrada el termistor H1 es regulado por medio de R15, R14, R1 y U1, con lo que disminuye su resistencia en unos 370 Ohms; el termistor H2 no es regulado de manera que permanece en alta impedancia aproximadamente 3 KOhms.

El transformador U2 transforma la impedancia de H2 a unos 120 Ohms. A la recepción alcanza una atenuación máxima de 2 dB. Si la atenuación del regulador debiera de ser grande el termistor H2 es caldeado progresivamente por el amplificador de mando y su resistencia disminuye en unos 100 Ohms. La corriente de mando para H1 disminuye así como su conductividad y por consiguiente la atenuación del regulador de nivel aumenta. La resistencia R1 y el transformador U1 compensan las variaciones de impedancia a la entrada de RF de tal manera que no hay mayores efectos en los niveles. La corriente de regulación puede medirse en el divisor R14 y R15 mediante un instrumento de corriente continua.

\*El amplificador de RF. Este amplificador consta de dos etapas ( Q1 y Q2 ) las cuales están conectadas con emisor a tierra como se ilustra en la figura 3.1.13; esto con el objeto de que no se afecte el funcionamiento del circuito de regulación, a la entrada de RF en el amplificador tiene que ser alta impedancia, esto se logra mediante realimentación desde la segunda etapa al emisor de la primera etapa. El acoplamiento de Q1 y Q2 es resistivo ( colector de Q1 - base de Q2 ).

Los puntos de trabajo de ambos transistores están estabilizados por la realimentación de corriente continua ( R2 ). La resistencia R9 sirve para fijar la impedancia de salida de RF a 150 Ohms.

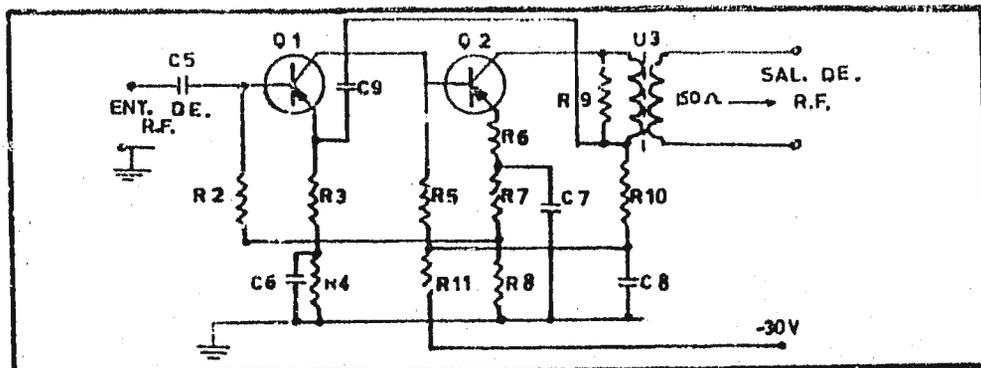


Fig. 3.1.13 Diagrama del amplificador de RF.

5) Transmisor de piloto. La transmisión de piloto se hace a través de un canal piloto que emite la frecuencia de  $2580 \pm 25$  Hz. y esta situado justo por encima de las frecuencias de voz. Cuando el canal de comunicación está ocupado el tono piloto es de  $2580 - 25$  Hz. y cuando esta libre es de  $2580 + 25 = 2605$  Hertz.

Descripción.- Para manejar las frecuencias de 2555 y 2605 Hz.-- los transistores Q1 y Q2 son controlados en las regiones de corte y saturación, por lo tanto el circuito puente de las resistencias R1 a R8 están dispuestos de tal manera que cuando se aplican a tierra a la base de Q1 este se corta, mientras que Q2 se satura y viceversa; al conducir Q1 resulta que para la frecuencia oscilante de 2555 Hz. toda la inductancia de la bobina L se hace efectiva.

Se transmite por lo tanto dicha frecuencia inferior cuando al contacto en el equipo de selección aplica potencial a tierra en la entrada del transmisor de piloto. Cuando el contacto está abierto se transmite la frecuencia de 2605 Hz.; la inductancia efectiva de la bobina L1 junto con el capacitor C1 constituyen el circuito tanque que determina la frecuencia de transmisión. El circuito del oscilador se acopla mediante el transformador U, el transistor Q3 que es el oscilador funciona en circuito de base a tierra, la tensión de salida de Q3 llega a la entrada del transmisor de piloto y de selección ( entrada de filtro de piloto ) a través del potenciómetro P y de las resistencias R16 y R19; el filtro independientemente de la posición del potenciómetro está perfectamente cerrado a la entrada en 36 Ohms. Se aplica una parte de la tensión de salida al devanado de realimentación a través de la combinación R15 y el termistor Th y a la

base de Q3 a través de los condensadores C4 y C5. El tercer devanado del transformador U controla por medio de R14 y C4 el trayecto del sentido emisor base del transistor Q3.

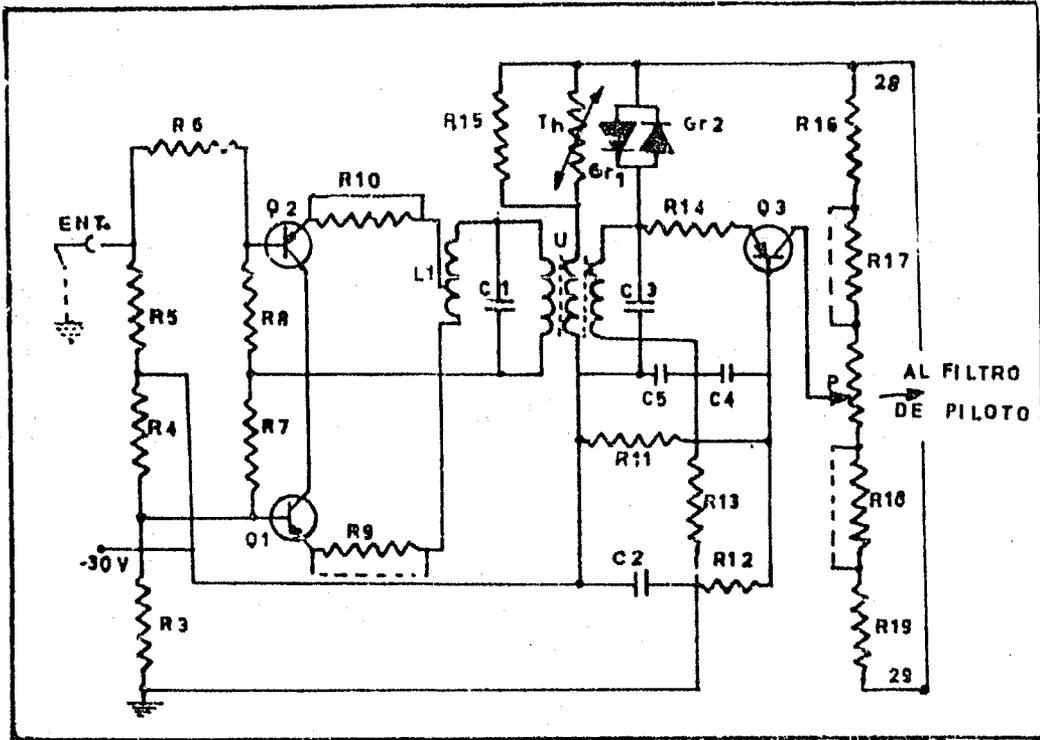


Fig. 3.1.14 Transmisor de piloto y de selección.

Para transmitir las amplitudes se han conectado los rectificadores Gr1 y Gr2 en paralelo con el devanado de realimentación del transformador U. El margen de nivel del potenciómetro puede cortocircuitarse R17 ó R18, sin embargo siempre debe de estar uno de los dos puentes en corto. Para la regulación de nivel es importante que el nivel de las frecuencias de 2555 y 2605 Hz. a la salida del filtro piloto no difieran en más de 0.05 dB.

6) Receptor de selección. Las frecuencias suministradas por el supervisor de nivel y por el amplificador de piloto son rectificadas por el receptor de selección y aplicadas al equipo de llamada a través de un réle receptor como lo muestra la figura 3.1.15. El circuito de selección se compone de dos circuitos resonantes en serie sin-

tonizados a las frecuencias de  $2580 + 40$  Hz. y  $2580 - 40$  Hz. y en serie tambien con la salida del circuito de r eles.

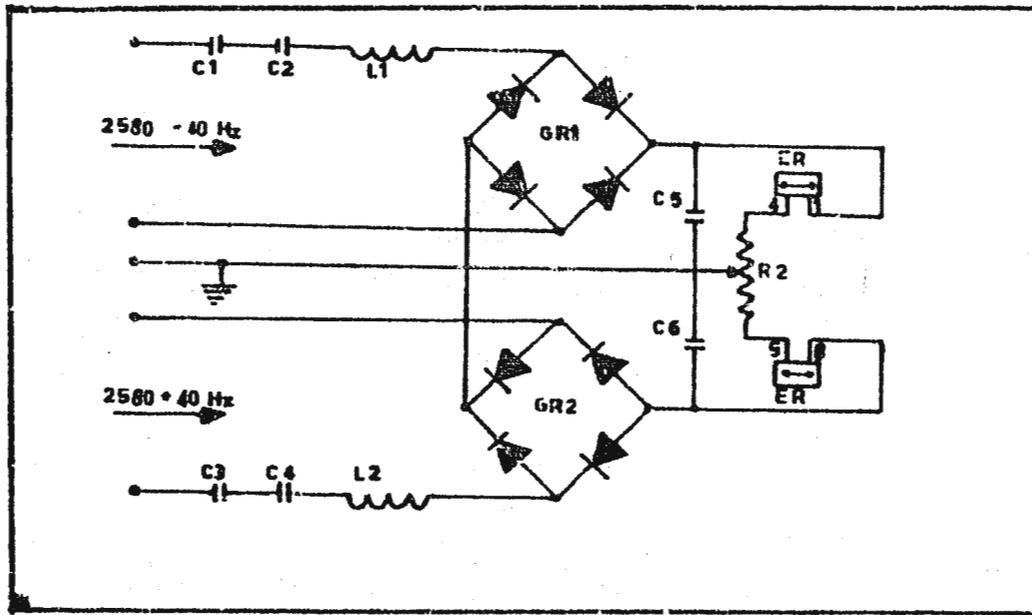


Fig. 3.1.15 Receptor de selección.

Descripción.- Al transformador de salida del amplificador de piloto ( U3 ) se encuentra conectado el discriminador que controla directamente el r ele polarizado ER. El discriminador lo forman circuitos oscilantes sintonizados uno a  $2580 + 40$  Hz. y otro a  $2580 - 40$  Hz. El circuito oscilante formado por C1, C2 y L1 está sintonizado a la frecuencia inferior (2540 Hz.) y el formado por C3, C4 y L2 está sintonizado a la frecuencia superior (2620 Hz.). Los condensadores de cada circuito son de mica y algunos de estiroflex conectados en serie. Dada esta característica se compensan el coeficiente de temperatura en las bobinas y se reduce la carga de tensión en los capacitores.

En caso de presentarse resonancia la tensión en las bobinas y en condensadores llegan a tomar valores máximos hasta de 530 V. Las corrientes en ambos circuitos son rectificadas en el circuito puente.

Por los devanados conectados en sentido opuesto se excita al r ele de recepción ER. Los condensadores C5 y C6 sirven para filtrar las audio frecuencias que afecten a la C.C.; con el potenciometro R2

se puede ajustar el discriminador a  $\pm 4\%$  aproximadamente.

El réle polarizado ER esta conectado de tal manera que al recibir la frecuencia inferior (2540 Hz.) pasa a tomar la posición T, la corriente de excitación del réle es del orden de unos 2 mAmper.

### 3.2 Microondas vía D.G.T. ( S.C.T. ).

En la actualidad las microondas son la infraestructura de las comunicaciones del país, ya que este sistema es el mas usado para establecer una comunicación entre dos puntos lejanos.

Las comunicaciones son explotación del ESTADO y por lo tanto el gobierno ha formado lo que desde 1968 se conoce como Red Federal de Microondas y a partir de entonces da servicio a quien debido a sus necesidades tenga que transmitir señales de datos ó simplemente establecer un diálogo con otro punto en el interior de la República; entre otros usuarios de la D.G.T. para usar la red de microondas estan los Bancos, Pemex, Telmex, la propia C.F.E. y en general cualquier empresa que necesite comunicación con el interior de la República.

Para la C.F.E. las microondas constituyen el medio mas eficaz y seguro, ya que su red de comunicación gira en base a la red federal de microondas. Dada la importancia del tema por medio del presente se pretende dar una idea de la forma en que usa dicho sistema la C.F.E.; con el fin de que podamos entender como es que CENACE recibe los datos provenientes de diferentes partes del interior de la República, para que estas oficinas puedan llevar un control sobre el consumo y producción de la energía eléctrica.

La descripción se hará desde el primer paso que es cuando un abonado quiere usar un canal de comunicación limitado al ancho de banda de .3. a 3.4 KHz. hasta visualizar de que manera y a que frecuencia sale a radiarse desde la antena transmisora a la antena receptora. También se hará una descripción de los circuitos y equipos usados para la transmisión de señales ya sean de voz ó de datos.

A nivel de canal lo que podríamos llamar audiofrecuencia (.3 a 3.4. KHz.) se usan equipos NEC (Nipon Electry Company) esta marca Japonesa aporta bastidores para multiplexar las señales desde canal -- hasta llegar a formar la banda base, que posteriormente se pasa a otro bastidor marca SEL llamado MODEM donde la señal se pasa -----

a la banda de FI cuya frecuencia central es de 70 MHz. De la salida de este se pasa a otro conocido como equipo de radio o transmisor -- también de marca SEL, donde la señal se pasa a la banda de radio frecuencia RF que es en si la frecuencia de transmisión, la cual en este caso es de 6 GHz.

Los sistemas de microondas a nivel de RF usan el equipo denominado FM 1800-T4/6000; esta diseñado para transmitir en la banda de 6 GHz, el gran ancho de banda permite acomodar 1800, 1260 ó 960 circuitos telefónicos con desviación de frecuencia dentro de las normas del CCIR.

Como en este caso se usa para 960 canales con suficiente desacoplo -- entre antenas, lo cual nos permite intercalar las frecuencias radioeléctricas; es decir que cada canal de RF consta de un sentido de transmisión y otro de recepción. En el lado transmisor se convierte la señal de FI a RF y en el lado de la recepción se hace lo inverso -- mediante un proceso similar; lo cual permite que en las estaciones -- repetidoras pueda hacerse la conmutación en FI.

El equipo de radio incluso los amplificadores y dispositivos -- auxiliares vienen dotados exclusivamente de transistores y diodos semiconductores, a excepción de la etapa de potencia que trabaja con -- un tubo de onda progresiva (T.O.P.).

En caso de perturbaciones en la trayectoria de la señal funciona en forma automática un circuito silenciador, el cual aísla la -- fuente de ruido e inyecta una señal auxiliar de 70 MHz. como señal -- de FI.

La ventaja de este equipo es que ocupa menos espacio y disipa -- menos calor ya que se usan elementos de estado sólido.

El amplificador de onda progresiva con su campo magnético alterado de poca dispersión y las cadenas osciladoras tienen refrigeración de conducción y convección solamente.

Ademas de los semiconductores hay materiales que son muy empleados; la ferrita sirve como elemento de estado sólido en filtros pasa banda, aisladores y circuladores; en tanto que una aleación de Titanio y Bario cumple funciones de determinación de frecuencia en forma de filtro piezoeléctrico. El uso de este elemento permite solucionar problemas en amplificadores de banda ancha con alto nivel de regulación.

Pero el problema que se presenta en el uso de estos elementos es la producción de un elevado nivel de ruido no deseado, el cual ha sido solucionado mediante la cadena de osciladores cuya descripción se verá mas adelante.

Finalmente se logra disminuir considerablemente el efecto de variaciones por temperatura usando invar recubierto de plata como material de construcción para las cavidades de los filtros.

#### Antenas y alimentadores.

Están disponibles para el sistema FM 1800-TV/6000 dos tipos de antenas bipolares de alta ganancia, a saber una paraboloide excitada por un cornete, con una sección parabólica como reflector y una antena tipo Cassegrain con radiador hiperbólico de cornete y parabola de rotación como reflector.

Los factores que afectan la elección del tipo de antena a emplear son : el peso, la discriminación de ángulo con polarización doble, la posibilidad del uso común con otras frecuencias, así como la meta-proyectada de guías de onda.

Como alimentador vertical de antena, se emplea normalmente guía de onda circular, la cual se halla terminada en su extremo inferior por filtro de polarización. Los adaptadores de antena tienen sección cuadrada o circular.

En la ruta horizontal de guía de onda hacia los bastidores únicamente se emplea sección de guía de forma rectangular.

Toda línea de alimentación debe ser continuamente ventilada con aire seco con el fin de evitar condensación de agua y el ingreso de la humedad.

Antes de pasar a la descripción del sistema veamos unos datos generales del equipo de RF. como son :

Margen de frecuencia	5925--6425 MHz.
Separación entre bandas	44.47 MHz.
Separación de canales en RF.	26.65 MHz.
Separación de frecuencia transmisora y receptora	252.04 MHz.
Pérdidas en el filtro de 6 cavidades	0.5 a 0.7 dB.
Factor de merito para telefonía	S = 140 dB.
	S = 140 dB.

Transmisor.  
 Entrada de FI. 0.3V/75, 70 MHz.  
 Potencia de salida de Tx. 10 W. (40 dBm.).

Receptor.  
 Entrada en el receptor. de -18 a -57 dBm.  
 Salida de FI. 0.5V/75, 70 MHz.  
 Margen de C.A.G. 40 dB. (+5 a -35 dB.).

Ahora podemos pasar a la descripción del sistema desde la multiplexación hasta la frecuencia de transmisión y la potencia de salida a la antena transmisora. Se empezara con el diagrama esquemático incluyendo un enlace de UHF entre la D.G.T. y la C.F.E. tal como lo muestra la figura 3.2.1.

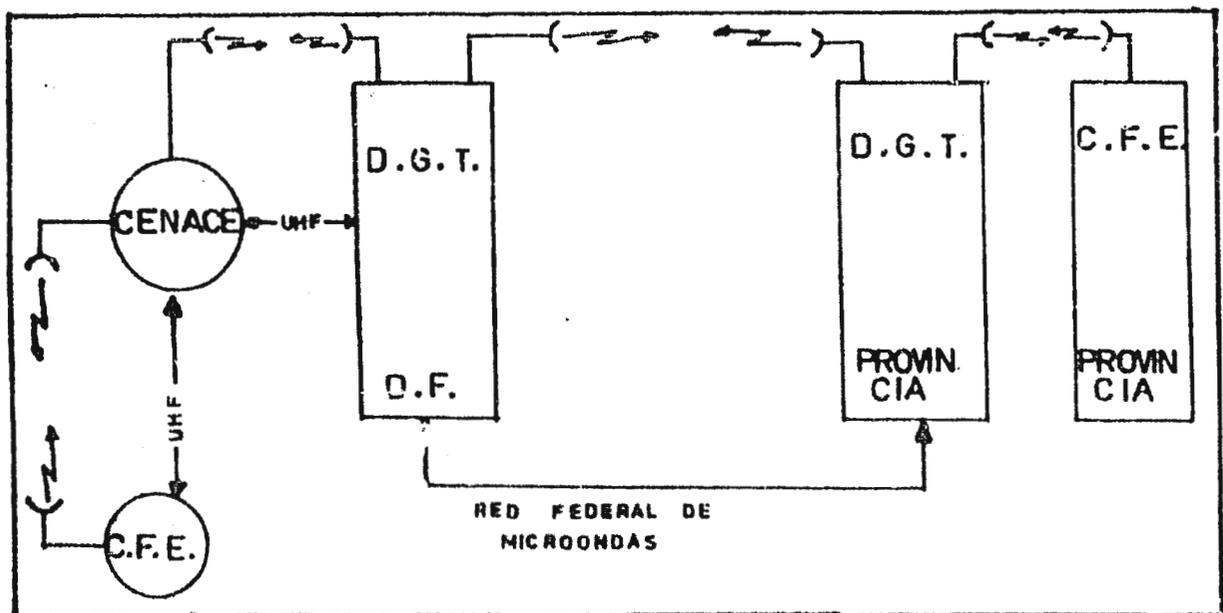


Fig. 3.2.1 Bloques de un enlace.

Este diagrama muestra la forma en que se enlaza la C.F.E. con el interior de la República usando la Red Federal de Microondas.

Descripción.- Como se puede observar en la fig. 3.2.1 hay dos tipos de enlace que son: UHF y Microondas; este segundo sistema en la actualidad es muy importante para que CENACE logre un control eficaz sobre el consumo y producción de la energía eléctrica ya que en base-

a este se forma la red de comunicación de la C.F.E. con el interior de la República.

En los sistemas de Microondas se pueden mencionar los siguientes pasos para que le extremo receptor capte una señal transmitida y son:

- 1) Audio frecuencia (AF).
- 2) Multiplexaje para hacer la banda base.
- 3) Translación de banda base a FI.
- 4) Translación de FI a RF. (radio frec.).
- 5) Etapa final (potencia de salida).

1.- Dentro de lo que se considera audio frecuencia entran las señales que esten contenidas dentro de la banda de 0.3 a 3.4 KHz. y estas pueden ser de voz o de datos; ya que en el canal con ancho de banda mencionado pueden acomodarse hasta 14 bandas telegráficas.

Para los usuarios de las Microondas (D.G.T.) esta parte la forman hilos físicos, incluso para la C.F.E. también son hilos físicos.

2.- Hay dos técnicas para lograr el multiplexaje y hacer la banda base, dichas técnicas son: TDM y FDM; que significa multiplexaje por división de tiempo y multiplexaje por división de frecuencia respectivamente.

En este caso se usa la técnica de multiplexaje por división de frecuencia; por lo tanto procedamos a mostrar como se multiplexea la señal de audiofrecuencia hasta llegar a ocupar la banda de 60 a 4028 KHz. que es el ancho de la banda base.

El primer paso es formar un grupo básico de 12 canales, lo cual se logra formando cuatro pregrupos cada uno formado por tres canales telefónicos. Por lo tanto cada canal ocupará el ancho de banda de 0.3 a 3.4 KHz.; entonces el primer pregrupo lo formaran los canales 1, 2 y 3, el segundo los canales 4, 5 y 6, el tercero los canales 7, 8 y 9 y el cuarto pregrupo los canales 10, 11 y 12. A cada canal de los pregrupos se le asigna una portadora cuyo valor es de 12, 16 ó 20 KHz. las cuales son las mismas para los cuatro pregrupos. Posteriormente se modula cada pregrupo con las portadoras de 120, 108, 96 y 84 KHz. respectivamente. Por lo tanto en este primer paso se logra trasladar el espectro a la banda de 60 a 108 KHz. como lo muestra la figura 3.2.2.

Como se puede observar en la figura cada pregrupo ocupa una banda de 12 KHz. y toda la banda del grupo básico es de 60 a 108 KHz.

