

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
Facultad de Ingeniería



DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA  
DE CONMUTACION SEMIELECTRONICO

**T R A B A J O**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N

DAVID JIMENEZ BARRON

ERNESTO ANDRES CASAS ESCAMILLA .

HUGO FRANCISCO LOPEZ HERRERA

ISAAC RYC LEVINATTE

PEDRO MANUEL LEON GARCIA DE ALBA

RICARDO TAPIA RUIZ

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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## SEMINARIO DE COMUNICACIONES

### DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE CONMUTACION SEMIELECTRONICO

	Pag.
I.-INTRODUCCION . . . . .	1
II.-CONCEPTOS BASICOS . . . . .	4
2-1.-Circuitos Telefónicos . . . . .	4
2-1-1.-Conversación . . . . .	4
2-1-2.-Señalización . . . . .	14
2-2.-Sistemas de Conmutación . . . . .	25
2-2-1.-Manuales (electromecánicos) . . . . .	28
2-2-2.-Automáticos . . . . .	31
2-2-2a.-Electromecánicos . . . . .	31
2-2-2b.-Semielectrónicos . . . . .	41
2-2-2c.-Electrónicos . . . . .	44
III.-DISEÑO . . . . .	65
3-1.-Planteamiento del Problema . . . . .	65
3-1-1.-Diagrama de Bloques . . . . .	65
3-1-2.-Explicación del Diagrama de Bloques . . . . .	67
3-2.-Circuitos Lógicos . . . . .	70
3-3.-Cálculos . . . . .	80
IV.-REALIZACIÓN DEL PROYECTO . . . . .	117
4-1.-Detalles del Montaje . . . . .	117
4-2.-Especificaciones . . . . .	122
V.-CONCLUSIONES . . . . .	124

## I.-INTRODUCCION

### El Desarrollo Telefónico

Marcando el número telefónico de un vecino o de un amigo de una ciudad distante, la comunicación es inmediata. Pocos de nosotros estamos enterados de la complejidad de esa comunicación.

Marcando 7 dígitos comunicamos nuestro teléfono con uno de los varios millones de líneas locales. Marcando de 10 a 12 dígitos -- comunicamos nuestro teléfono con alguno de los millones de abonados a través del País. Finalmente marcando 15 dígitos será posible llegar a todos los teléfonos del mundo. Tan maravillosas comunicaciones son posibles gracias al desarrollo de un sistema de conmutación electromecánico y electrónico muy complejo.

El rápido desarrollo del sistema telefónico ha creado demandas adicionales de comunicaciones debido al desarrollo de sistemas -- sofisticados, tales como el teletipo, facsimil, data y televisión que usan la red telefónica.

En breve tiempo, el crecimiento de toda la comunicación media afectará directamente el crecimiento de los sistemas telefónicos.

La tabla muestra el desarrollo del sistema telefónico durante la década pasada.

Teléfonos en servicio a través del mundo

Ciudad	1959	1968	Incremento
Estados Unidos	66 645 000	103 759 000	55%
Japón	4 334 600	18 216 767	320%
Reino Unido	7 525 000	12 099 000	61%

Ciudad	1959	1968	Incremento
Alemania			
Oriental	5 090 100	10 321 281	103%
Canáda	5 122 500	8 358 476	64%
Italia	3 182 500	7 057 187	89%
Francia	3 703 600	6 999 621	89%
TOTAL	124 800 000	222 400 000	78%

Como se puede ver éstas estadísticas hablan por sí solas y por parecernos tan importantes las comunicaciones telefónicas es que deseamos elaborar un sistema de conmutación automática.

#### Breve Panorama de la Tesis

Con el deseo de idear y realizar algo original y propio dentro de la Ingeniería de Comunicaciones Telefónicas se optó por crear un sistema de conmutación semielectrónico para uso didáctico y -- dentro de nuestras posibilidades.

Con los conocimientos obtenidos previamente a la tesis en nuestros cursos de comunicaciones y electrónica se procedió paso por paso a la elaboración de ésta.

En base al funcionamiento de un sistema telefónico electromecánico automático reducido a solo 10 abonados se razonó cada una de sus etapas de funcionamiento, tales como; conversación, señalización, etc. Se trató y se logró substituir casi todas y cada una de ellas por dispositivos electrónicos digitales discretos (compuertas, astables, etc.) cuyo funcionamiento es análogo .....

al funcionamiento de dispositivos electromecánicos (relevadores y switcheo en general).

Primeramente hubo que entender el funcionamiento de un conmutador desde lo más elemental y sencillo asimismo recopilando información acerca del mismo, ésto se logro llevando a cabo visitas a conmutadores instalados y en pleno funcionamiento.

Con toda la información obtenida acerca de conmutadores se sugiere que el sistema a hacer sea lo más sencillo posible, económico y con componentes fáciles de conseguir en nuestro mercado.

Se pensó en un principio que tal vez los circuitos integrados que es lo más moderno en la actualidad dentro del area electrónica nos prestarían su valiosa ayuda a la implementación de nuestro sistema, pero debido a la gran dificultad para conseguirlos en nuestro mercado se debió descartar esa posibilidad quedando como recurso inmediato para la construcción del conmutador la utilización de transistores (solamente AC128 y equivalentes para poca salida y AC 188 y equivalentes para salida de potencia) de los más comunes en el mercado.

Pero como se dijo en un principio de éste Breve Panorama la realización de éste proyecto solo fue posible con ... el conocimiento previo de nociones elementales de telefonía y comunicaciones.

## II.-CONCEPTOS BASICOS

### 2-1.-Circuitos Telefónicos

#### 2-1-1.-Conversación

Aquí trataremos de mostrar el funcionamiento elemental telefónico.

Un circuito telefónico básico está constituido por un aurifono y un micrófono en serie, tanto en el lado transmisor como en el receptor, con una línea uniendo ambos extremos.

Si los micrófonos son de carbón, deberán estar alimentados por una fuente de corriente directa. Actualmente, esta última es común a ambos abonados y se encuentra en una central desde donde son alimentadas todas las líneas que enlezan a una cierta zona.

El micrófono de gránulos de carbón (que se emplea casi exclusivamente en telefonía) tiene como función, convertir energía acústica (voz o sonido) en energía eléctrica.

El principio de funcionamiento del micrófono de gránulos de carbón se basa en el hecho de que la resistencia de un conductor es inversamente proporcional al área del conductor.



Si dos partículas de carbón están en contacto, ofrecen una cierta resistencia al paso de la corriente; tal resistencia puede variar si se varía la superficie de unión entre ambas.

Esto puede lograrse comprimiendo con más o menos fuerza las partículas (Fig. 1).



Fig. 1

Partículas  
Seltas.

Partículas sometidas a  
poca presión.

Partículas sometidas a  
gran presión.

Por lo tanto, si se toma un recipiente cilíndrico de tapas metálicas y paredes laterales aislantes y se le llena de granos de carbón.

Las presiones variables originadas por las ondas sonoras hacen que varíe la resistencia de contacto de los granos de carbón, lo que origina una variación de corriente en el circuito de la Fig. 2

El voltaje en la resistencia ( $R_L$ ) será en teoría proporcional a la corriente y ésta a su vez proporcional a la energía acústica recibida (Fig. 3)

En la Fig. 3, (a) y (b), se puede ver que cuando no recibe sonido el micrófono, la corriente que circula en el circuito .....