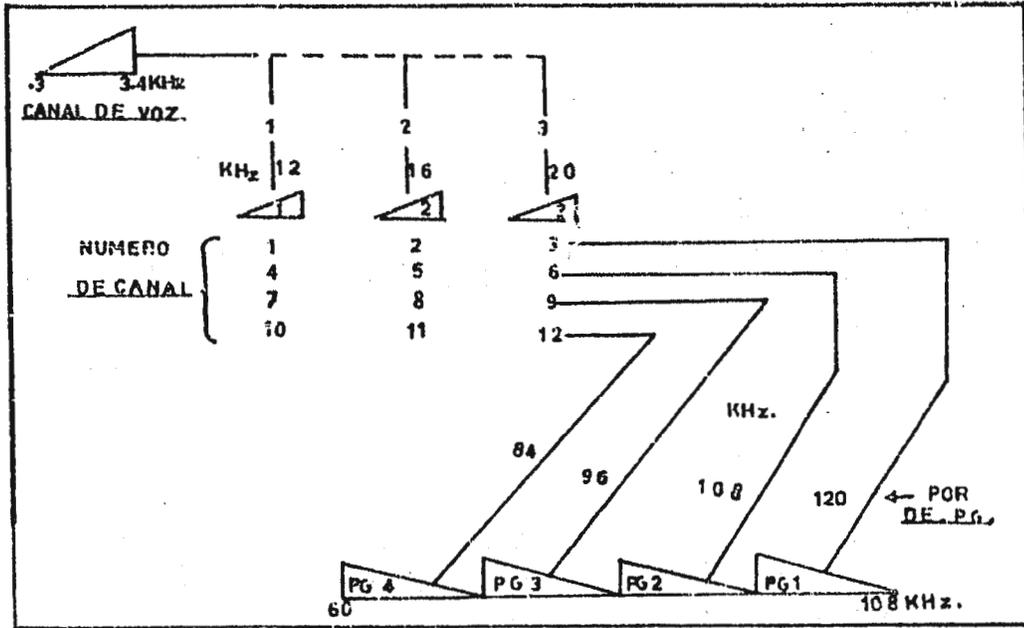


Fig. 3.2.2 Formación del grupo básico.

Como segundo paso es agrupar cinco grupos básicos para dar origen a un supergrupo básico el cual ocupará la banda de 312 a 552 KHz. quedando distribuidos como lo muestra la figura 3.2.3.

Podemos observar en la fig. mencionada que los valores para las portadoras de los cinco grupos que forman el supergrupo son : 420, - 468, 516, 564 y 612 todas en KHz., vemos también que cada grupo ocupa su mismo ancho de banda pero ahora el ancho de banda del supergrupo es de 240 KHz.

El tercer paso es la modulación de cada supergrupo para que pasen a formar parte de la banda base, la cual ahora se extiende de 60 a 4028 KHz. La distribución de frecuencias después de la modulación se ilustra en la figura 3.2.4; la cual nos muestra el ancho de la banda base así como las portadoras asignadas a cada supergrupo.

Como ya se ha dicho en párrafos anteriores esta banda base después será pasada a la banda de frecuencia intermedia y luego a la RF.

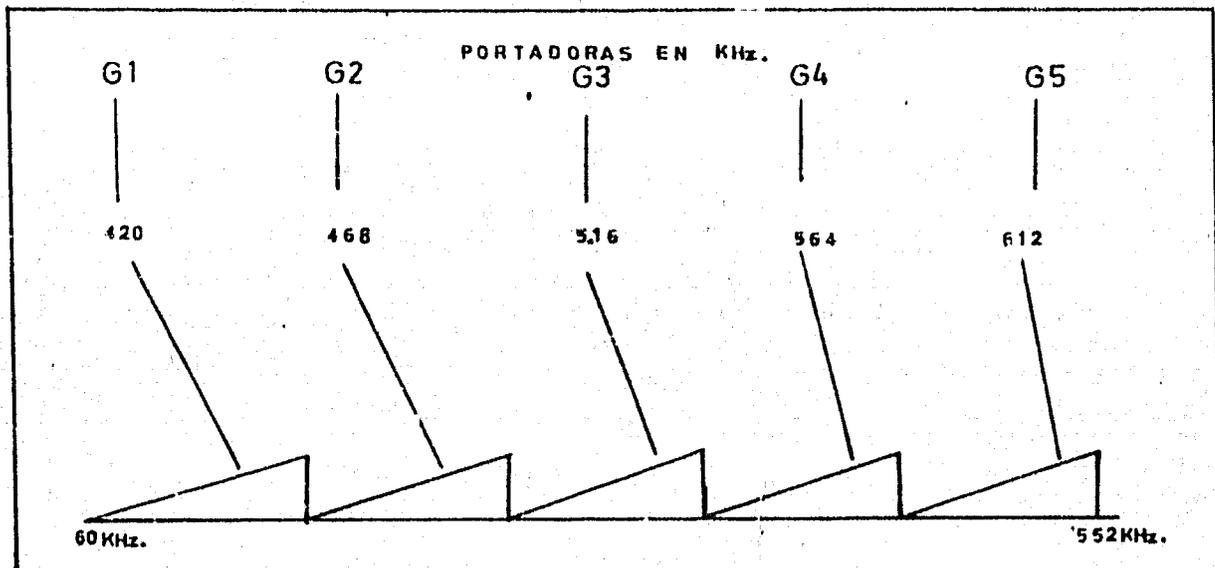


Fig. 3.2.3 Supergrupo básico.

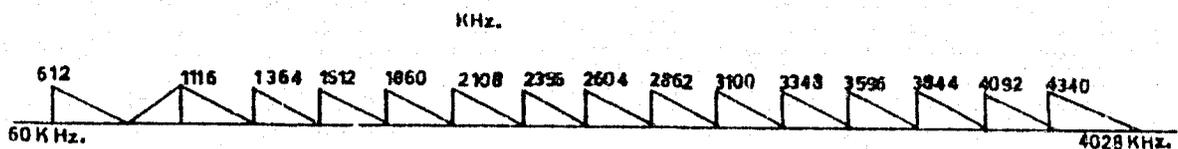


Fig. 3.2.4 Formación de la banda base.

Del dibujo anterior podemos observar que la banda de resguardo es de 248 KHz. así como las portadoras de cada supergrupo cuyos valores son: P.SG1 = 612, P.SG2 = no tiene, P.SG3 = 1116, P.SG4 = 1364, P.SG5 = 1612, P.SG6 = 1860, P.SG7 = 2108, P.SG8 = 2356, P.SG9 = 2694, P.SG10 = 2852, P.SG11 = 3100, P.SG12 = 3348, P.SG13 = 3596, P.SG14 = 3844, P.SG15 = 4092 y P.SG16 = 4340 todas en KHz.

Nos podemos preguntar por que el supergrupo dos no tiene portadora, la razón es que no sufre ningún proceso de modulación debido a que ocupa el ancho de banda del supergrupo básico (312 a 552 KHz.); por lo anterior pasa directamente a ocupar dicha gama de frecuencias en el ancho de la banda base.

Es así como llegamos a ocupar el ancho de 60 a 4028 KHz. con un total de 960 canales telefónicos, ya que cada supergrupo consta de 60 canales multiplicados por los 16 supergrupos nos da un total de 960 canales.

### 3.- Translación a FI.

En este proceso por medio de un tramo de cable coaxial se introduce la banda de 60 a 4028 KHz. a un equipo que translada la banda base a frecuencia intermedia (FI) llamado equipo MODEM. En este equipo la banda base se modula en frecuencia para llevarla a la posición de FI, para esto se usa la portadora de 70 MHz. por eso la frecuencia central es 70 MHz.

El equipo MODEM esta formado por las unidades que se muestran esquemáticamente en la figura 3.2.5.

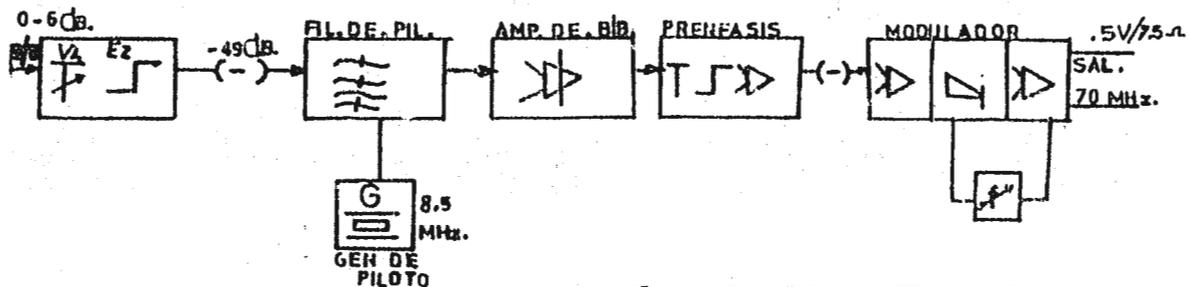


Fig. 3.2.5 Bloques del equipo MODEM.

Veamos el recorrido de la señal en el modulador para después pasar al funcionamiento de las unidades; según se muestra en el diagrama de la figura 3.2.5 el primer paso de la señal de banda base que contiene las señales multiplexadas en frecuencia es el atenuador VL y el igualador E2, después está un punto de medición de -49 dB. en seguida se encuentra el filtro de piloto de continuidad proveniente del generador de piloto; si llega a fallar el piloto, esto indica que hay alguna anomalía en la trayectoria de la señal lo cual ocasiona una alarma local. Ahora la señal de banda base más la señal piloto pasan por un amplificador de banda base, después toda la señal amplificada pasa por el filtro de banda base localizado en la unidad de preénfasis. Esta unidad de preénfasis eleva el nivel de la señal a un valor preestablecido, después pasa a lo que es en sí el Mod. de FI.

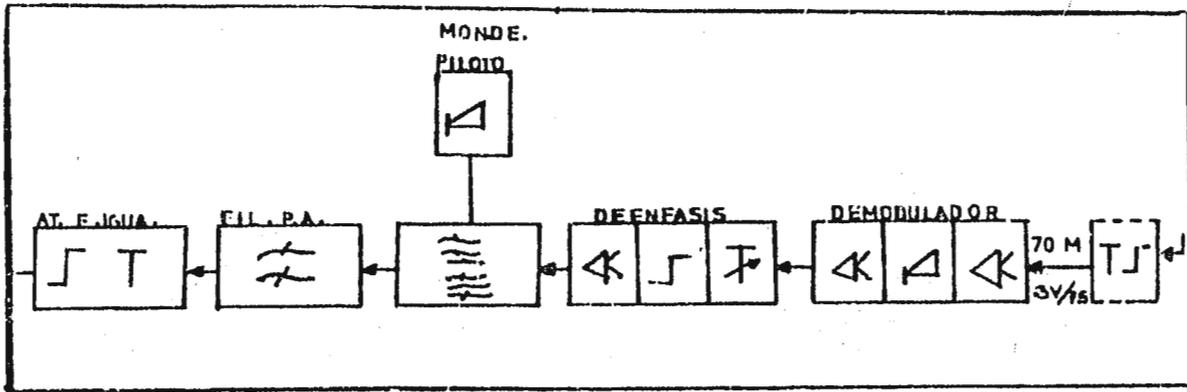


Fig. 3.2.6 Bloques de un DEM. de FI.

Funcionamiento de unidades.

VL y EZ.... El igualador junto con el atenuador variable VL forman la línea física de B/B para telefonía, su función es de compensar la atenuación originada en el cable coaxial del equipo multiplex al equipo MODEM y entregar el nivel requerido en el punto de medición en el punto de -49 dB., lo que se logra por medio del atenuador variable con rango de 0 a 6 dB. En la figura 3.2.7 se muestra esta unidad con todos sus elementos discretos y que solo es un arreglo de resistencias y capacitores-

como elementos de igualación y atenuación; la resistencia R1 y R2 sirven para ajustar el nivel.

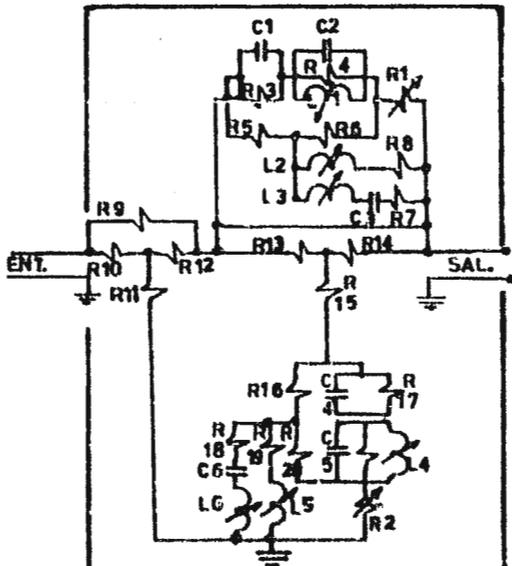


Fig. 3.2.7 Atenuador variable e igualador.

PW01... El filtro de piloto es una red con impedancia caracte-

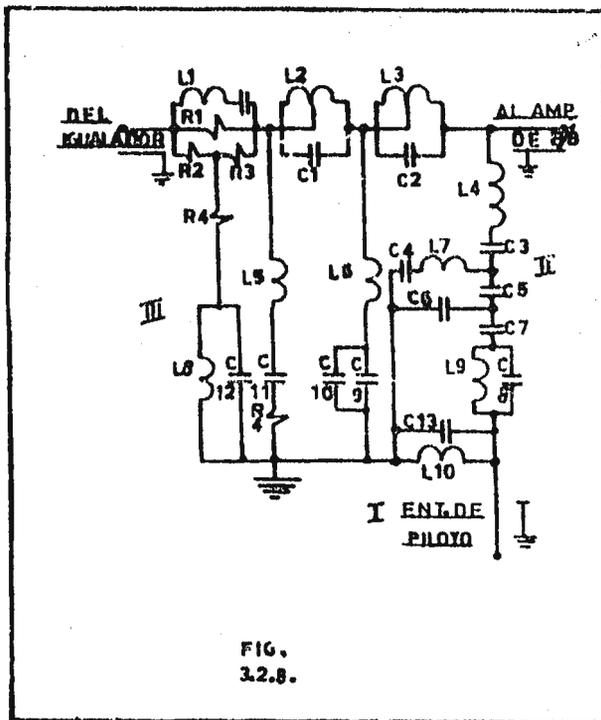


FIG.  
3.2.8.

rística constante y sirve para inyectar una frecuencia piloto como señal de falla. La rama de derivación del filtro se alimenta desde el generador de piloto. Los cuadripolos I y II son de impedancia recíproca, la atenuación de frecuencias eliminadas es mayor de 40 dB. Las distorsiones en los extremos de la B/B son compensadas por el igualador III.

Figura 3.2.8 Filtro de piloto de continuidad.

**\*Generador de piloto.**

La señal piloto es producida por un oscilador de cuarzo K1 con una estabilidad de frecuencia de  $5 \times 10^{-5}$ , su amplitud se mantiene constante dentro de  $\pm 1$  dB. Mediante C4 puede ajustarse a la frecuencia nominal; el circuito de diodos D1 y D2 aseguran la precisión de oscilación, la resistencia R13 permite ajustar el nivel de salida -- del piloto a través del diodo D3.

El circuito de supervisión está formado por Q1 y Q2 donde llega la señal a través de C2 y con R11 se puede calibrar al valor nominal. Este circuito está ajustado de tal manera que una caída de 0.3 dB -- produce alarma de alguna anomalía. En el punto M se pueden medir las corrientes de los transistores.

En la figura 3.2.9 se muestra el generador de piloto con todas sus partes funcionales.

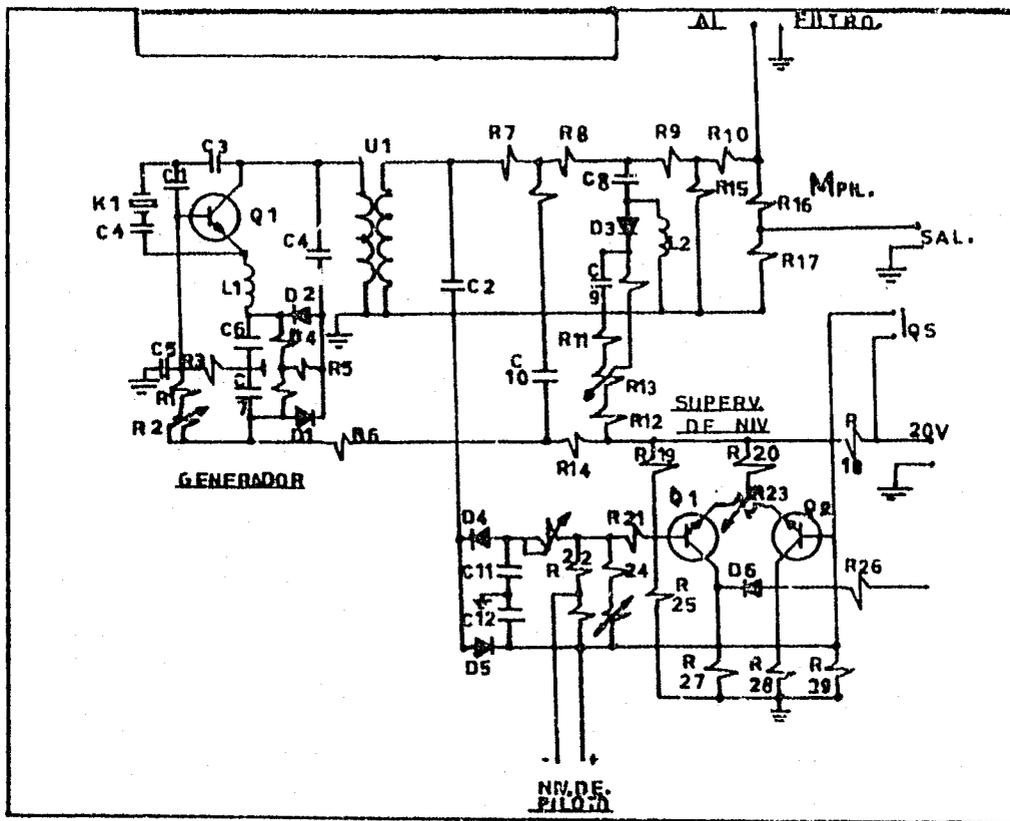


Fig. 3.2.9 Diagrama del generador de piloto.

\*Amplificador de banda base VB01.

Este amplificador esta constituido por tres etapas que son algunas modificaciones que se usan en diferentes partes del equipo tanto de modulación como de demodulación, su ganancia puede ajustarse entre 10 y 16 dB. mediante R4.

La atenuación del amplificador es de 0.05 dB. en la banda de 10 a 9100 KHz. debido al escalonamiento de la frecuencia de corte de los circuitos de los transistores. Tal como podemos ver en la figura 3.2.10.. Los transistores Q1 y Q2 tienen configuración de base común.

La realimentación negativa a través de C1, C2 y R4 estabiliza la ganancia de Q1, Q2 y Q3, además reduce la impedancia de salida, con la resistencia R3 se adapta la impedancia de salida a la impedancia característica. La impedancia de entrada se adapta por medio

de la realimentación de R4 a Q1 en paralelo con R1 y R2.

Los transistores usados son de bajo ruido con el fin de mantener el nivel de atenuación de perturbaciones a nivel bajo aproximadamente de -46 dB.

En la siguiente figura se muestra el circuito del amplificador.

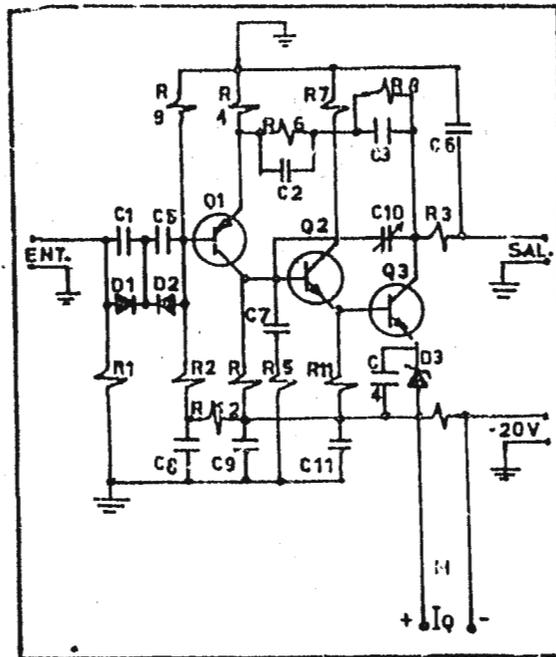


Fig. 3.2.10 Amplificador de B/B.

\*Amplificador de B/B y Red de preenfasis VB11.

Este amplificador es el mismo que el del inciso anterior pero usando como entrada una red de preenfasis usada para preacentuar las frecuencias elevadas, con el fin de mejorar la señal a ruido durante el proceso de modulación en frecuencia.

Se puede decir que el circuito de preenfasis es un circuito pre distorsionante, esta basado en la distribución de ruido de las modulaciones en amplitud y en frecuencia ( AM y FM ) según lo muestra la figura 3.2.11.

La gráfica nos muestra que en la modulación en amplitud la distribución de ruido tiene forma rectangular, mientras que en la modulación en frecuencia la distribución de ruido tiene forma triangular.

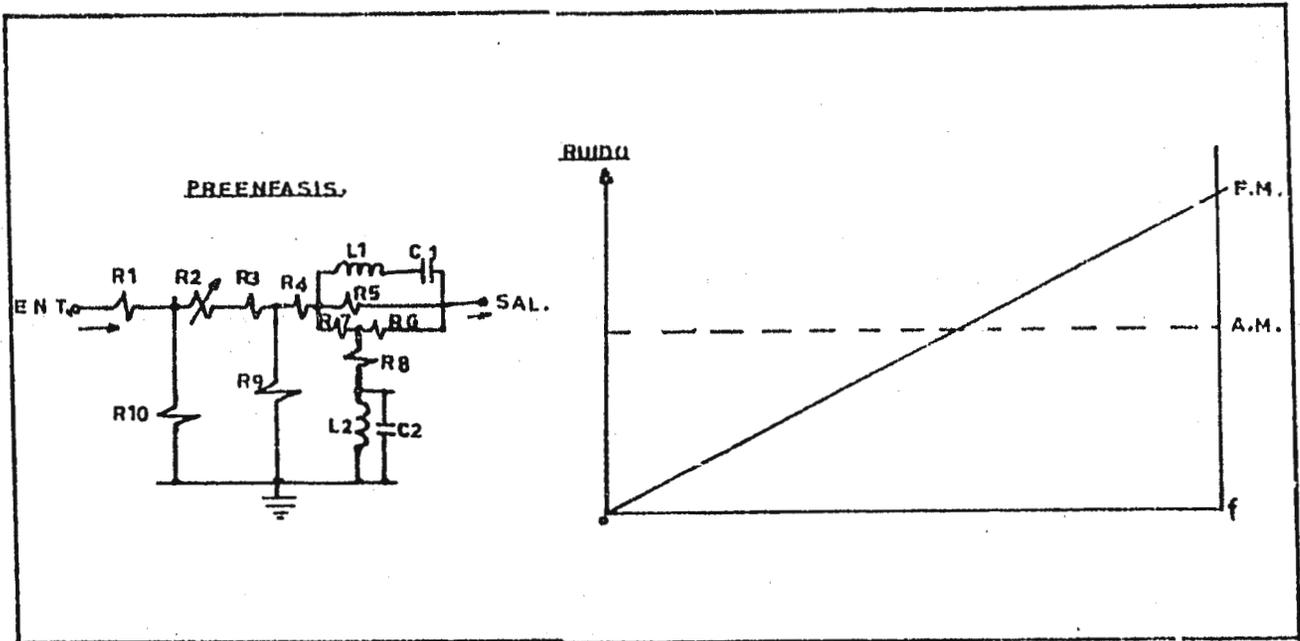


Fig. 3.2.11 Distribución de ruido en la modulación.

**\*Modulador de FI.**

La unidad moduladora de FI tiene los puntos que se pueden apreciar en la figura 3.2.12.

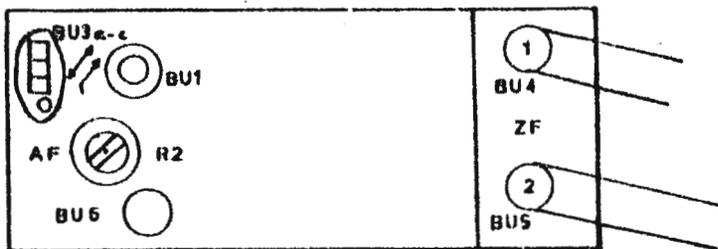


Fig. 3.2.12 Modulador de FI.

Esta unidad convierte la señal de banda base modulada en amplitud a una señal de FI modulada en frecuencia. Consta de los siguientes circuitos : dos osciladores uno de 253 y otro de 323 MHz., mediante un mezclador de anillo se logra la diferencia de los dos osciladores la cual es de 70 MHz.

La frecuencia de los osciladores se mantiene constante mediante un circuito de control automático de frecuencia CAF (BU3a-c de la figura 3.2.12.). En dicha figura este punto tiene dos posiciones las cuales estan marcadas como sigue: . La primera nos indica que la unidad esta operando en control automático de frecuencia CAF-- 70 MHz. + 100 KHz. La segunda posición indica que con el regulador -- AF - R2 se puede variar en forma manual la frecuencia intermedia entre 50 y 90 MHz, el punto marcado como BU6 es un punto de medición para comprobar el nivel saliente de la unidad moduladora en FI, el punto BU1 es para elevar el nivel de la señal de banda base al nivel requerido a la entrada del modulador y los puntos BU4 y BU5 son las dos salidas desacopladas del modulador de FI y que se dirigen al --- transmisor.

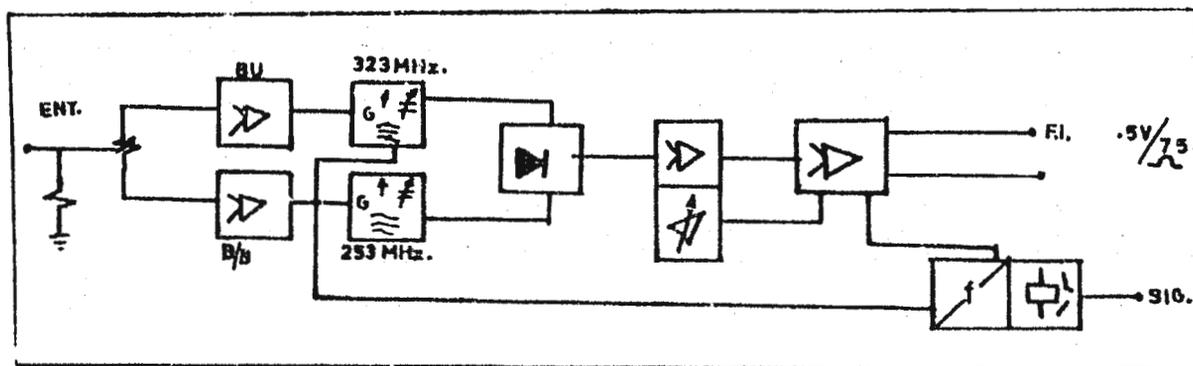


Fig. 3.2.13 Bloque de un modulador de FI.

La señal entrante de banda base se extiende hasta los 10 MHz. y contiene la información multiplexada de 800 ó 960 canales telefónicos; esta unidad se compone de los siguientes circuitos funcionales:

- Amplificador de banda base.
- Oscilador de 253 MHz.

Oscilador de 323 MHz.  
Mezclador.  
Amplificador de FI.  
Amplificador final de FI.  
Circuito de C.A.F..  
Supervisión. (Sig.).

#### Osciladores de 253 y 323 MHz.

Se han elegido estas frecuencias porque son las dos frecuencias de oscilación más adecuadas, ya que si se eligieran otras más bajas habría que tomar en cuenta las frecuencias de corte de los transistores que se estén usando. Además se usan dos osciladores para cumplir requisitos de modulación como son: alta estabilidad de frecuencia de oscilación, alta transferencia del oscilador y alta linealidad e impedancia a las variaciones de la temperatura.

Con el fin de mantener las distorsiones de amplitud y fase a un valor bajo hasta las más altas frecuencias de modulación, se eligió para ambos osciladores, circuitos de un cuarto de longitud de onda para el desplazamiento de fase, como generadores se emplea para cada oscilador un amplificador de banda ancha de dos etapas y una ganancia superior a la unidad. La salida del amplificador se realimenta a la entrada para asegurar la oscilación.

Los diodos de modulación y de C.A.F. para  $f$ ; siendo  $f = 323$  menos  $253 = 70$  MHz. están conectados en paralelo en cada oscilador, la modulación en contra fase se logra debido a que los diodos están polarizados inversamente, debido a esto también es posible eliminar las armónicas pares.

Los circuitos de cada oscilador se muestran en conjunto con el mezclador en la figura 2.1.7.

#### \*Mezclador.

El mezclador está diseñado como un modulador de anillo con cuatro diodos de baja capacidad y rápida conmutación. El modulador en sí solo consta de dos rectificadores en contra fase, cuando se aplican dos frecuencias debidamente elegidas se eliminan las frecuencias fundamentales y las armónicas no deseadas; lo cual se puede observar en la figura 3.2.14, donde corrientes de igual magnitud pero en oposición de fase se eliminan y solamente resulta la diferencia de las 2.

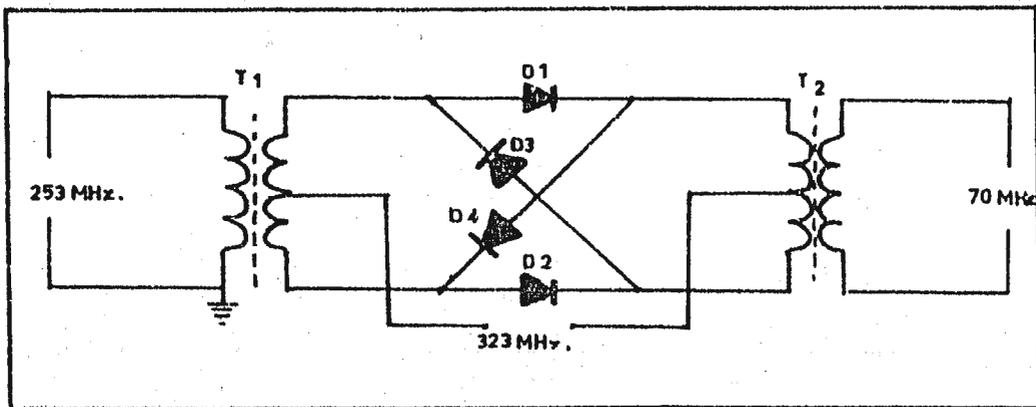


Fig. 3.2.14 Diagrama del Mezclador de FI.

Puesto que en el proceso de modulación considerado se trata de frecuencias muy altas, los diodos y transformadores deben cumplir características muy especiales. Por esta razón todos los productos de la modulación no deseados deben atenuarse en más de 80 dB. con respecto a la portadora en el margen de  $70 \pm 30$  MHz.

**\*Preamplificador de FI.**

Debido al bajo nivel de FI a la salida del mezclador, la primera etapa es amplificadora Q1 y esta diseñada en base común de bajo ruido. Las siguientes etapas son acopladas por transformadores y también en base común. La segunda etapa es regulada en su ganancia por los diodos D1 y D2 controlados por corriente.

El criterio de control automático de ganancia (CAG) es una realimentación desde el amplificador final de FI hasta la etapa de excitación Q2 del preamplificador de FI. La señal rectificada de FI llega al circuito puente Q5 y Q6 del preamplificador de FI como tensión de control automático de ganancia (CAG).

Las variaciones de ganancia de la etapa de excitación en Q2 son controladas por la realimentación de Q7 que es un amplificador de corriente sobre el puente de diodos. La salida de corriente de Q7 actúa sobre la resistencia diferencial de los diodos D1 y D2, cuando esta resistencia es alta el colector de Q2 queda sin carga. Con la corriente de Q7 en aumento la resistencia de los diodos disminuye aumentando así la carga en el colector de Q2. En esta forma las -

variaciones por temperatura y envejecimiento se corrigen automáticamente.

La capacidad del colector Q4 y el devanado del transformador -- forman un circuito sintonizado en serie (C, R y L) llamado compensador; donde se alcanza una atenuación de reflexión mayor a los 30 dB entre 60 y 80 MHz.

La figura 3.2.15 muestra el diagrama del preamplificador de FI.

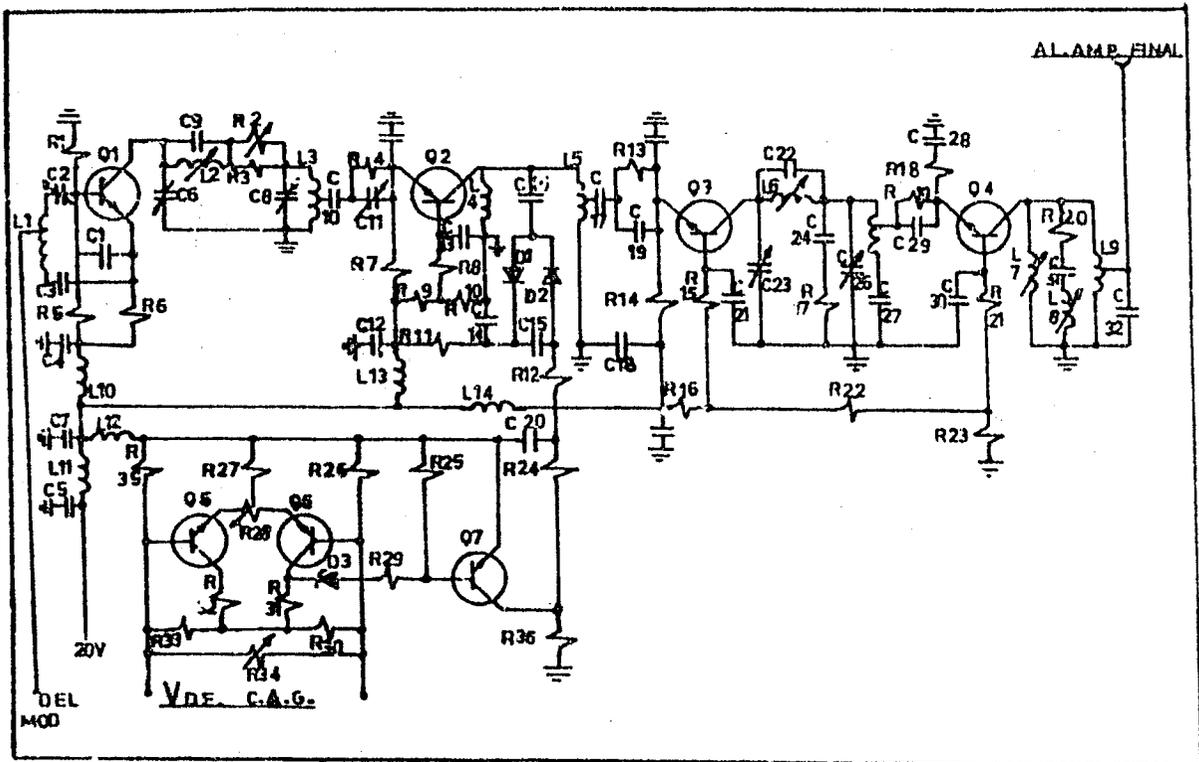


Fig. 3.2.15 Preamplificador de FI.

\*Amplificador final de FI.

La figura 3.2.16 muestra el circuito del amplificador final de FI. La señal de FI alimentada a la etapa de entrada ( colector del transistor Q1 ) a través de un atenuador y una red pasa banda, hay un filtro pasa banda compensado por temperatura el cual alimenta la etapa excitadora Q2, después la señal es pasada a través de un auto transformador con toma de una red híbrida a la excitación de las dos bandas de salida.

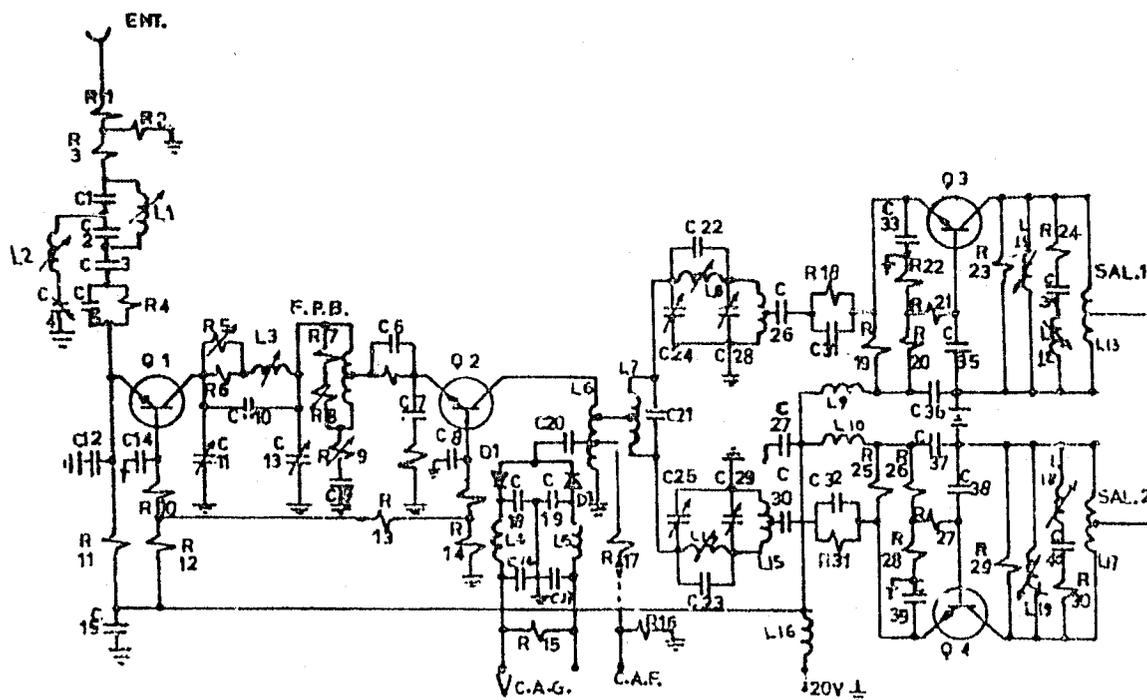


Fig. 3.2.16 Amplificador final de FI.

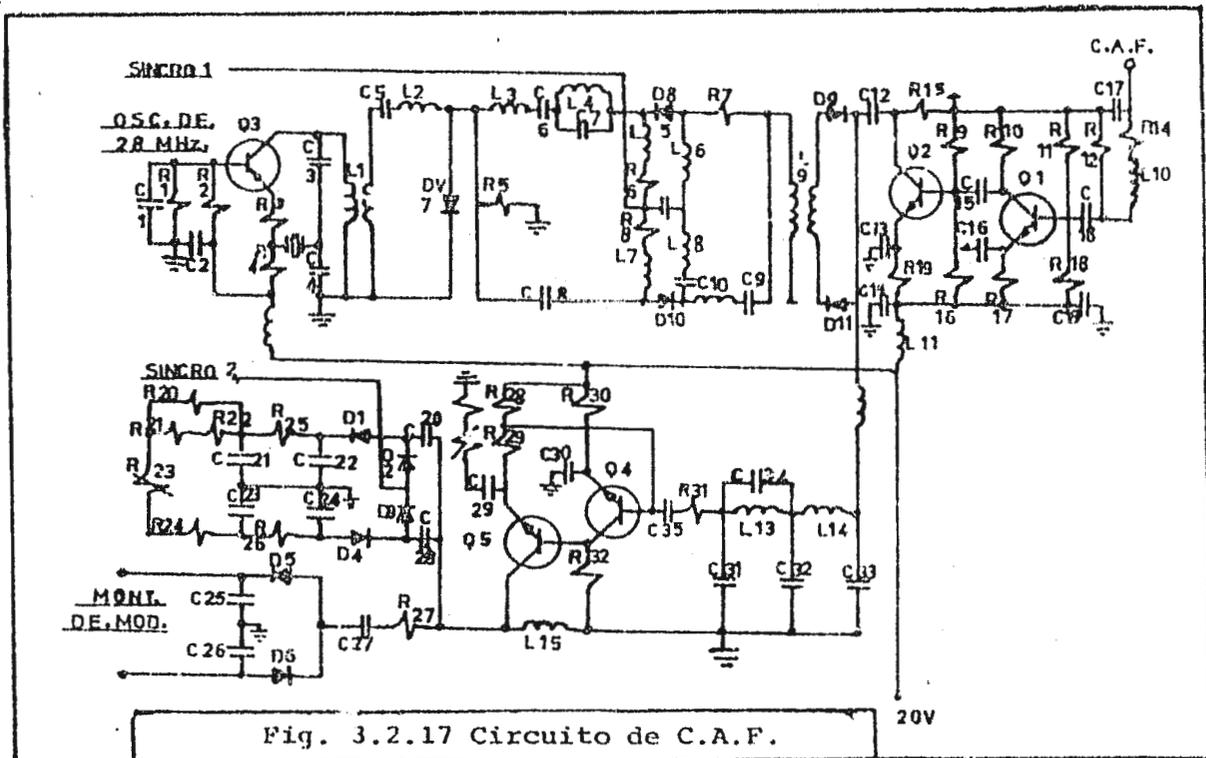
El circuito híbrido junto con los transistores Q3 y Q4 desacomplan las salidas 1 y 2 idénticas, en más de 40 dB. La salida de cada amplificador entrega un nivel de  $0.5V_{ef}/75$  y 70 MHz, como entrada a la etapa de RF.

\*Control automático de frecuencia.

Esta es una unidad cuyo diseño y objetivo es dar estabilidad de frecuencia, para lo cual se utiliza un circuito CAF controlado por cuarzo como el que se muestra en la figura 3.2.17.

Como patrón de frecuencia sirve un oscilador de cuarzo Q3 cuya frecuencia es de 28 MHz. la cual se duplica y triplica por medio de un diodo varactor Dv.

Los diodos conmutadores se controlan por medio de una frecuen--



cia auxiliar de 6 KHz. y desde Q1 provenientes del circuito de supervisión, se aplican alternadamente las frecuencias de 84 y 56 MHz. a través del circuito sintonizado CL.

Este circuito cuenta con un mezclador al cual se le aplica la señal de FI desde el amplificador final y que ha de supervisar la frecuencia central exacta. De manera que toda desviación de frecuencia sera detectada en el mezclador del circuito de C.A.F..

\*Circuito de supervisión.

Los circuitos de supervisión ( circuitos monitores ) contienen el generador de frecuencia auxiliar de 6 KHz. con Q1 como oscilador en configuración Hartley.

La figura 3.2.13 muestra el diagrama del circuito de supervisión con todos sus elementos discretos.

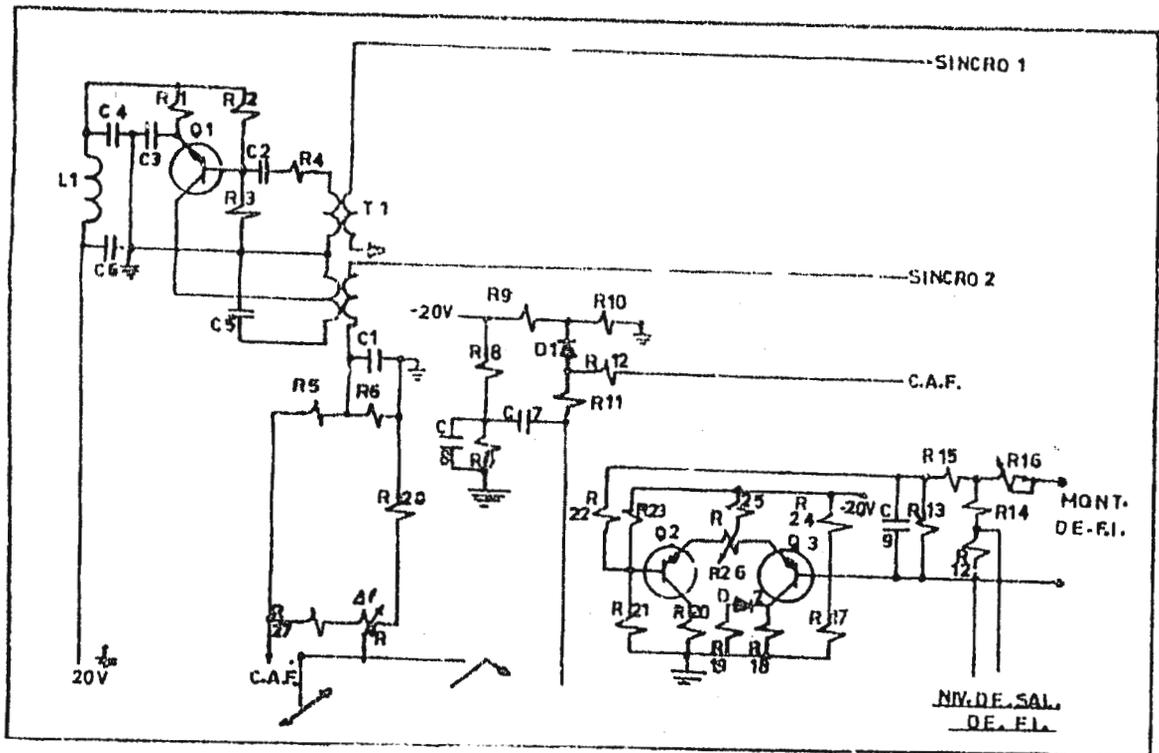


Fig. 3.2.18 Circuito de supervisión.