de la Fig. 2, es corriente directa; en el momento que se produce

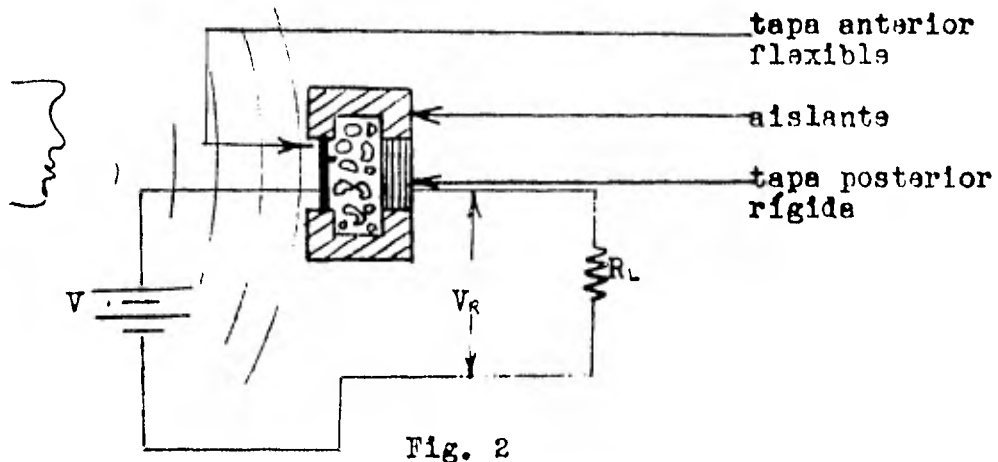


Fig. 2

un sonido frente al micrófono, se originan variaciones de corriente en el circuito.

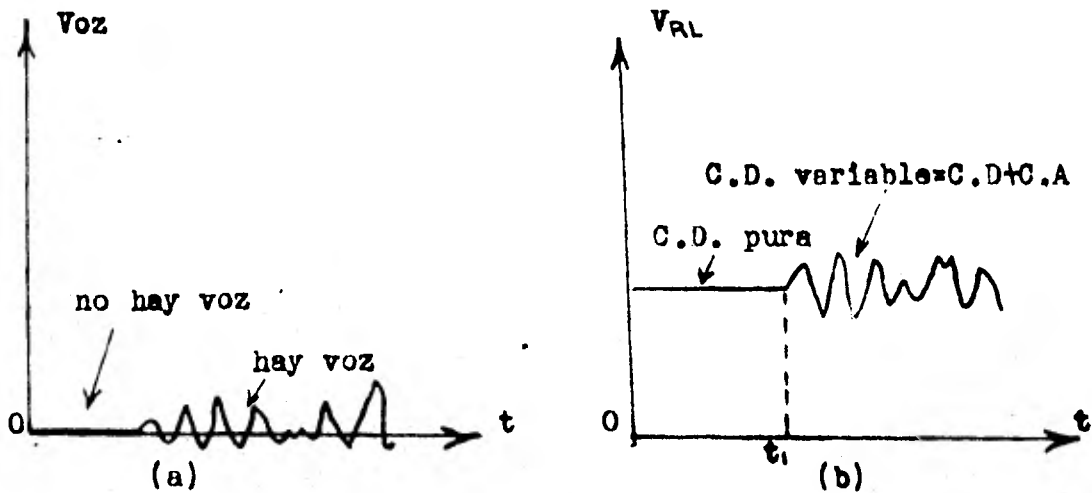
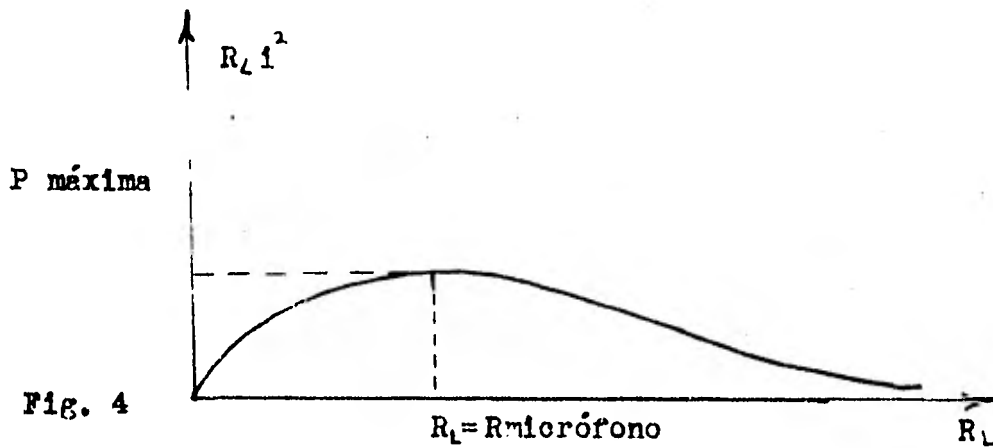