Sus tensiones de sincronización se desacoplan en T1 y se aplican a los diodos de conmutación D1 y D2 por el punto de sincro 1 (ver figura 3.2.18) en forma de frecuencia de conmutación al circuito de C.A.F. y por el punto sincro 2 (de la misma figura) al rectificador del circuito amplificador Q4 y Q5.

El circuito de CAF trabaja automáticamente y reduce la desviación de frecuencia del modulador de FI, en un rango de 0 a 30 °C la frecuencia se mantiene constante dentro de  $\pm 100$  KHz.

El control puede ser automático o manual y se elige cambiando la posición del botón correspondiente en la unidad. También se puede comprobar el nivel de salida de FI.

En seguida pasaremos a lo que es el equipo Transmisor.

#### 4) Equipo de radio frecuencia (transmisor).

Cuando la señal ya ha sido procesada hasta llegar a la FI sus últimos acondicionamientos antes de salir a propagarse al medio atmosférico son: elevarla a frecuencia de RF (radio frecuencia) y finalmente la etapa de potencia; lo cual se lleva a cabo en un equipo llamado EQUIPO RADIO el cual eleva la frecuencia de FI a 6 GHz.

El diagrama de la figura 3.2.19 muestra esquemáticamente la organización del equipo radio, el cual esta compuesto de los tres bloques principales que son:

- 1.- El transmisor.
- 2.- El receptor.
- 3.- Los osciladores.

En la transmisión la señal de FI que llega del modulador con un nivel de 0.3V/75, después de ser amplificada en un preamplificador VL de tres etapas, pasa por el mezclador de diodos Mi; el cual esta en combinación con el preamplificador formando así una sola unidad (MS01).

Es en el mezclador donde se efectua la conversión a la radiofrecuencia que es al rededor de 6.46 GHz. La señal proveniente del mezclador se pasa a través de un tubo guía de onda con un nivel de 2.5-miliVolts a un aislador unidireccional que sirve para el desacoplamiento. Sigue a continuación otro aislador unidireccional que sirve para desacoplar la entrada del amplificador de onda progresiva ( VW-01 ); este eleva a 37 dB. el nivel de entrada, entregando a la salida una potencia de 10 Watts que es la potencia de transmisión.

Un tercer aislador unidireccional entrega la señal a la red separadora correspondiente de canal a través de un transformador de guía de onda. La red separadora de canal en si solo consta de un filtro de 6 cavidades; hecho de invar plateado. La red separadora de canal se encuentra dispuesta en serie con la trayectoria de guía de onda que conduce a la antena.

En el sentido de la recepción la señal se procesa en un procedimiento inverso; es decir que la señal que capta la antena es llevada a través de las guías de onda a la red separadora, luego al amplificador de onda progresiva, al tubo de onda progresiva, al mezclador y hasta que a la salida se entrega la señal de 70 MHz. al demodulador de FI.

La cadena de osciladores.- El empleo de osciladores separados pero de igual construcción eléctrica; para transmisor y receptor así como el uso exclusivo de semiconductores para generar la frecuencia-

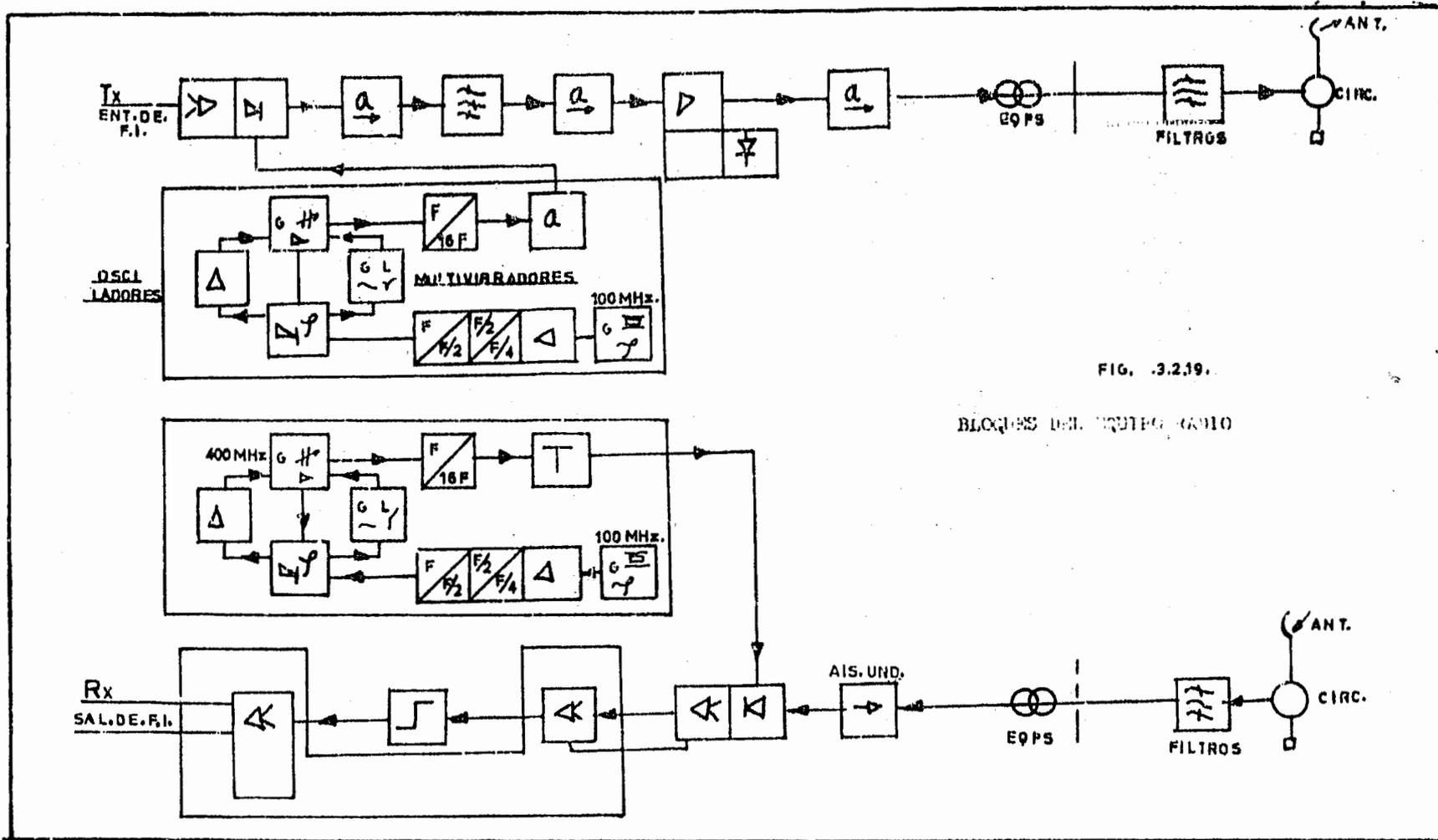


FIG. 3.2.19.

BLOQUES DEL RECEPTOR

de 6.4 GHz, hizo necesario buscar nuevos métodos para el tratamiento de frecuencia.

El oscilador de estado sólido G se compone de un oscilador libre de 400 MHz. en configuración de base común el cual está acoplado con un oscilador de cuarzo de 100 MHz. multiplicado por un factor de cuatro; el cuarzo de este equipo está controlado por temperatura --- constante de +65 °C; lo cual se logra con un amplificador de control usando como resistencia de caldeo la resistencia del colector del -- transistor de salida. Después la frecuencia del cuarzo se amplifica y se multiplica por cuatro en dos etapas dobladoras y es entregada -- junto con la frecuencia del oscilador libre de 400 MHz. a un circuito de control de fase donde se produce la sincronización de los osciladores; esto hace que se dispare un multivibrador cuyas tensiones -- de onda rectangular son diferenciadas. Los pulsos de descarga se utilizan para el control del varactor de CAF.

Mediante la multiplicación pasiva por el factor de 15, la frecuencia sincronizada de 400 MHz. es elevada en una sola etapa con un diodo Step Recover a la frecuencia de transmisión de 6.4 GHz. El semiciclo positivo de la tensión de control produce una carga en el -- diodo que durante el semiciclo negativo es devuelto abruptamente al circuito; el impulso de tensión resultante contiene con suficiente amplitud la 16ª armónica de la frecuencia de referencia (400 MHz.) esta armónica es seleccionada en un filtro de guía de onda a través de un aislador unidireccional; a su vez esta armónica proporciona su suficiente potencial al mezclador Mi, y, también para excitar al amplificador de onda progresiva VW01.

Las dos cadenas de osciladores OS1 y OE1 son iguales excepto en su potencia de salida.

#### Descripción de las unidades funcionales del equipo radio RF ( transmisor ) :

Modulador transmisor.- Esta unidad consta de dos circuitos interconectados :

- a) Amplificador de potencia de RF.
- b) Mezclador propiamente dicho.

Veamos el funcionamiento de estas subunidades.

a) El amplificador de potencia de RF está en configuración de base común de tres etapas; cuya entrada es la llegada de un igualador (cable coaxial) donde la señal ha sido reducida de 0.5 a 0.3 - Volts, la salida de este amplificador se inyecta directamente al mezclador Mi.

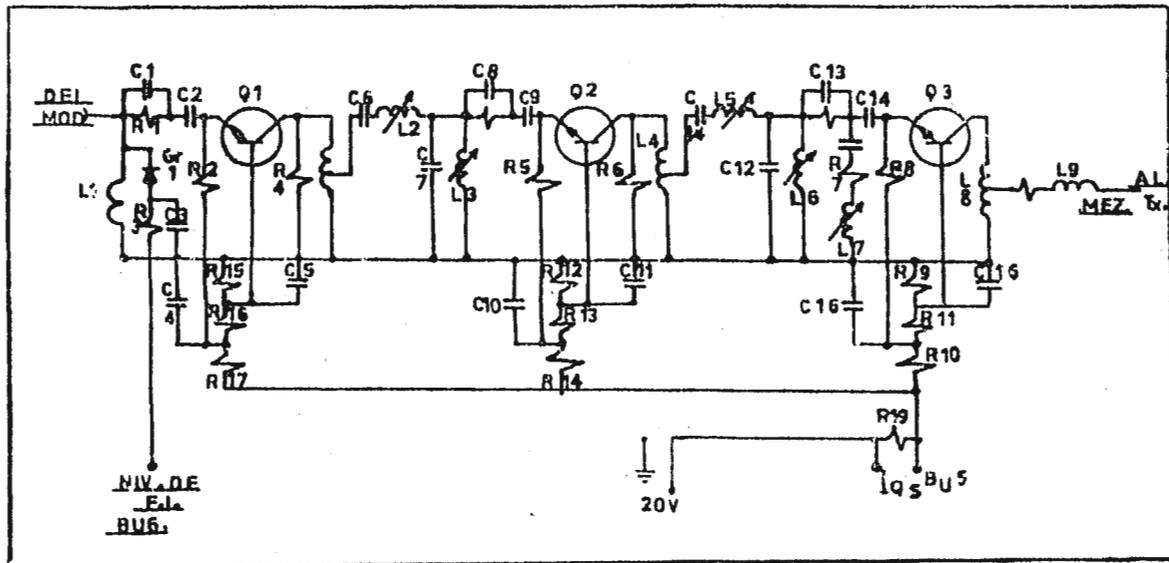


Fig. 3.2.20 Amplificador de potencia de RF.

El amplificador en su entrada cuenta con una red igualadora con impedancia de 75 Ohms y un diodo que desacopla el nivel de entrada, cada etapa está acoplada al siguiente transistor a través de un arreglo RC con impedancia  $Z = 250$  Ohms.

El amplificador tiene una respuesta lineal y entrega una potencia de 30 mW. aproximadamente con una ganancia de 14 dB.

Tiene también puntos de medición para nivel entrante de FI, para corrientes de transistores y para salida hacia el mezclador; como se puede observar en la figura 3.2.20.

Ya que en el mezclador se trabaja con la frecuencia de 6.4 GHz. veamos como se llega a esta frecuencia a partir de la frecuencia de los dos osciladores que forman la cadena de osciladores; cuyo funcionamiento ya se ha descrito en párrafos anteriores.

Como anteriormente se dijo la frecuencia  $f = 6.4 \text{ GHz}$ . se logra multiplicando la frecuencia de  $400 \text{ MHz}$ . por 16; pues dicho multiplicador es el que se muestra en la figura 3.2.21.

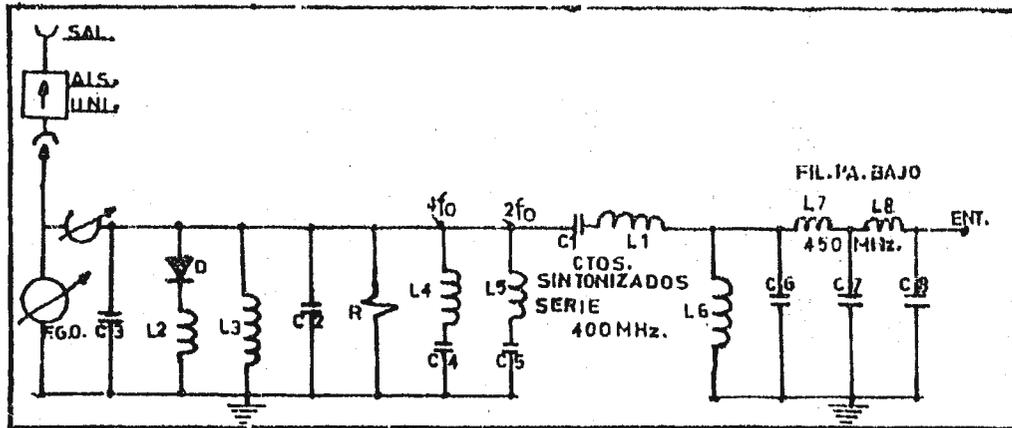


Fig. 3.2.21 Multiplicador por 16.

El multiplicador por 16 está formado por un filtro pasa bajo, -- circuitos sintonizados en serie y como elemento pasivo un diodo Step Recovery, el cual entrega la  $16^{\text{a}}$  armónica de  $400 \text{ MHz}$ . y de un filtro de dos cavidades para  $6.4 \text{ GHz}$ .

Descripción.- A la entrada del multiplicador se encuentra un -- filtro pasa bajo con frecuencia de corte de  $450 \text{ MHz}$ . el cual sirve -- para rechazar las armónicas no deseadas del oscilador libre. Las inductancias y capacitores dentro del filtro en serie ayudan a que no haya fuga de armónica. La inductancia en paralelo a la salida del -- filtro acopla la impedancia a  $Z = 250 \text{ Ohms}$ .

El circuito serie sintonizado a  $400 \text{ MHz}$ . acopla la red de entrada con el diodo; este va seguido por otros dos circuitos serie ( $2f_0$  y  $4f_0$ ) para  $800$  y  $1600 \text{ MHz}$ . funcionando como circuitos complementarios. La resistencia  $R$  sirve como carga y fija el punto de trabajo del diodo. A la salida se entrega la dieciseisava armónica de  $400 \text{ MHz}$ . con una potencia de  $25 \text{ mW}$ .

b) Mezclador.- En este circuito, la señal de FI que ha sido introducida en forma de banda base se modula con la frecuencia de  $6$  a  $6.4 \text{ GHz}$ .

Los diodos D6 y D7 dispuestos en contra fase, se hayan situados en una gufa de onda. La FI modulada de 30 mW. es acoplada al mezclador en forma galvánica por medio de un cable coaxial y la portadora del canal de RF es tomada del oscilador con una potencia de 20 mW.

Los productos resultantes de la combinación son la suma y diferencia de la señal de RF con la señal de FI (  $RF + FI$  ) de la modulación.

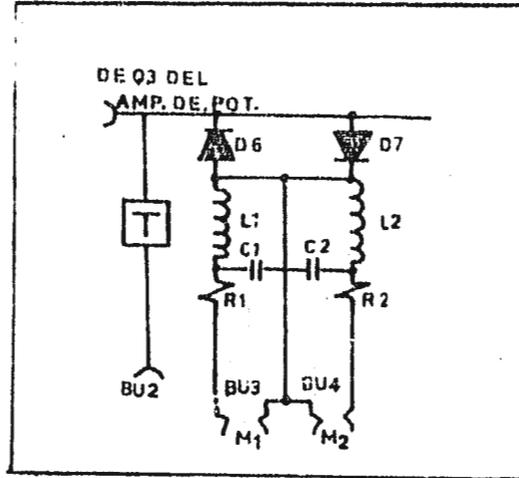


Fig. 3.2.22 Mezclador de RF.

La gufa de onda actua como filtro pasa alta el cual solo deja pasar la portadora y el producto de la modulación deseado, en los puntos BU3 y BU4 se pueden medir las corrientes de los diodos.

El mezclador usa un filtro de tres cavidades como adaptador de potencia, para excitar con 2.5 mW. a la entrada de la helice del tubo de onda progresiva ( T.O.P ) RW 80.

En la figura 3.2.23 se muestran los pasos de la señal de FI para llegar a la etapa de potencia.

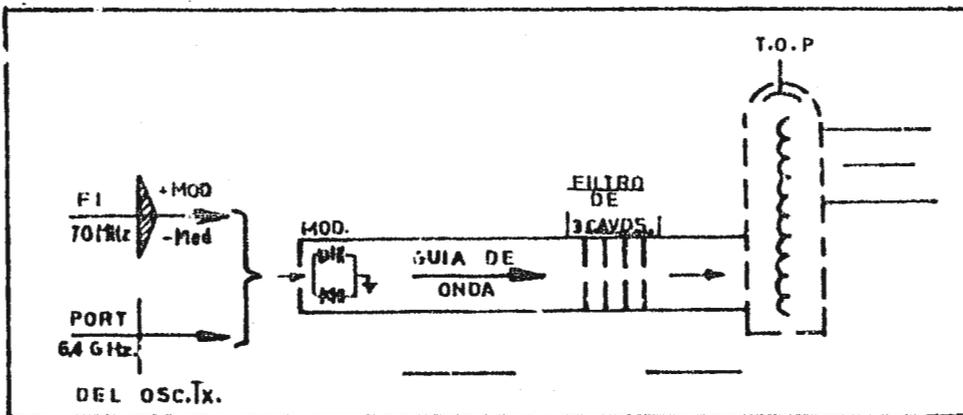


Fig. 3.2.23 Formación de la frec. de transmisión.

Tubo de onda progresiva ( T.O.P. ) RW 80.

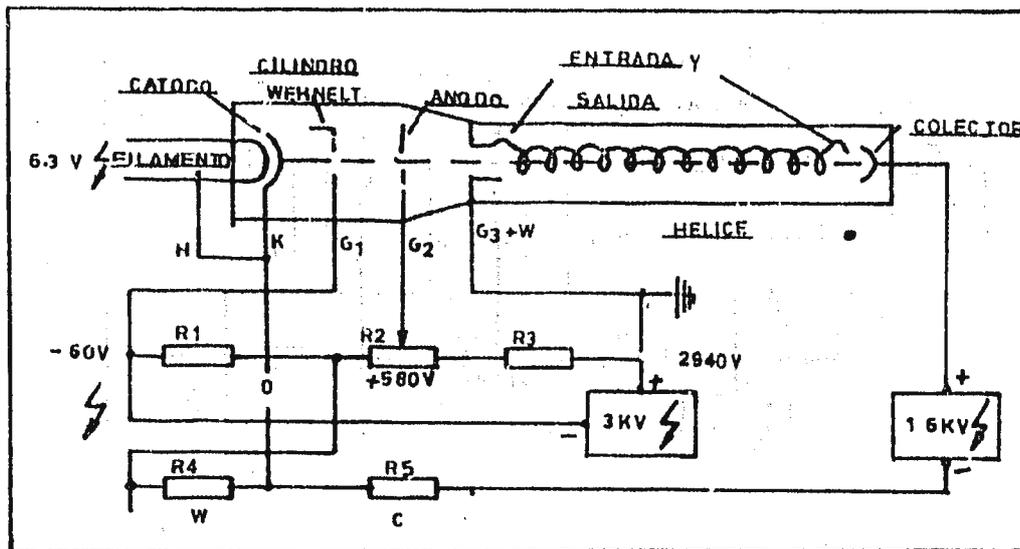


Fig. 3.2.24 Esquema del T.O.P.

El tubo de onda progresiva es en si un amplificador de potencia y actua en el rango de 5.8 a 8.5 GHz., entrega una potencia maxima de 15 Watts y minima de 10 Watts a lo largo del rango de funcionamiento. El tubo posee un sistema de generaci3n de haz electr3nico parecido al de un tubo de rayos cat3dicos. El ca3n de electrones con filamento est3 formado por el c3todo, el cilindro Wehnelt y el 3nodo - producen el haz electr3nico.

Su alta ganancia es debida a la interacci3n continua y acumulativa, y , su principal ventaja es su alta ganancia en una sola etapa.

La helice funciona como una l3nea de retardo; la helice lleva - en ambos extremos peque1as antenas en forma de espiras de acoplamiento las cuales penetran en las cavidades de las gu3as de onda, --- efectuando as3 el acoplamiento de entrada - salida, despu3s de la salida de la helice la aceleraci3n del haz disminuye rapidamente debido a la extracci3n de energ3a.

La energ3a restante del haz es entregada al colector C, el cual va provisto de aletas de refrigeraci3n para prevenir su calentamiento excesivo por la potencia disipada.

Seg3n las formas de onda mostradas en la figura 3.2.25 se pueden visualizar tres secciones de campo magn3tico.

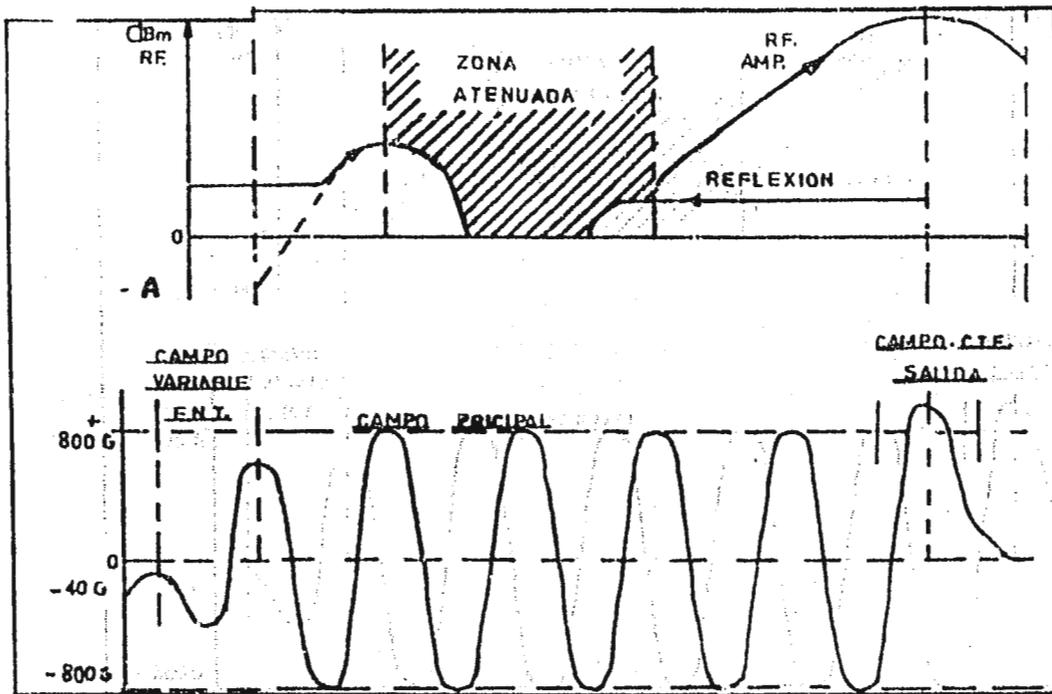


Fig. 3.2.25 Grafica del campo magnético y amplificador de RF.

- i) El campo variable de entrada de 40 Gauss, que cubre la cavidad del cátodo y sirve para la reducción del ruido.
- ii) El campo principal de 800 Gauss.
- iii) El campo constante de salida de 800 Gauss. Este campo evita que los electrones se dispersen en lugar de llegar al colector.

El criterio de ajuste para el campo variable de entrada se hace tomando en cuenta la corriente mínima de helice.

#### Amplificador de onda progresiva

Como se ha dicho el tubo de onda progresiva es excitado con una de las frecuencias del canal de RF entre 5.9 y 6.4 GHz. que provienen del mezclador. Pues este amplificador está unido al T.O.P. por medio de un tramo de guía de onda el cual esta formado por los siguientes componentes :

- 1.- Aislador unidireccional.
- 2.- Filtro de tres cavidades.
- 3.- Aislador unidireccional.

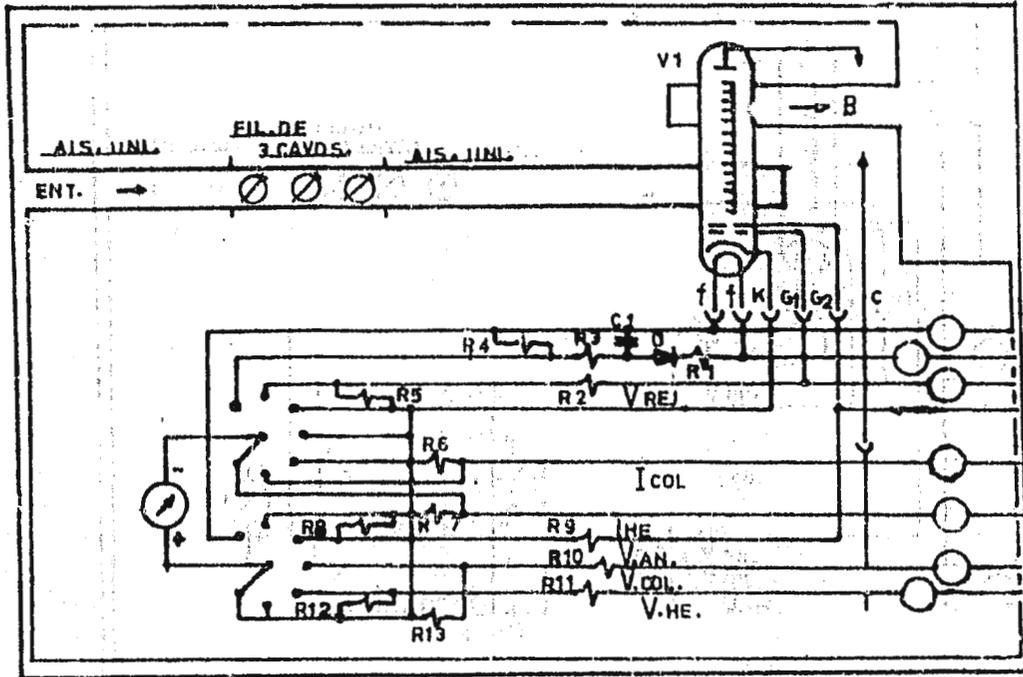


Fig. 3.2.26 Amplificador de onda progresiva.

Después de ser amplificada y medida en un indicador de potencia la frecuencia de transmisión sale del equipo a través de un aislador unidireccional, la guía de onda de salida alimenta a un transformador de paso, que adapta la sección estrecha a la sección ancha del filtro de 6 cavidades y del circulator en el alimentador de antena.

#### Aislador unidireccional.

Un aislador unidireccional es una guía de onda, la cual transmite la energía en un solo sentido. Este dispositivo es de gran utilidad, por ejemplo para aislar osciladores, mezcladores y amplificadores entre sí y de otros componentes.

La operación del aislador se basa en el efecto de resonancia del campo magnético con los átomos de la ferrita colocados dentro de la guía de onda, la cual se encuentra sometida a una magnetización

constante. La ferrita a pesar de su contenido metálico se comporta como dieléctrico no metálico, en los cuales las microondas penetran y establecen una interacción con los átomos de ferrita.

Si los campos magnéticos de las microondas giran en el sentido del spin de los electrones (sentido contrario a las manecillas del reloj) en la ferrita se produce una absorción por resonancia. Esta absorción da por resultado una pérdida de energía debido a la formación de calor y es independiente del tamaño de la ferrita y su magnetización. Se emplea solo una pieza de ferrita la cual se fija interiormente a la guía de onda y se magnetiza en forma heterogénea.

A pesar de que el campo magnético requerido crece aproximadamente con la frecuencia, mediante una rendija de aire, el campo heterogéneo y una sección de guía de onda (esta última muy reducida) se logra un mayor ancho de banda a una disminución del campo.

Mediante pequeñas piezas polares montadas en la guía de onda aumenta la ganancia del campo por la heterogeneidad en los lados de la ferrita, esto permite también reducir las dimensiones de la guía de onda.

#### Circulador en Y.

El circulador en Y es un elemento de guía de onda con un triángulo de compensación de tres conductos y un núcleo de ferrita, el cual está sometido a un campo magnético permanente.

En combinación con un filtro de varias cavidades el dispositivo referido se emplea como red separadora y sirve como interconexión de equipos de radio. En este dispositivo la onda magnética experimenta un giro de fase de 60° grados en las guías sin ferrita y la onda magnética un giro de 120° grados en las guías con ferrita.

En la figura 3.2.27 se muestran los aspectos físico e interno de un circulador en Y.

De la figura 3.2.27 B podemos decir que; una señal inyectada en A llega a B a través de la línea directa ( 1 ) pasando por la ferrita con un giro de 120° grados y a través de las vías ( 2 ) y ( 3 ) con un giro de 60° grados. Por consiguiente las dos señales llegan a B en fase y se suman  $U_1 + U_2 = U$ .

Cabe mencionar que una señal que entra por un conducto solo -- puede llegar en todo caso a un conducto adyacente.

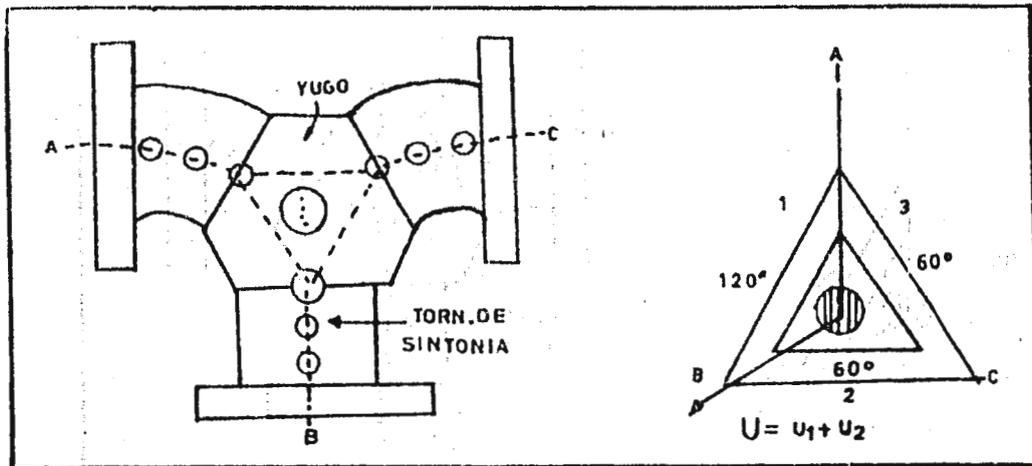


Fig. A. Aspecto físico de un circulator en Y.

Fig. B. Aspecto interno del circulator Y.

Fig. 3.2.27 Aspecto físico e interno de un circulator en Y.

### Filtro de tres cavidades.

Los filtros de tres cavidades sirven como redes pasabanda ancha en el rango de RF; deben cumplir requisitos como el de ancho de banda constante, atenuación en la banda pasante, reflexión y tiempo de retardo.

Estos dispositivos diseñados en forma de cavidades resonantes de media longitud de onda; están hechos de invar plateado y dotados de embolos de cuarzo capacitivo. El acoplamiento entre filtros se hace mediante diafragmas inductivos ranurados.

Tales dispositivos tienen aplicación como filtros pasabanda --- (filtros de 6 cavidades) ó como filtros pasa bajos sintonizados. Tal es el caso del filtro de tres cavidades a la entrada del tubo de onda progresiva; que en este caso están sintonizados en el rango de -- 5925 a 6425 MHz. o sea a la radio frecuencia RF.

Los filtros de tres cavidades de sección estrecha se intercalan como pasabajos entre los aisladores que preceden al modulador y siguen al T.O.P., a fin de suprimir la banda lateral no deseada; además se evita que frecuencias más elevadas sean amplificadas en el TOP.

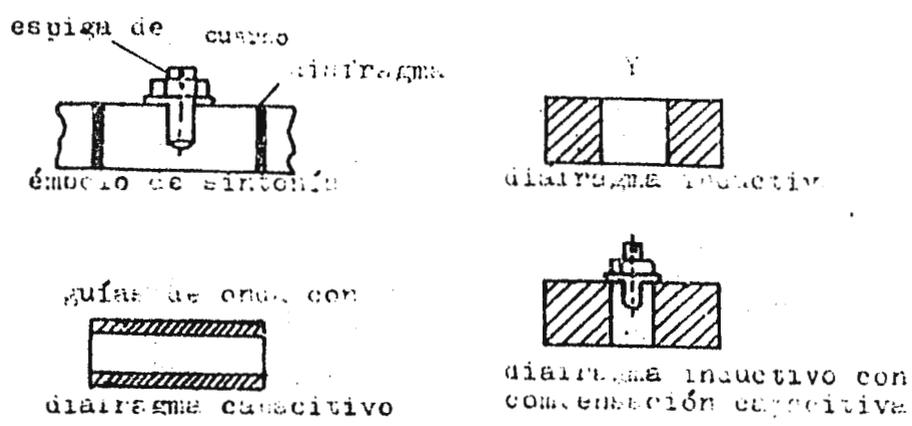


Fig. 3.2.28 Filtro de tres cavidades.

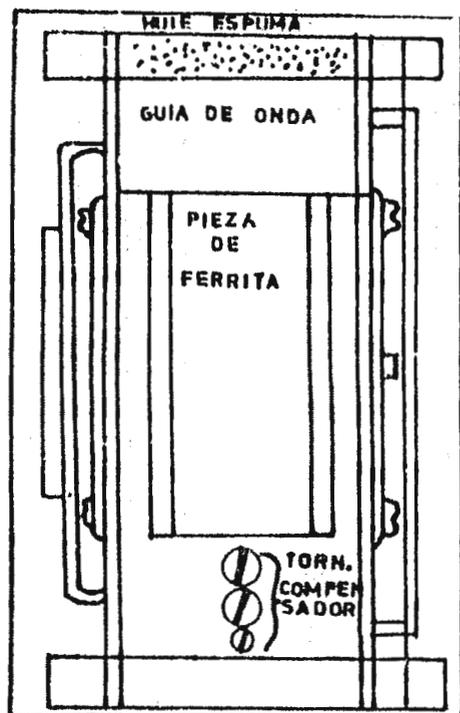


Fig. 3.2.29 Estructura de la guía de onda.

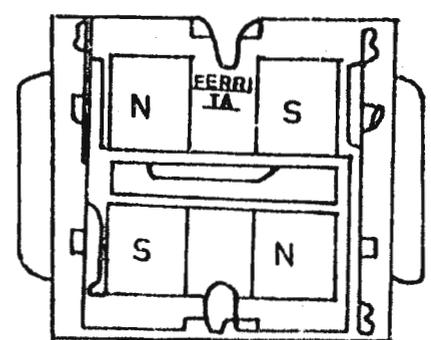


Fig. 3.2.30 Placa magnética.

### 3.3 Enlaces de U H F - V H F .

Los enlaces de UHF y VHF están íntimamente relacionados ya que solo cuentan con diferencias tales como : la capacidad de canales; por que en los enlaces de VHF se manejan bajas capacidades ( 2 a 5 canales ) y en los enlaces de UHF se pueden alcanzar capacidades de 72 -- canales; otra diferencia es la banda de frecuencia que el C C I R --- asigna a cada uno de estos enlaces para su propagación en el espacio libre, dichas bandas de frecuencia son para los enlaces de VHF van de 30 a 300 MHz. La banda para los enlace de UHF va de 300 a 3000 MHz.

La altura de la antena es un concepto muy importante ya que --- está directamente relacionado con el alcance de la comunicación. Cuando las antenas transmisora y receptora no quedan en línea de vista suele recurrirse a las señales de VHF y UHF por la facilidad de estas para reflejarse y refractarse en los obstáculos siguiendo una -- trayectoria un tanto curva que permiten alcanzar puntos situados por debajo del horizonte visual.

Los equipos usados para establecer algunos enlaces en la banda de VHF ó UHF usan modulación en ángulo, en algunas de sus versiones -- ya sea FM o PM y se pueden alcanzar distancias entre los 16 y los 80 Kmts. dependiendo de la potencia de salida del transmisor.

Entre las características de los enlaces de VHF y UHF se pueden mencionar las siguientes: en la banda de UHF hay menos interferencia por ruido externo y dado que se requiere una frecuencia de transmi-- sión que en las señales de VHF, se utiliza una antena mas chica. En la comunicación por VHF se requiere una antena un poco mas grande y la comunicación está mas expuesta a las interferencias externas.

Los sistemas de comunicación móvil, conocidos como radio siste-- mas móviles se establecen en alguna de las bandas de VHF ó UHF; aun-- que por conveniencia del servicio la mayoría ocupan la banda de ---- 150 - 174 MHz. y de 450 - 470 MHz.

Los sistemas de radio móvil se constituyen de una estación base y una o varias unidades móviles; la comunicación entre la estación -- base y la unidad móvil se puede llevar a cabo en 3 formas que se co-- nocen como : simplex, dúplex y semi-dúplex. en la forma simplex la co-- municación no es simultánea, es decir que cuando la estación base o -- la unidad móvil están transmitiendo, la otra no lo puede hacer hasta

que una de ellas deje de transmitir. En la forma duplex la comunicación es simultánea por que tanto la estación base como la unidad móvil pueden transmitir al mismo tiempo. En la forma semiduplex la estación base puede transmitir y recibir al mismo tiempo, pero la unidad móvil no lo puede hacer.

Para nuestro caso la estación base actua como centro de control y si hay necesidad de comunicación entre unidad móvil y unidad móvil la estación base actua como repetidora.

Desde el punto de vista práctico, los bloques que llevan a cabo los enlaces de VHF - UHF describirán el enlace UHF entre D.G.T.--- Rodano # 14 y CENACE. (ver figura 3.2.1 del subtema 3.2.).

El equipo que se usa es S I E M E N S es un equipo de radio en lace en la frecuencia de 400 MHz. con capacidad de 72 canales. La información a nivel de canales telefónicos que la D.G.T. entrega a la C.F.E. por medio de hilos físicos, se procesa en varios pasos de multiplexaje en un equipo V 72 F el cual junto con el FM 72/400 forman los equipos necesarios para establecer un radio enlace en la banda de UHF.

El equipo FM 72/400 forma la parte de radio y tiene la ventaja de que se puede usar en versión de estación base y tambien en unidades móviles.

En la parte de multiplex como ya se ha dicho el equipo es el -- V 72 F; en el cual la multiplexación se lleva a cabo de la siguiente forma. se forma un grupo de 12 canales cuyo ancho de banda se limita de 0.3 a 3.4 KHz. estos se modulan en forma común con la portadora de 48 KHz, con lo que se logra trasladar cada canal a la banda de 48 a 52 KHz. Después cada canal se modula con una portadora que va de 112, 116, 120,....., y 156 KHz. con lo que se obtiene un grupo denominado GRUPO BASE PRIMARIO ocupando la banda de 60 a 108 KHz. en esta banda se agrega la frecuencia piloto de grupo igual a 84.08 KHz.

Para llegar a la formación del GRUPO BASE SECUNDARIO se repite cinco veces el proceso de formación de grupo primario base, una vez que se tienen los cinco Grupos base primarios se modulan con una portadora que puede ser de 420, 468, 516, 564 ó 612 KHz. Los pasos hasta ahora descritos se pueden observar en la figura 3.3.1.

KHz.; en esta etapa se agrega la frecuencia de señalización fuera de banda que es de 51.825 KHz, y todavía a esta banda se le agrega la señal piloto de 84.08 KHz.

A la salida de esta unidad se obtiene un nivel de -36 dBm. el cual es apropiado para la entrada de la unidad transladora de grupo base primario.

Unidad transladora de grupo primario. Esta unidad se emplea para trasladar la señal multiplexada a grupo base secundario, por lo tanto es necesario contar con cinco unidades transladoras de grupo primario. Por la entrada F2 entra la banda de 60 a 108 KHz. con un nivel de -36 dBm. sobre una impedancia de 150 Ohms. Esta unidad cuenta con un modulador que translada los grupos primarios a la banda de grupo secundario de 312 a 552 KHz.

A cada grupo primario se le modula con una portadora preasignada la cual puede ser de 420, 468, 516, 564 y 612 KHz.

Una vez en la banda de 312 a 552 KHz. se le agrega la señal piloto de grupo base secundario que es de 411.92 KHz. La señal resultante de todos los pasos anteriores se denomina banda base (B/B); a la cual se le adiere la banda de 4 a 12 KHz. correspondiente a dos vías de servicio.

El equipo cuenta también con las unidades generadoras de portadora de canal, de grupo primario, de grupo secundario, de pilotos y sus respectivos filtros de limitación para dichos pilotos.

#### Equipo de radio enlace.

La señal proveniente de la parte de multiplex se somete a cada uno de los bloques mostrados en la figura 3.3.2 y de los que a continuación se dara una descripción.

VER FIGURA 3.3.2. EN LA SIGIENTE HOJA.

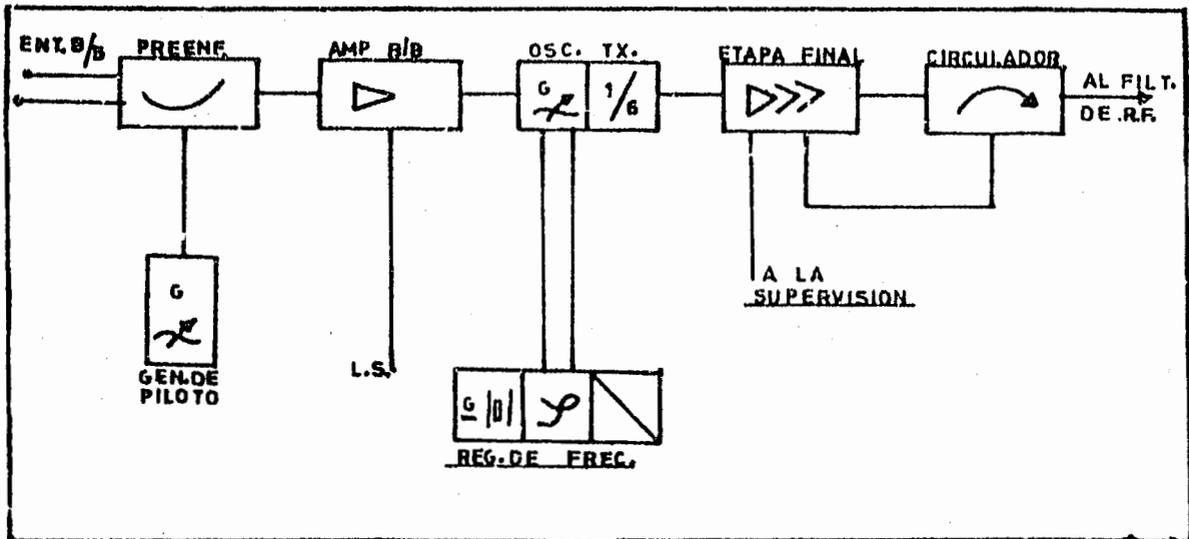


Fig. 3.3.2 Diagrama a bloques del transmisor.

Modulo de preenfasis.- En este circuito se aplica la señal de banda base la cual se amplifica y se preacentua con ayuda del circuito de preenfasis, es decir las frecuencias altas de la banda se elevan 8 dB. ( de acuerdo con el CCIR ) respecto a las frecuencias bajas, de esta manera se obtiene una señal a ruido casi uniforme en toda la gama de frecuencias de trabajo.

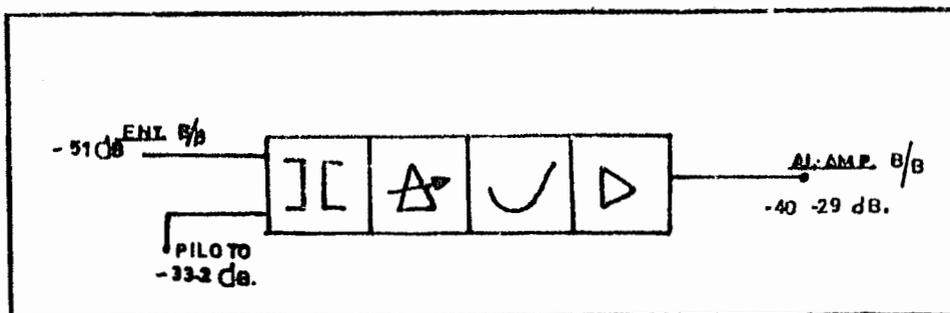


Fig. 3.3.3 Unidad de Preenfasis.

Por la entrada de esta unidad puede insertarse la señal piloto de 5 KHz. La figura 3.3.3 es una representación a bloques de la unidad de preenfasis.

Funcionamiento.- La señal proveniente del equipo multiplex pasa por el transformador U 40 el cual da simetría a la señal, además de un buen desacoplo entre la señal de banda base y la señal piloto de 5 KHz. La resistencia R13 del emisor de Q60 junto con las resistencias R9 y R10 dan la impedancia de salida de 150 Ohms con nivel de -29 a -40 dB. Ver diagrama en la pag. 87

La primera etapa amplificadora ( Q 60 ) trabaja en circuito de base común y la segunda ( Q 61 ) en emisor común. La ganancia total se ajusta con el potenciómetro 20, la tercera etapa formada por Q 63 nos permite obtener una tensión fija.