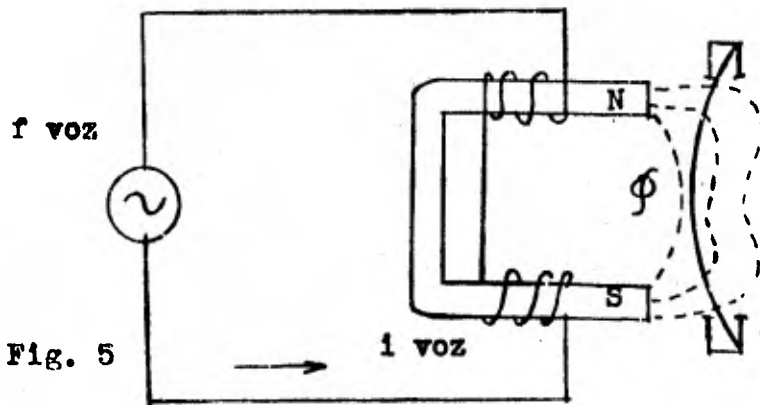
Fig. 3

La resistencia ( $R_L$ ) es la que recibe la información originada por la voz.

Con base en el teorema de la Máxima Transferencia de Energía, podemos decir que la resistencia ( $R_L$ ), de la Fig. 2 recibirá la máxima energía cuando sea igual a la resistencia del micrófono Fig. 4



El audífono a su vez se encuentra esquematizado en la fig. 5 éste audífono es de funcionamiento electromagnético.



La ecuación de la corriente de voz es:

$$i_{voz} = I_m \text{ sen } \omega_r t$$

El flujo magnético que atrae al diafragma tiene dos componentes:

$\phi_0$  = flujo constante del imán permanente

$\phi_i$  = flujo variable producido por la corriente de la voz.

Los dos flujos se suman:  $\phi = \phi_0 + \phi_i$

Pero  $\phi_i = C I \text{ sen } \omega_r t$   $C = \text{constante}$

La fuerza ejercida por los campos sobre el diafragma es:

$$F = k \phi^2 = k [\phi_0 + C I_m \text{ sen } \omega_r t]^2$$

Desarrollando la ecuación anterior:

$$F = k \phi_0^2 + 2kC \phi_0 I_m \text{ sen } \omega_r t + kC^2 I_m^2 \text{ sen}^2 \omega_r t$$

$$F = K \phi^2 + \frac{K^2 I_m^2}{2} - \frac{K^2 I_m^2 \cos 2\omega t}{2} - 2K C \phi_0 I_m \sin \omega t$$

Por lo tanto:

$$\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$$

Recordemos que:

La ecuación anterior muestra que la fuerza sobre el diafragma y por consiguiente el sonido, no es proporcional a la corriente, sino que hay un término de segunda armónica que puede encurtirse aumentando el valor de los otros términos. Esto último se logra aumentando  $\phi_0$  con el uso de linternas permanentes más grandes.

Con este breve repaso sobre nociones del micrófono y del audífono continuaremos analizando los diversos tipos de circuitos tele-

fónicos básicos tratados al principio de este tema.

Analicemos brevemente los circuitos representados en las figs.

6 a 16

a) En la fig. 6 el audífono sirve también como micrófono y la transmisión es buena solo a cortas distancias.

b) En la fig. 7 se obtienen resultados similares, solo que el volumen de sonido obtenido es menor debido a que el voltaje generado en un audífono se divide entre cuatro.

c) En la fig. 8 Micrófono y Audífono en serie, alimentando el circuito con una batería de 6 volts. Con este sistema se pueden cubrir ya distancias considerables.

d) En la fig. 9 la batería en paralelo con los demás aparatos ofrece un camino de baja impedancia a la señal de corriente alterna y esta nunca llega al otro lado de la línea, por lo que el ...

corriente directa pasa por los audífonos, desperdiciándose  
mente.