El circuito de preenfasis esta ajustado por las bobinas L42 y L43 dependiendo del servicio que se este explotando. La etapa de salida formada por el transistor Q 64 en configuración de colector común eleva la señal de banda base al nivel requerido en el amplificador de banda base.

Un circuito filtro formado por la resistencia R22 y el capacitor C49 se ocupa de aislar la señal de banda base de cualquier tensión externa.

#### AMPLIFICADOR DE BANDA BASE

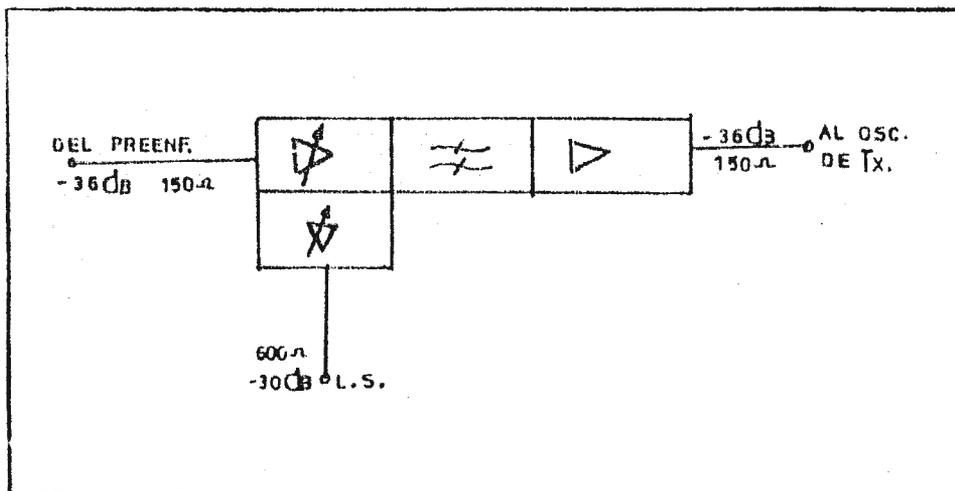


Fig. 3.3.4 Diagrama a bloques del amplificador de B/B.

En esta unidad se combina la señal de banda base con la de líneas de servicio IS, la señal combinada pasa luego por un filtro y se-

dirige a través de una unidad transformadora de impedancia al oscilador de transmisión,

La señal de línea de servicio pasa a la etapa amplificadora en el transistor Q 61 cuya ganancia se regula con el potenciómetro 18.- por otra parte la señal de banda base se amplifica en el transistor Q 62, en este la ganancia se regula con la resistencia R25. Con estas dos etapas de amplificación se pueden comenzar pendientes de modulación en los osciladores. Los filtros pasa bajos que siguen a los amplificadores tienen la misión de limitar la banda base a 312 KHz. y están formados en este caso por los capacitores C45 a C54 y las bobinas L36 y L37. Ver diagrama en la pag. 88

El transistor Q 63 actúa como transformador de impedancia de salida de  $Z = 150 \text{ OHms}$ .

### Oscilador de transmisión.

En este circuito se genera la frecuencia fundamental que es un sexto de la frecuencia de transmisión, y que es modulada en frecuencia por la señal de banda base.

Los dos multiplicadores conectados en seguida sextuplican la frecuencia del oscilador; después sigue un filtro pasa banda sintonizado a la radio frecuencia, en seguida un amplificador de RF que eleva la señal al nivel requerido para excitar el circuito de la etapa final. Debido a que la estabilidad de frecuencia del oscilador no es suficiente se cuenta con un circuito regulador de frecuencia.

La figura 3.3.5 muestra los bloques de oscilador de transmisión.

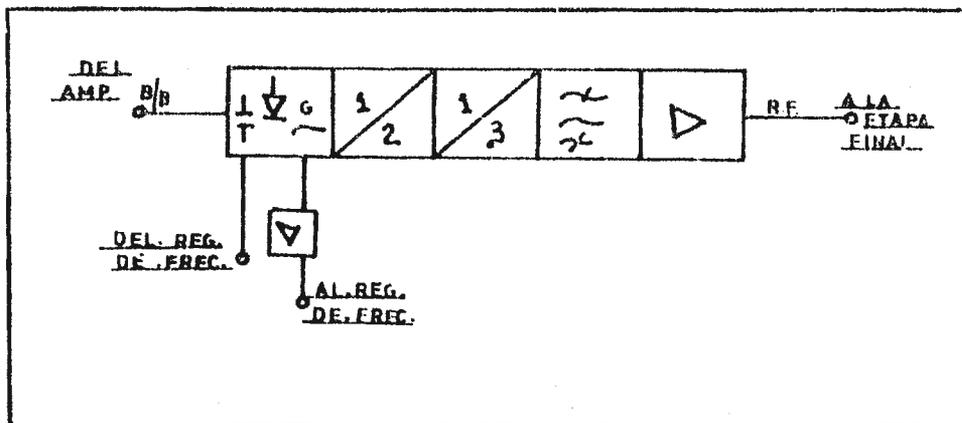


Fig. 3.3.5 Bloques del oscilador de transmisión.

El circuito del oscilador consta del transistor Q 115 y los --- componentes C72, 73, 75, 76 y 77 y las bobinas L50 y 51 y el diodo-- D 110, la frecuencia de resonancia es ajustable entre 57.5 y 75 MHz. para lo cual se puede valer de la inductancia L 50; la inductancia -- L 51 sirve para aumentar el margen de ajuste de frecuencia hasta los 78.33 MHz. Ver diagrama en la pag. 89

La banda base aplicada a través del filtro denominado filtro de lazo R16, C70 y C74, y la bobina L62 modulan en frecuencia al oscilador con ayuda del diodo D 110, este último es un diodo capacitivo de union P-N hiperabrupta, su característica de modulación está li--nealizada con los C72 y 73.

La pendiente de modulación que queda determinada por la rela---ción del condensador en paralelo C73 y el condensador en serie C71. - La señal de B/B actúa como tensión de excitación del diodo capacitivo de manera que este determina la frecuencia a modular; aunque esta tensión es solo una parte, pues la otra parte la constituye la ten--sión emitida por el regulador de frecuencia, estas dos frecuencias -- posteriormente se juntan en el filtro de lazo (R16, C70 y 74).

Una parte de las tensiones de armónicas aplicada a la base del transistor Q 115, se lleva por medio del capacitor separador C81 a - la base de la primera etapa dobladora Q 116; el circuito del colec--tor ( L53 y C83 ) está sintonizado al doble de la frecuencia del os--cilador; la tensión saliente se dirige por conducto del capacitor -- C84 llamado condensador de acoplamiento a la base del transistor --- Q 117 que es la etapa triplicadora, el colector de Q 117 trabaja so--bre la entrada del filtro pasabanda cuyos elementos son: L54, L55, - C86, C89 y C90 sintonizados a la radio frecuencia.

Los condensadores C86 y C90 sirven para ajuste de frecuencia; y el capacitor C89 sirve para ajuste de acoplamiento.

La salida del pasabanda está acoplada con el amplificador ( Q - 118 ), por lo tanto en este se puede ajustar su excitación por medio de C93; la salida de etapa entra a otro amplificador ( Q 119 ); este a su vez sirve de excitación a la etapa final.

Por medio de las inductancias L57 , L58 y los capacitores C107 y C108 se transforma la impedancia de salida del transistor Q 119 a la impedancia característica  $Z = 50$  Ohms.

### Etapa final.

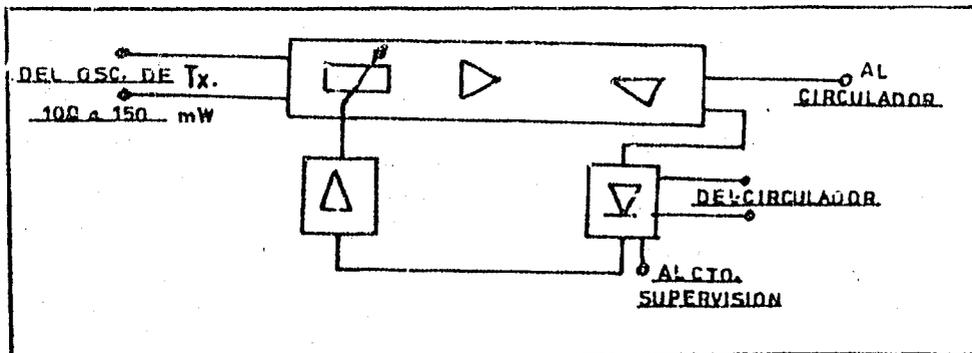


Fig. 3.3.6 Bloques de la etapa final.

La señal de RF que viene de la salida del oscilador de transmisión con una potencia de 100 mW, se aplica a la unidad de la etapa final la cual a la salida entrega una potencia de 10 Watts.

La entrada de la etapa final esta formada por un atenuador variable formado por las resistencias R14 y R15; sigue luego una etapa de regulación con un diodo PIN ( D 151 ) este diodo actua como resistencia de RF controlado por corriente continua, con la que puede ajustarse la excitación de la primera etapa amplificadora ( Q 143 ); las resistencias R21, 22, 23 y 25 en los circuitos de base y emisor de dicho transistor determinan su punto de trabajo.

El transistor Q 148 junto con las resistencia R23, 24, 26, 27 y R30 forman un circuito protector contra sobre tensiones para el transistor Q 143. Ver diagrama en la pag. 90

La siguiente etapa ( Q 144 ) usa como elementos de adaptación - las bobinas L73 y L74 y los capacitores C109 y C111; en el circuito de Q 144 los capacitores C113 y C114 se usan como elementos de desacoplo. Con las bobinas L78 y los capacitores C119 - C121 puede sintonizarse el colector de Q 144 para ajustar la adaptación a la entrada de la siguiente etapa Q 145. El circuito del colector de esta última etapa puede ajustarse con L82 y C131; con lo cual también se ajusta la adaptación de la salida hacia el siguiente paso que es el circula dor. Los transistores Q 146 y Q147 actuan como amplificadores de regulación en el modulo de supervisión, su ganancia puede regularse con el potenciómetro 48 de tal forma que a la salida se obtenga 10 W.

El circulator.- Este modulo consta de elementos sintonizados, -- un rectificador para supervisión del transmisor y del circulator propiamente dicho. Ver diagrama en la pag.91

La potencia de RF se conduce de la salida de la etapa final a -- la entrada del circulator por medio de un tramo de cable coaxial. -- Los capacitores C21 y C22 sirven para adaptar la salida de la etapa final a la entrada del circulator; la salida del circulator se adapta con los ajustes C25 y C26 al filtro de RF. En la tercera terminal del circulator esta aplicado un circuito absorbedor de 50 Ohms que -- sirve para consumir la potencia reflejada por el filtro de RF; este circuito se compone de la combinación de 6 resistencias ( R11 a R16 ) y puede cargarse con 2.6 Watts máximo.

En caso de falla en la salida de la etapa final, esta se refleja en el circuito absorbedor; ya que toda falla en la etapa final haría que la potencia reflejada por el filtro cargue a las resistencias del circuito absorbedor.

El filtro de RF.- Tanto en la transmisión como en la recepción se emplea un filtro de RF para mayor selectividad. Este filtro esta construido como filtro de 3 cavidades sintonizable por medio de un capacitor cilindrico; este capacitor cuenta con un ajuste fino y uno grueso con el fin de que las variaciones en toda la banda ( 230 a --- 400 MHz. ) sean lo mínimo posibles; en general de 20 %.

#### El receptor.

El receptor es el otro extremo que procesa la señal que capta -- la antena; la señal captada por la antena ~~después~~ pasa por el filtro de RF y de la salida de este filtro, la señal pasa por los bloques -- que se muestran en la figura 3.3.7.

De la figura podemos observar que la señal proveniente del filtro de RF pasa por el primer circuito que es un preamplificador con conversor de RF. El ruido del receptor esta determinado en primer lugar por el preamplificador; este es de bajo ruido, este preamplificador contiene también un modulador anular que desplaza la señal de RF a FI, la frecuencia de conversión es recibida del oscilador de recepción controlado por cristal. El oscilador receptor consta de un gene

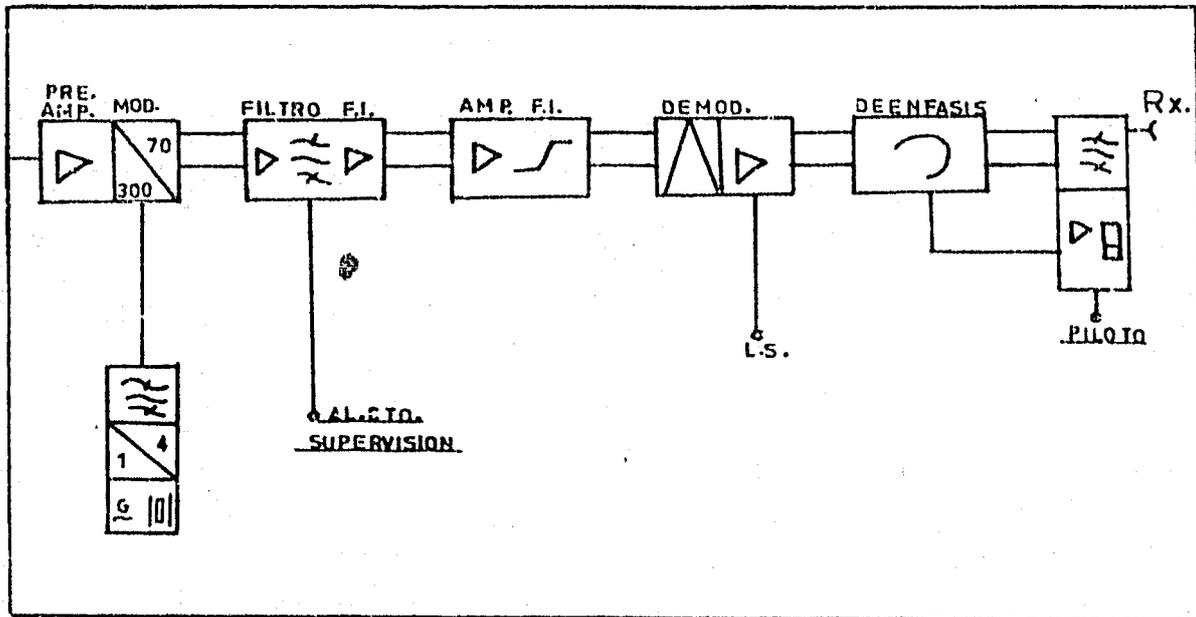


Fig. 3.3.7 Diagrama a bloques del receptor.

rador de cristal, dos etapas dobladoras y un filtro pasa banda para-suprimir las ondas espúreas (mezclando la señal de RF con la frecuencia del oscilador se produce la frecuencia intermedia FI.). El filtro de FI se encarga de obtener la selectividad de FI necesaria. El amplificador de FI amplifica la señal en su límite de amplitud; de la limitación en corriente se deriva una tensión continua que sirve para supervisar el nivel de la señal, lo cual se evalúa en un módulo de supervisión; si el nivel de la señal es bajo respecto a un valor nominal el circuito señala esta falla en forma óptica (LED) ó acústica (ZUMBADOR).

En el demodulador la señal de FI se translada a la frecuencia de banda base y se amplifica; la salida de esta unidad está conectada a la entrada de la unidad de deenfasis, donde se amplifica la banda base y se neutraliza la preacentuación realizada en el módulo de preenfasis; de manera que en la deenfasis quedan restablecidos todos los niveles de las diversas señales listas para demultiplexar. Hay un filtro que recorta en 3.4 KHz. el cual se encarga de suprimir la señal de las líneas de servicio.

Cuando el radio enlace se supervisa con una señal piloto, se conecta a la salida del modulo de deenfasis el receptor piloto; este receptor piloto contiene un réle que señaliza las variaciones de piloto en el rango de  $\pm 3$  dB. con respecto al valor nominal. El supresor de piloto de 5 KHz. suprime el piloto hacia el multiplex.

### 3.4 Sistema de comunicación móvil.

Los sistemas de comunicación móvil se llevan a cabo por medio de una estación base y una unidad móvil; este sistema es muy útil en caso de que se presente una anomalia en las líneas de transmisión de energía eléctrica, en este tipo de aplicación las unidades móviles -- transmiten o reciben mensaje de la estación base y asi se logra un eficiente servicio de reparación en caso de algun desperfecto. La -- figura 3.4.1 muestra una línea de transmisión dañada; a la cual hay que reparar.

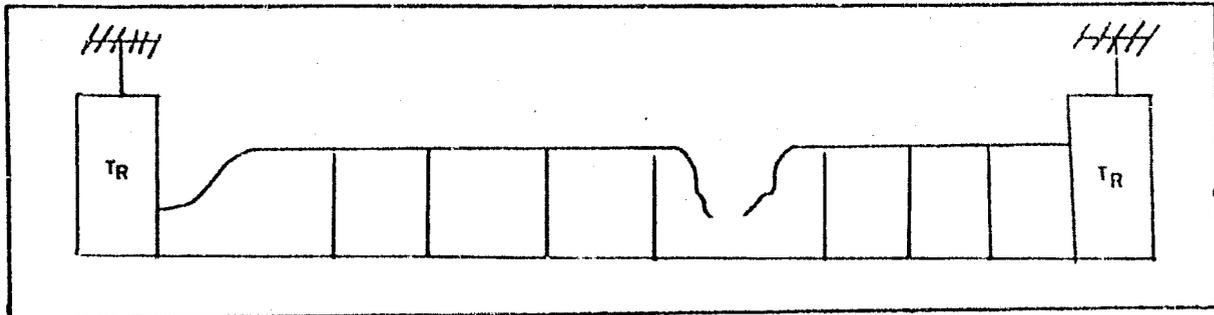


Fig. 3.4.1 Línea de transmisión dañada.

Como ya se dijo en párrafos anteriores el equipo de la estación base es el mismo que el descrito en el enlace de UHF. Por lo tanto pasaremos al análisis de las unidades móviles; cuyo diagrama a bloques es el que se muestra en la figura 3.4.2.

La unidad móvil que se describe es de la marca Motorola y tiene capacidad para cuatro frecuencias diferentes y en la práctica son -- las más usadas por la C.F.E.

Transmite y recibe en la gama de frecuencias de 136 a 174 MHz. y radian una potencia entre 30 y 45 Watts.

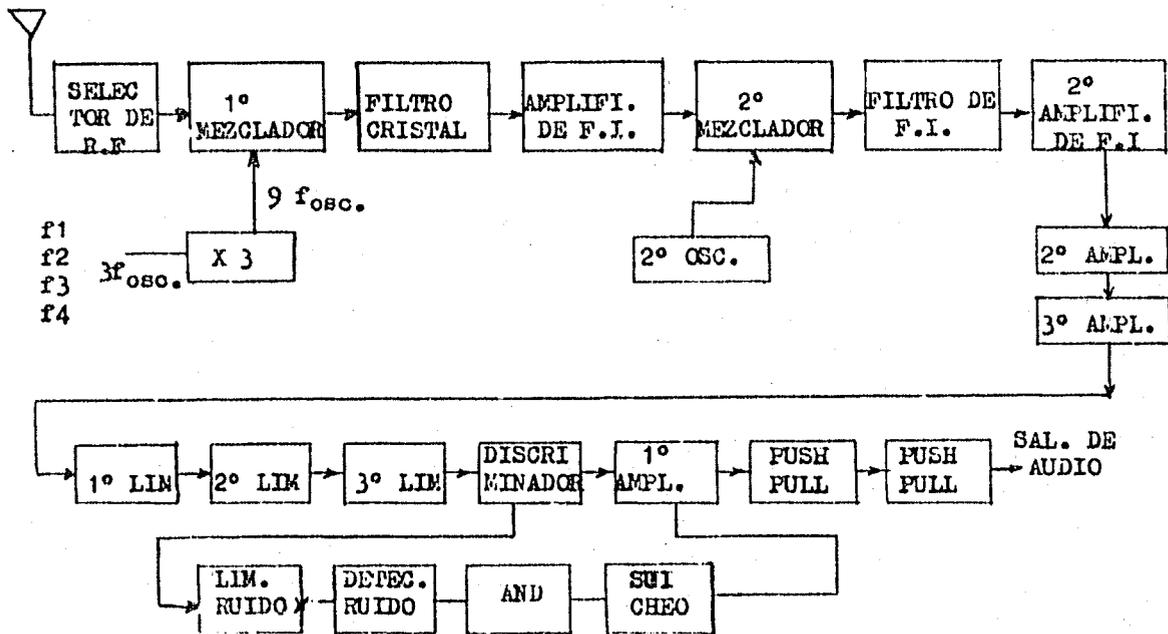


Fig. 3.4.2 Diagrama a bloques de una unidad móvil.

**AMPLIFICADOR DE RF.** - La ganancia de este es muy alta y el amplificador es de bajo ruido, lo cual nos permite una excelente relación señal a ruido; esta a su vez se obtiene por la selectividad de las bobinas y el buen acoplamiento entre los circuitos de entrada y de salida.

**OSCILADOR MULTIPLICADOR.** - Los osciladores generan una de las 4-frecuencias requeridas, las bobinas osciladoras son calentadas por un compensador de temperatura; con lo cual se consigue la estabilidad de frecuencia necesaria. La salida del oscilador alimenta a dos bobinas filtradoras que dejan pasar solo la 3ª armónica del oscilador a su vez la salida de estos circuitos alimentan la base del triplicador.

**TRIPLICADOR.** - Este circuito multiplica por 3 la señal que proviene de las bobinas filtradoras; la salida del multiplicador alimenta al mezclador.

**PRIMER MEZCLADOR.** - Este circuito consta de un transistor de efecto de campo el cual heterodina la señal del amplificador de RF con la señal del oscilador mezclador produciéndose así la primera frecuencia intermedia de 11.7 MHz.

La frecuencia del multiplicador menos la frecuencia de la portadora de RF es igual a la 1ª FI. La relación de frecuencias es como se muestra en seguida.

$$f_c - 9f_1 = 11.7 \text{ MHz.}$$

$f_c$  = Portadora de RF.

$f_1$  = Frec. de oscilación.

1º DE FI y 2º MEZCLADOR.- Este circuito consta de un filtro de cristal monolítico con dos circuitos sintonizados por medio de bobinas de poca pérdida; de manera que la salida del primer mezclador con frecuencia de 11.7 MHz. se combina con la frecuencia del oscilador local 11.245 MHz., entonces la diferencia de las dos frecuencias da por resultado la segunda frecuencia intermedia 2ª de FI igual a 455 KHz.

2º DE FI.- Hay un filtro que esta posterior al segundo amplificador de FI, que es el que determina la selectividad del ancho de banda que el receptor detectará; el filtro está sellado con polyes-ter permanente. La salida seleccionada del filtro se amplifica en los tres amplificadores de FI posteriores y la salida del último amplificador se dirige al primer limitador.

ETAPA LIMITADORA.- Las tres etapas limitadoras son amplificadores y compensadores diseñados para que cualquier cambio de la señal de entrada no produzca ningún cambio en la amplitud de la señal de salida; además de que la regulación del receptor es bastante aceptable, todos los limitadores estan en saturación todo el tiempo.

Cuando la señal es aplicada al primer N-P-N del primer limitador la base es polarizada negativamente respecto al emisor, esto da lugar a que la corriente de colector caiga a cero.

Cuando la señal es positiva, la corriente del colector aumenta hasta su valor máximo, lo cual quiere decir que la corriente de colector pasa de saturación a corte. La operación de los demas limitadores es la misma, excepto que el transistor es P-N-P y las señales de entrada son de polaridad inversa. La señal de salida de un limitador es una señal de amplitud constante.

DISCRIMINADOR.- El circuito discriminador es usado para recuperar la señal de audio a partir de la frecuencia intermedia de 455 KHz; el circuito es un diferenciador de fase operando arriba de los 90 ° grados y tiene una respuesta como la que se ilustra en la figura 3.4.3.

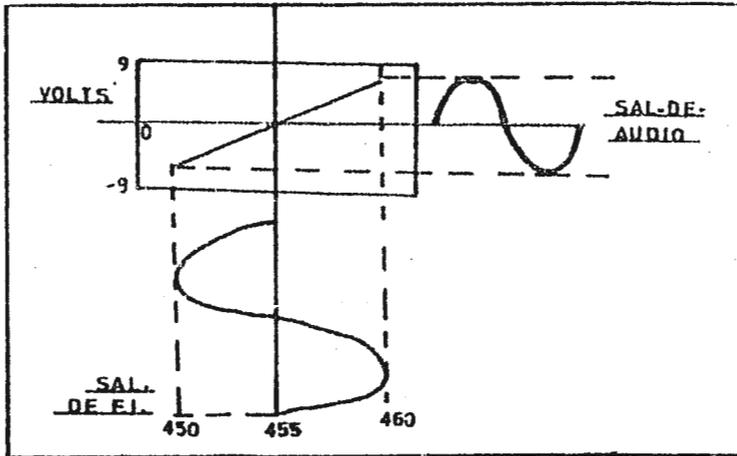


Fig. 3.4.3 Respuesta de un Discriminador.

La salida de audio se logra cuando ocurre la resonancia entre el primario y el secundario del transformador sintonizado.

**CIRCUITO DE AUDIO.-** La señal de audio que viene del discriminador es aceptada por la primera etapa de audio a través del control de volumen y el filtro pasa altas; el control de volumen varía el nivel de audio aplicado a la base del primer amplificador de audio, el filtro deja pasar el tono entre 300 y 3000 Hz. . Un capacitor en la base del transistor hace las veces de deenfasis provisto de 6 dB. -- por octava desde 300 a 3000 Hz. ; así que si la frecuencia que pasa por el capacitor crece la impedancia del mismo decrece, por lo tanto la señal resultante también sufre un decrecimiento en su amplitud. - La salida de audio del push pull al transformador de salida provee - 5 Watts, a 3 Ohms con una característica del 5% de distorsión en la banda de 300 a 3000 Hertz.

A continuación se muestran los diagramas de los circuitos del inciso 3.3..

UNIDAD DE PREENFASIS

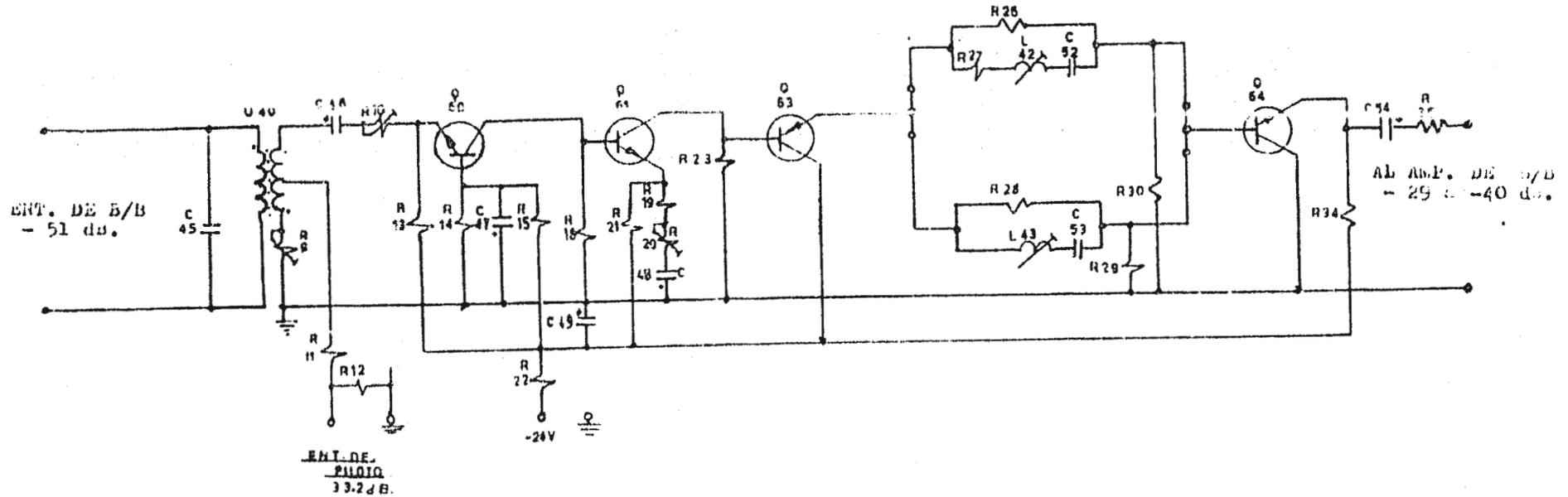
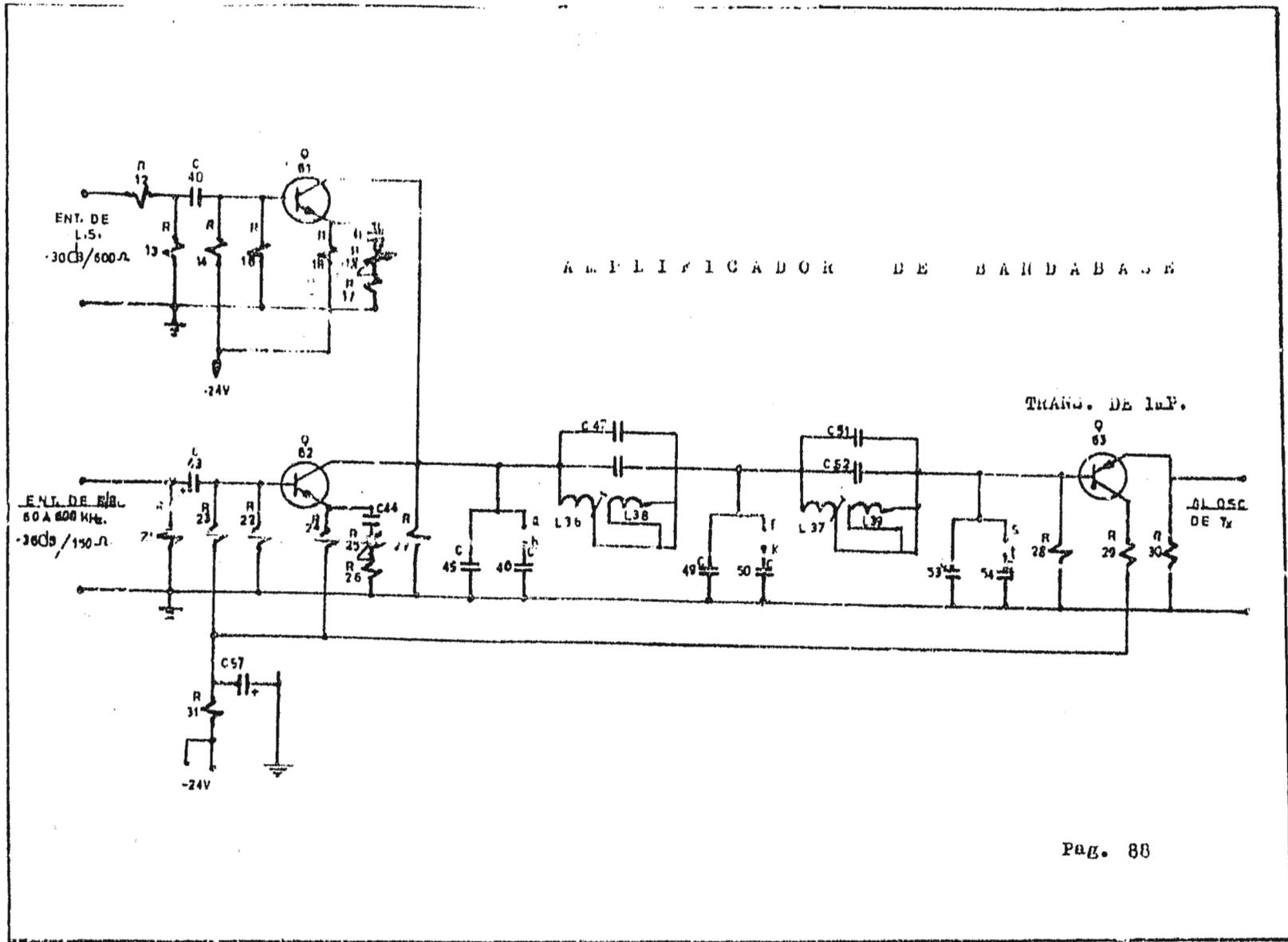
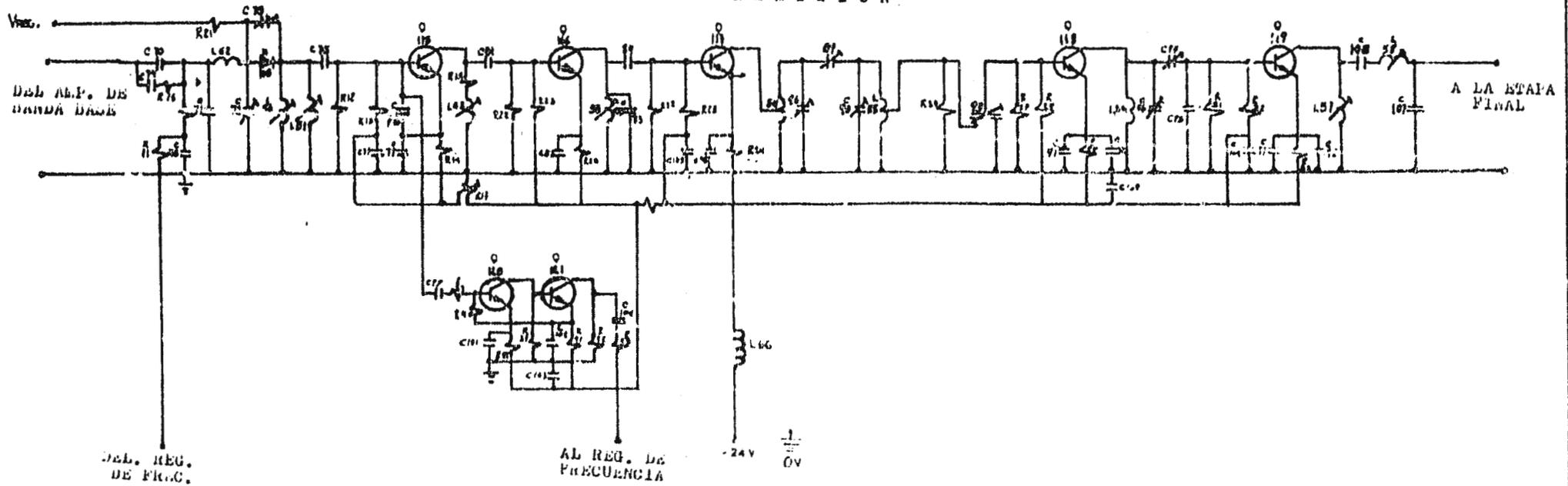


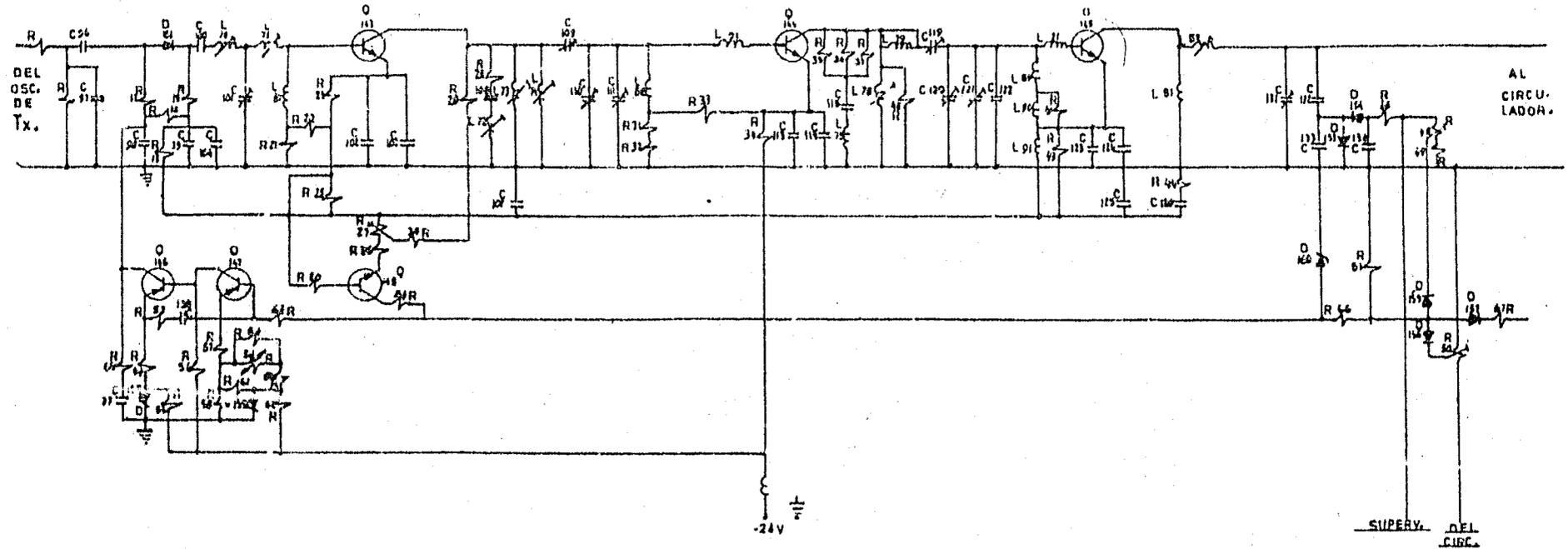
Fig. 87



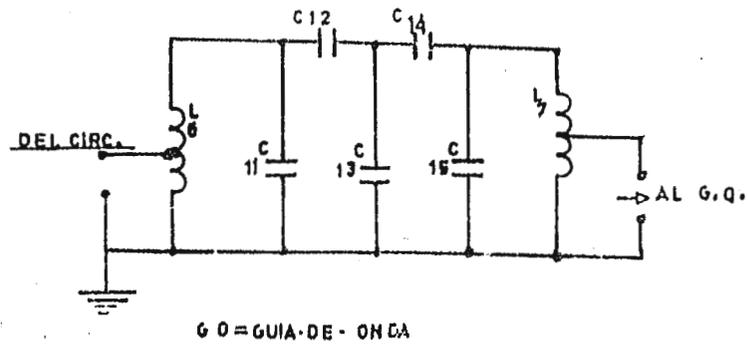
OSCILADOR DE TRANSMISION



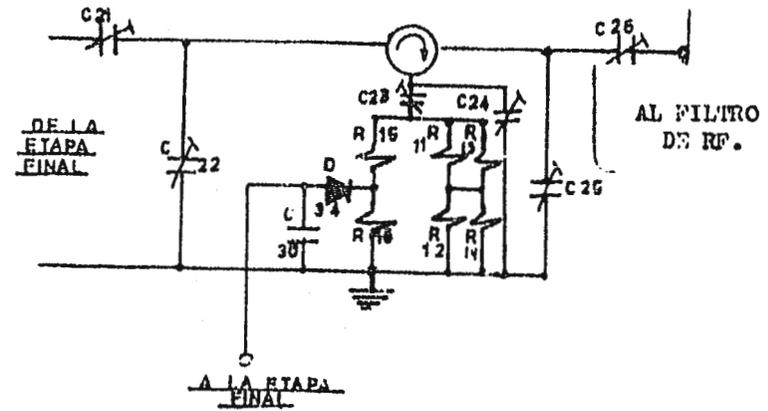
E T A P A F I N A L

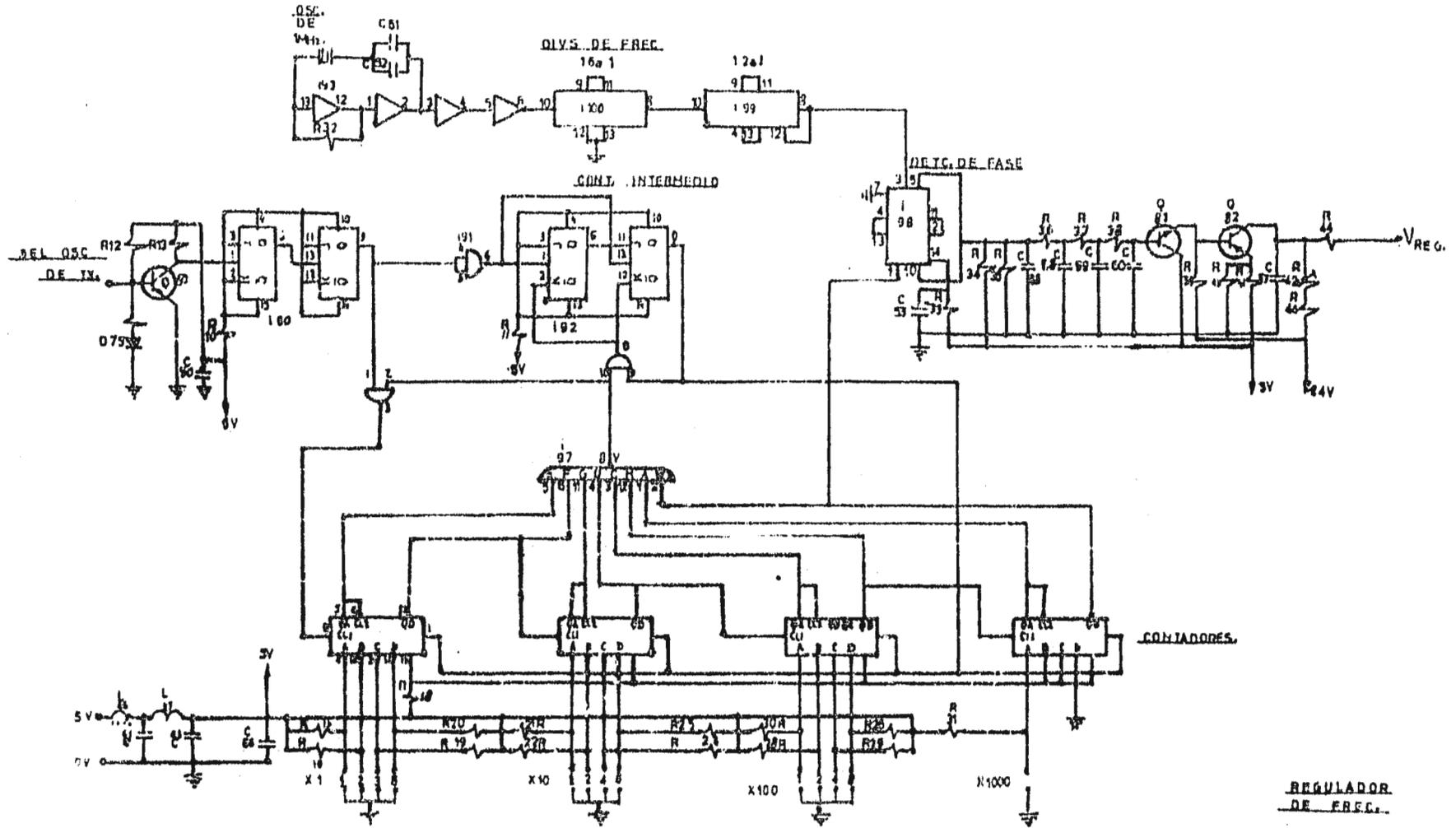


FILTRO DE R.F.



CIRCULADOR





## CAPITULO 4

### ANALISIS CUANTITATIVO DE LOS SISTEMAS DEL CAPITULO 3.

Para hacer el análisis comparativo en cuanto a cantidades de los sistemas que la C.F.E. tiene operando en la actualidad ; los cuales de una u otra forma intervienen para enlazar sus oficinas centrales ( Rodano # 14 y CENACE ) con el interior de la República; aprovechando que la propia C.F.E. para fines de control ha dividido el territorio nacional en ocho áreas, llamando a esta red de comunicación de la C.F.E.; dichas divisiones estan basadas en la importancia de cada área en cuanto a producción de la energía se refiere, dichas áreas se denominan como sigue :

- 1.- Area Baja California-----Mexicali.
- 2.- Area Noroeste -----Hermosillo.
- 3.- Area Norte -----Torreon.
- 4.- Area Noreste -----Monterrey.
- 5.- Area Occidental -----Guadalajara.
- 6.- Area Central -----Tuxtepec.
- 7.- Area Oriental -----Puebla.
- 8.- Area Peninsular -----Yucatan.

En la figura 4.1 se muestra un mapa ilustrando la distribución de las ocho áreas en el territorio nacional.

Ahora podemos pasar a ver cuantos enlaces tiene cada una de ellas; así como las unidades móviles y estaciones base en funcionamiento. Como ya se ha dicho en párrafos anteriores las unidades móviles se encargan del mantenimiento de las líneas de transmisión.

Por razones de limitación para extraer información al respecto, solo se describirá una de las ocho áreas; es decir se desglosa con lujo de detalle ya que como se ha dicho anteriormente estos enlaces son en la banda de VHF. Se ha seleccionado el área número 3 ( área norte ) para describir como se llevo a sacar el total de unidades en operación actualmente y además por que de la información recabada es la mas completa.

\* El área norte territorialmente se ilustra en la figura 4.1, -

- 1.- Area Baja California.
- 2.- Area Noroeste.
- 3.- Area Norte.
- 4.- Area Noroeste.
- 5.- Area Occidental.
- 6.- Area Central.
- 7.- Area Oriental.
- 8.- Area Peninsular.