e) Fig. 10 Se conectan bobinas en serie con la batería para que no pase corriente de voz por ahí sino que siga hasta el receptor. Esta conexión tiene la desventaja de que las dos corrientes de alimentación pasan por la misma bobina ocasionando doble caída de voltaje de directa, con lo que se reduce la alimentación a los micrófonos.

f) En la Fig. 11 se han conectado bobinas de alimentación individuales para cada abonado, con lo que se soluciona el problema de la pérdida de voltaje, pero ahora la corriente de voz pasa al otro lado por efecto de transformador, con lo que se ocasionan pérdidas en las resistencias de los devanados, que es de 400 ohms por cada bobina.

g) En la Fig. 12 se puentean las bobinas con capacitores para que la corriente de voz pase por ellos y por las bobinas solo corriente directa.

h) En la Fig. 13 En las conexiones indicadas, la corriente directa que pudiese llegar a los audífonos es bloqueada gracias a la inserción de los capacitores en serie. El circuito es bastante bueno.

En los casos precedentes, la comunicación solo es factible cuando se cuenta con la batería de la central. Las Figs. 14 y 15 nos presentan otra alternativa, que es el sistema de batería local,

**c**ircuito es ineficiente. Otra desventaja de éste sistema es que la corriente directa pasa por los audífonos, desperdiciandose inutilmente.

e) Fig. 10 Se conectan bobinas en serie con la batería para que no pase corriente de voz por ahí sino que siga hasta el receptor. Esta conexión tiene la desventaja de que las dos corrientes de alimentación pasan por la misma bobina ocasionando doble caída de voltaje de directa, con lo que se reduce la alimentación a los micrófonos.

f) En la Fig. 11 se han conectado bobinas de alimentación individuales para cada abonado, con lo que se soluciona el problema de la pérdida de voltaje, pero ahora la corriente de voz pasa al otro lado por efecto de transformador, con lo que se ocasionan pérdidas en las resistencias de los devanados, que es de 400 ohms por cada bobina.

g) En la Fig. 12 se puentean las bobinas con capacitores para que la corriente de voz pase por ellos y por las bobinas solo corriente directa.

h) En la Fig. 13 En las conexiones indicadas, la corriente directa que pudiese llegar a los audífonos es bloqueada gracias a la inserción de los capacitores en serie. El circuito es bastante bueno.

En los casos precedentes, la comunicación solo es factible cuando se cuenta con la batería de la central. Las Figs. 14 y 15 nos presentan otra alternativa, que es el sistema de batería local,

en el que cada abonado tiene una pila para alimentar su micrófono. En la Fig. 14 toda la señal transmitida al secundario del transformador pasa por el audífono propio, por lo que se escucha uno a si mismo con gran intensidad. En la Fig. 15 el audífono está conectado al centro del transformador y las dos ramas de éste último presentan aproximadamente la misma impedancia por lo que uno se escucha a si mismo con poca intensidad.