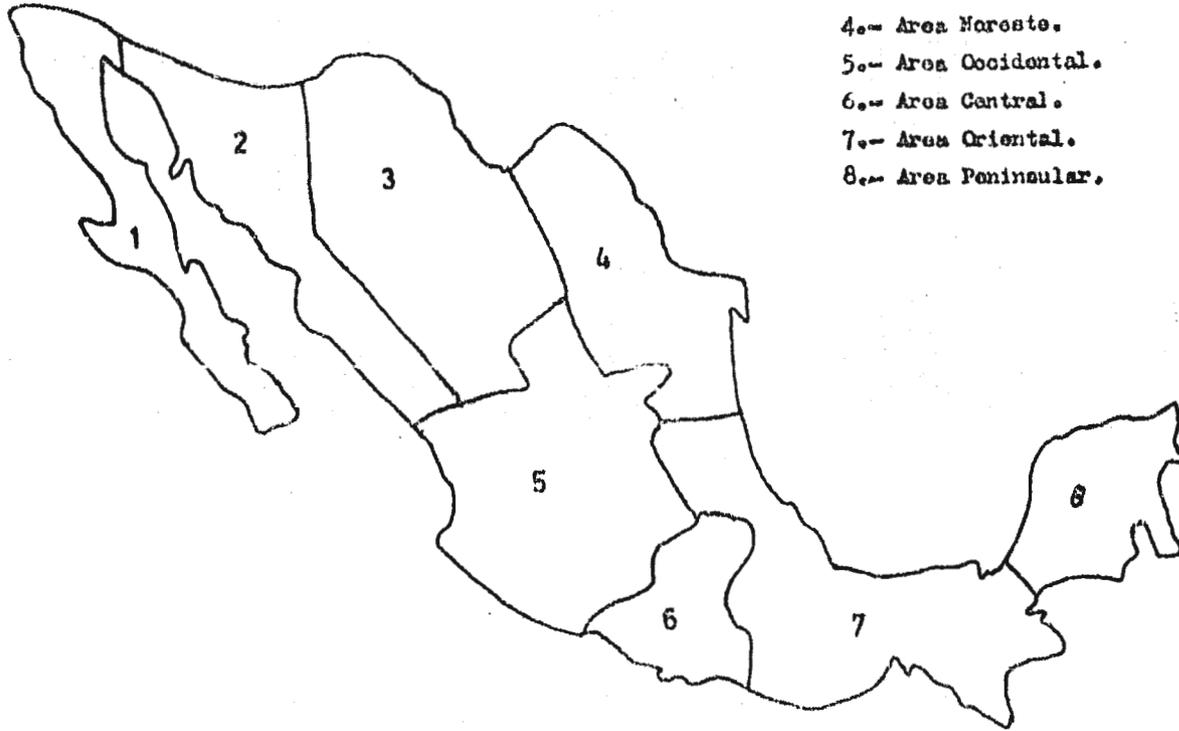


FIG. 41.

pero a continuación se describe su distribución así como sus enlaces y frecuencias :

Lugar.	Frc. de operación		Rad. Acon.		UN. Mov.	ES. B.
V. Ahumada Chi.	157.875	MHz.	175	Kmts.	30 (60W)	13
Malpaso Chi.	" "	"	"	"	10 "	8
La Cruz Camargo.	" "	"	"	"	12 "	5
Cerro del Mercado.	" "	"	"	"	25 "	8
Durango.	" "	"	"	"	10 "	3
Planta Frencko.	" "	"	"	"	21 "	10
Cerro Bola Chi.	158.825	"	"	"	30 "	15
La Cruz Camargo.	" "	"	"	"	12 "	6
Cerro del Mercado.	" "	"	"	"	25 "	8
Malpaso.	" "	"	"	"	10 "	8
Nodadores Coah.	" "	"	"	"	41 "	10
Parral.	" "	"	"	"	13 "	6
Santa Eulalia.	" "	"	"	"	32 "	10
Presidio.	" "	"	"	"	5 "	3
Cerro Meza.	" "	"	"	"	32 "	10
S.E. Camargo.	" "	"	"	"	6 "	1
Delicias.	" "	"	"	"	13 "	1
Agencia Madero.	" "	"	"	"	5 "	1
Ofc. Camargo.	" "	"	25	"	5 "	1
Ofc. Jiménez.	" "	"	"	"	5 "	1
Ofc. Parral.	" "	"	"	"	5 "	1

De tal manera que en el área norte tenemos un total de 328 unidades móviles transmitiendo con una potencia de 60 W., con un radio de acción de 175 Kmts. de acción, a partir de la estación base. Las 328 unidades móviles operan en conjunto con 128 estaciones base. Este conjunto de unidades móviles y estaciones base como ya se dijo, se encargan de la instalación y mantenimiento de las líneas de transmisión de energía eléctrica.

\* De la misma forma se obtuvieron los siguientes datos respecto a el área Baja California: Tiene en operación la cantidad de 415 unidades móviles radiando una potencia de salida de 60 W. con un radio de acción de 25 y 275 Kmts. a partir de la estación base; además de

las 73 unidades de las estaciones base; cuyo objetivo es el mismo -- que el del área norte.

\* El área noroeste ( Hermosillo ) cuenta con un total de 589 - unidades móviles y 358 estaciones base; cuyos objetivos son los mismos que las anteriores.

Esta área también tiene cuatro enlaces en la banda de UHF con 20 estaciones base en la misma banda.

\* En el área noreste ( Monterrey ) se encuentran operando 541 - unidades móviles y 153 estaciones base. Cuenta también con los siguientes enlaces en la banda de UHF :

Enlace entre DGT y Plta. Monterrey en la frec. de 957.8 MHz.

Enlace entre S.E. Huinala y la Plta. Monterrey en la frec. de 952.8-

Enlace entre S.E. Huinala y S.E. Escobedo Nuevo Leon en la frecuencia de 940.3 MHz.

Enlace entre S.E. Sn. Nicolas y S.E. Escobedo Nuevo Leon en la frecuencia de 935.3 MHz.

Enlace entre S.E. Escobedo y S.E. Villa Garcia Nuevo Leon en la frecuencia de 897.3 MHz.

\* En el área Occidental ( Guadalajara ) se encuentran operando un total de 445 unidades móviles que en conjunto con 64 estaciones - base se encargan del mantenimiento de las líneas de alta tensión.

\* En el área centro ( Taxqueña ) se cuenta con 714 unidades móviles, radiando una potencia de 60 W. y cubriendo un radio de 50 -- Kmts. a partir de la estación base que en total cuenta con 253; algunas de las cuales se encuentran entre las oficinas de Rodano # 14 y C.E.N.A.C.E..

\* En el área Oriental ( Puebla ) cuenta con 316 unidades móviles en conjunto con 83 estaciones base. La potencia de radiación y el radio de acción es el mismo que el anterior inciso.

\* En el área Peninsular ( Yucatan ) hay operando un total de -- 568 unidades móviles y 109 estaciones base, con las mismas características que las demás áreas.

Cabe aclarar que todos los enlaces son en VHF excepto especificaciones en casos que sea necesario.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES.

Antes de dar algo en concreto sobre los sistemas de comunicación que en capítulos anteriores se han analizado, veamos unos datos estadísticos de bastante interés y consideración para dar una conclusión.

Hasta 1979 el producto nacional bruto de energía era de 55735.3 GWh, los cuales son producidos de la forma que se ilustra en el siguiente cuadro; juntamente con el total de sus estaciones base y sus unidades móviles, que como se vio en el capítulo anterior son las encargadas de la supervisión de las líneas de transmisión.

Area	Ener. Pro. Neta.	Est. Base	Uní. Móviles
Baja californiá.	1758 GWh.	73	415
Area Noroeste.	4973 GWh.	358	589
Area Norte.	3813 GWh.	128	328
Area Noreste.	4411 GWh.	153	541
Area Occidental.	6266 GWh.	64	445
Area Central.	19525 GWh.	253	714
Area Oriental.	13700 GWh.	83	316
Area Peninsular.	872 GWh.	109	568
Pequeños Sis. Indep.	405 GWh.		

Todavía podemos hablar de otras divisiones de distribución, en las que se menciona la producción y distribución de la energía; así como las ventas de la misma, sin embargo para nuestro objetivo no es necesario entrar en detalles con relación a estas divisiones.

Entonces lo anterior relacionado con las áreas en que está dividida la República; y que como se dijo la división es con el fin de ilustrar la red de comunicación de la C.F.E.. Podemos observar que las áreas que requieren de mayor importancia por ser las que más mantenimiento necesitan y tienen que estar en contacto con las oficinas centrales; dichas áreas son : el área central y el área oriental.

Según indica el cuadro anterior de los 55735.3 GWh. producidos, el área central produce 19525 GWh. y el área oriental 13700 GWh.; ahora bien las dos áreas anteriores cuentan con los siguientes equipos; 714 unidades móviles y 316 unidades móviles respectivamente, en

cargadas de la reparación e instalación de las líneas de alta tensión. Las siguientes cantidades se refieren a las estaciones base 53 y 83 respectivamente, encargadas de transmitir datos al interior de la República o al CENACE; algunas solo actúan como repetidoras en enlaces de larga distancia.

Ahora bien las cantidades en total de las ocho áreas también se pueden extraer del cuadro anterior y son las siguientes; 3916 unidades móviles y 1221 estaciones base, estas últimas sin contar los enlaces de UHF que son doce, entre ellos el de CENACE a D.G.T.

Pues bien si en base a todos los datos anteriormente mencionados se tratara de elegir un sistema que ofreciera mayores ventajas - que los demás resultaría bastante difícil; ya que las comunicaciones móviles son muy útiles para el mantenimiento de las líneas de transmisión de energía, pero habría que tomar en cuenta que tanto las cantidades de producción como las de consumo deben llegar a CENACE. Entonces las microondas vía D.G.T. sería el más importante.

Por otra parte los enlaces de UHF y VHF que existen entre D.G.T Rodano # 14 y CENACE juegan un papel muy importante en que se logre o no que la información llegue a su objetivo.

Ahora que las comunicaciones sobre líneas de alta tensión ofrecen algunas ventajas al establecer un enlace entre subestaciones más o menos cercanas.

A fin de cuentas saca ligera ventaja el sistema de microondas - vía D.G.T. ya que usando la Red Federal de Microondas se pueden enlazar varias de sus áreas con su oficina matriz, como lo es CENACE.

Pero eso no es todo también podemos concluir que hablando estrictamente todos los sistemas de comunicación serían en microondas, ya que en la clasificación que la mayoría de los textos dice, las microondas empiezan desde la banda de VHF en adelante.

Respecto a la propagación para los diversos sistemas de comunicación, podemos decir que en todos los casos se emplea el espacio libre, es decir en la atmósfera. Excepto en el sistema de OP/AT.

Por otra parte si se hiciera una clasificación por la capacidad de canales disponibles tendríamos el siguiente orden :

- a) UHF.
- b) Microondas vía D.G.T.

- c) VHF.
- d) MOCOM. Comunicaciones móviles.
- e) OP/AT. Sobre líneas de alta tensión.

El orden mostrado es decreciente; podría preguntarse por que -- las microondas en segundo lugar, bueno pues simplemente por que la C.F.E. está restringida a las facilidades que la D.G.T. proporcione. Esto es la C.F.E. renta los canales que la D.G.T. este en posibilidad de dar concesión.

En los enlaces de UHF se pueden alcanzar capacidades hasta de -- 72 canales y dos vías de servicio en el rango de 300 a 3000 MHz.

Por lo que respecta a las microondas vía D.G.T. actualmente la C.F.E. tiene concesión de 23 circuitos distribuidos entre Guadalajara, Mexicali, Puebla, Hermosillo y Tlaxiaco.

En los enlaces de VHF se puede disponer de 5 a 6 canales más 2-vías de servicio en la banda de 30 a 300 MHz.

En los sistemas de OP/AT pueden localizarse de 3 a 5 frecuencias diferentes, al igual que en los sistemas móviles puede haber tres tipos de comunicación.

La principal desventaja de los sistemas de comunicación móvil -- es que no en todos los casos puede realizarse una comunicación bilateral, esto es transmitir y recibir simultáneamente.

Si hablamos de costos podemos decir que relativamente hay equanimidad de precios, pero en el caso de los sistemas de comunicación -- móvil estos requieren menos gasto; ya que solo necesitan una unidad-móvil y una estación base.

Para la C.F.E. le sería más conveniente invertir en su propia -- red de comunicación, en lugar de estar rentando canales de tiempo -- completo a la D.G.T. pero esto no es posible.

Podemos mencionar algunas ventajas en los diferentes sistemas.-- Los sistemas que transmiten en baja frecuencia están más expuestos a la interferencia del ruido externo; a la vez estos requieren de una-antena de mayor diámetro para lograr un enlace. Por el contrario entre mayor sea la frecuencia de transmisión la antena requerida es me- nor y menos ruido interfiere al sistema.

Para finalizar se han sintetizado los pasos que se siguen en -- cualquiera de los sistemas que se han descrito, dichos pasos son:

- 1.- Baja frecuencia - canal de 0.3 a 3.4 KHz.
- 2.- Frecuencia de pregrupo - modulación de 3 canales.
- 3.- Translación a frecuencia de grupo.
- 4.- Translación de grupo a supergrupo.
- 5.- Translación de supergrupo a banda base.
- 6.- Modulación de banda base a FI (por lo gral. de 70 MHz.).
- 7.- Translación de FI a RF. La banda de RF depende del enlace en que se este trabajando.
- 8.- Etapa amplificadora, es la etapa que amplifica la radiofrecuencia a una potencia predeterminada; 10 Watts en la mayoría de los casos, excepto para las unidades móviles- que es de 60 Watts.
- 9.-Tramo guía de onda hacia la antena; este cuenta con el -- circulator que actua como filtro en el transmisor y en el receptor.
- 10.-La antena propiamente dicha.

El esquema de la figura 5.1 es un bloque de los pasos anteriormente sintetizados.

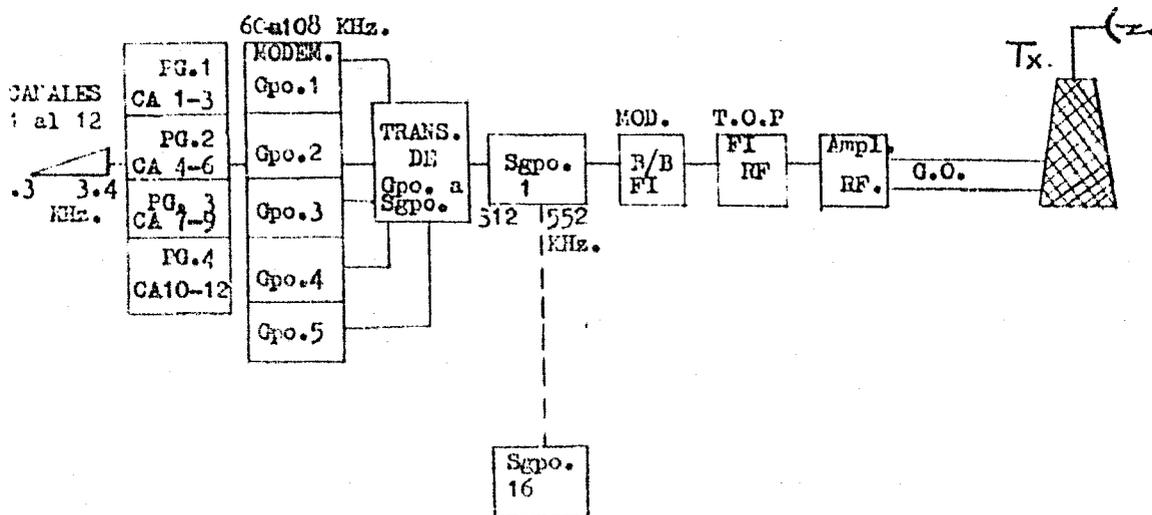


Fig. 5.1 Pasos requeridos para lograr un enlace

Todavía podemos simplificar más; si solo usamos bloques de los-

equipos necesarios para establecer un enlace de comunicación, tales-  
como los equipos de :

- 1.- Equipo Multiplex.
- 2.- Equipo Modem,
- 3.- Equipo de Radio.
- 4.- Antena.

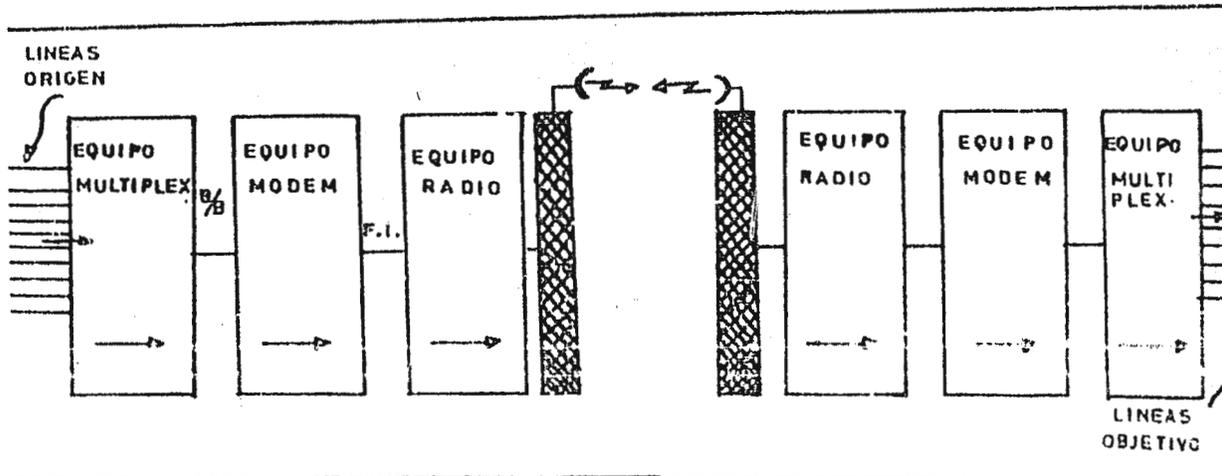


Fig. 5.2 Diagrama a bloques de un  
Transreceptor con los ==  
equipos necesarios.

ABREVIATURAS.

Ampl.	Amplificador.
B/B.	Banda base.
B.F.	Baja frecuencia.
C.	Velocidad de la luz.
ctms.	Centímetros.
C.A.	Capacitor de acoplamiento.
D.G.T.	Dirección Gral. de Telecoms.
d.	Distancia.
E.R.	Réle receptor.
Ent.	Entrada.
f.	Frecuencia.
Frec.	Frecuencia.
F.A.	Filtro de acoplamiento.
F.I.	Frecuencia intermedia.
Gen.	Generador.
Gr.	Diodo de Germanio.
G.O.	Guia de onda.
H.	Termistor.
Hib.	Algun dispositivo híbrido.
I reg.	Corriente de regulación.
Lo.	Pérdidas de propagación en el espacio libre.
L.P.F.	Filtro pasa bajo.
M.I.T.	Medición de corriente de transistor
M.N.F.I.	Medición de nivel de FI.
Mues/seg.	Muestras por segundo.
Mts.	Metros.
Mod.	Modulador.
Niv.	Nivel.
Osc.	Oscilador.
OP/AT.	Sistema de onda portadora por líneas de alta tensión.
P.F.I.	Portadora de frec. intermedia.
P.R.F.	Portadora de radio frecuencia.
Pil.	Piloto.

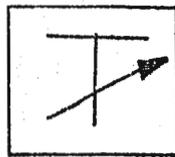
PG.	Pregrupo.
P.PG.	Portadora de pregrupo.
Port.	Portadora.
Rect.	Rectificador.
R.F.	Radio frecuencia.
Rx.	Receptor ó Recepción.
Sal.	Salida.
Selec.	Selector.
Tx.	Transmisor ó Transmisión.
T.O.	Trampa de onda.
T.O.P.	Tubo de onda progresiva.
Vreg.	Tensión de regulación.
W.	Velocidad angular = $2 \pi f$ .
U.	Transformador.
Z.	Impedancia.
.	Longitud de onda.



AMPLIFICADOR.



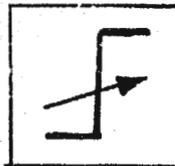
ATENUADOR FIJO.



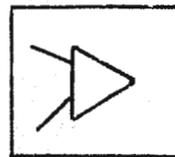
ATENUADOR VARIABLE.



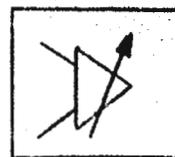
AMPLIFICADOR.



ATENUADOR VARIABLE.



AMPLIFICADOR.



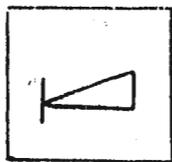
AMPLIFICADOR CON GANANCIA REGULABLE.



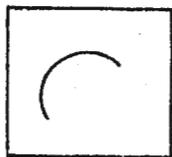
AISLADOR UNIDIRECCIONAL.



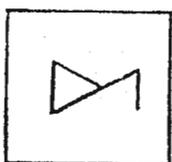
CIRCULADOR.



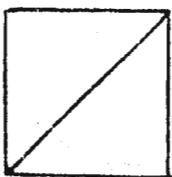
DEMODULADOR.



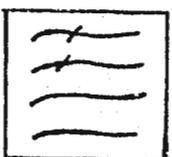
DEENFASIS.



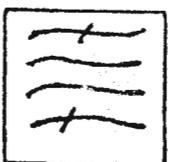
DIODO ZENER.



DIVISOR DE FRECUENCIA.



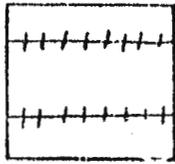
FILTRO PASA ALTAS.



FILTRO PASA BANDA.



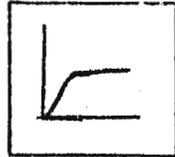
FILTRO PASA BAJAS.



FILTRO DE TRES CAVIDADES.



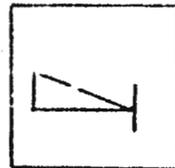
GENERADOR DE PILOTO.



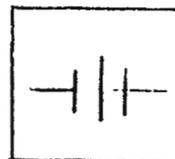
LIMITADOR.



MICROFONO.



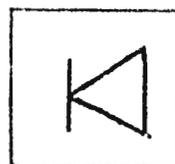
MODULADOR.



OSCILADOR.



PREEMFASIS.



RECTIFICADOR.

## B I B L I O G R A F I A .

- \* SISTEMAS DE COMUNICACION : B.P. LATHI.
- \* TRANSMISION DE DATOS : Cornelio Robledo Sosa.
- \* EQUIPOS DE COMUNICACION : Siemens ( VHF ).
- \* SISTEMAS DE COMUNICACION OP/AT.
- \* COMMUNICATION SYSTEM ENGINEERING HANDBOOK.  
Donal H. Hansher.
- \* EQUIPOS DE COMUNICACION UHF. NIPON ELECTRY COMPANY (NEC).
- \* OUTLINE OF VHF/UHF SISTEM AND RADIO LINK DISIGN. ( N E C ).
- \* COMUNICACIONES MOVILES : Motorola.
- \* PROPAGACION DE LAS MICROONDAS : D.G.T.
- \* EQUIPOS PARA MICROONDAS : ( S E L ).
- \* EQUIPOS PARA MICROONDAS : ( N E C ).
- \* LAS COMUNICACIONES EN LA INGENIERIA : Allenb. Rosentein.
- \* LAS TELECOMUNICACIONES Y LA COMPUTADORA : James Martin.