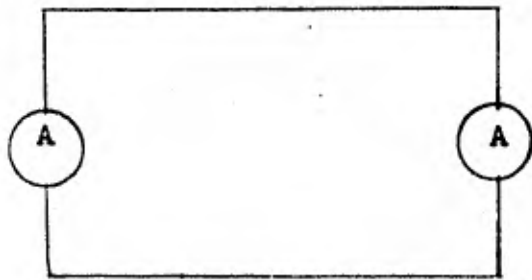


Fig. 6

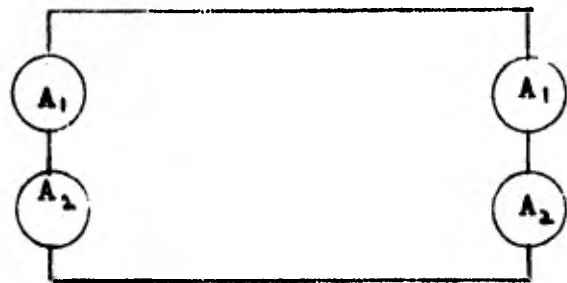


Fig. 7

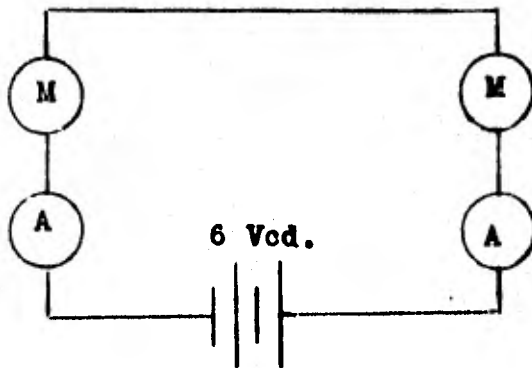


Fig. 8

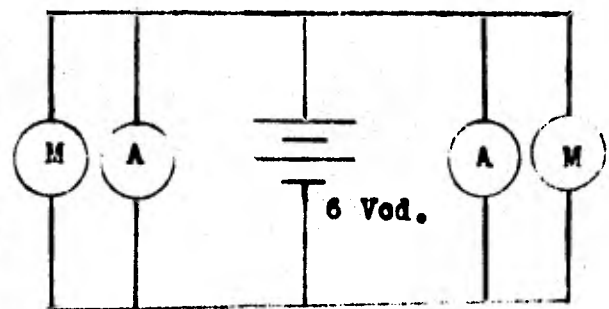


Fig. 9

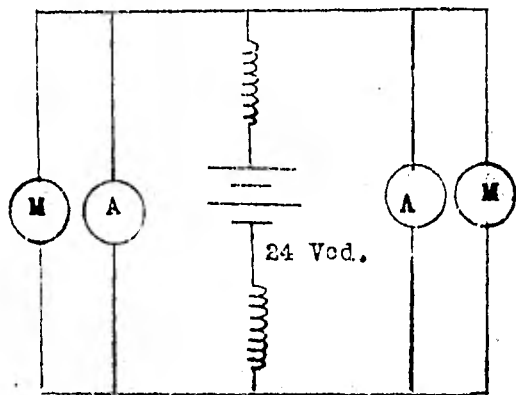


Fig. 10

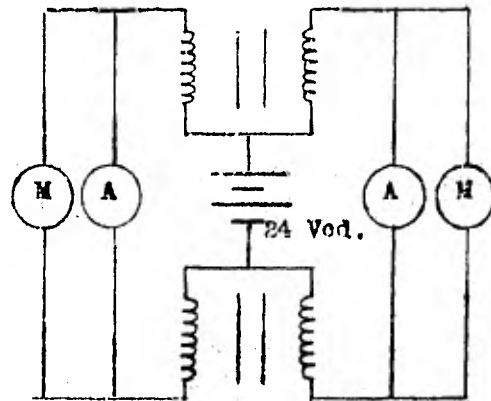


Fig. 11

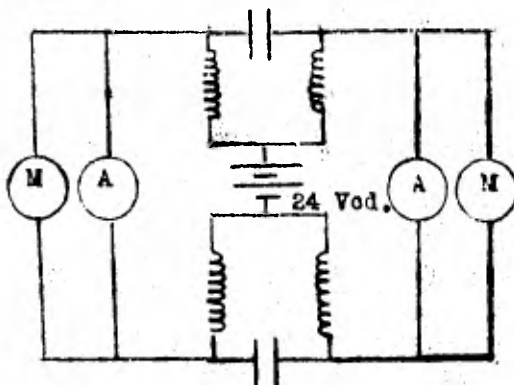


Fig. 12

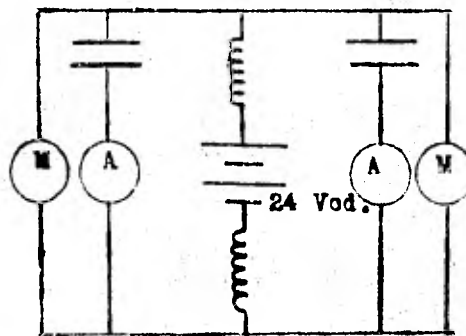


Fig. 13



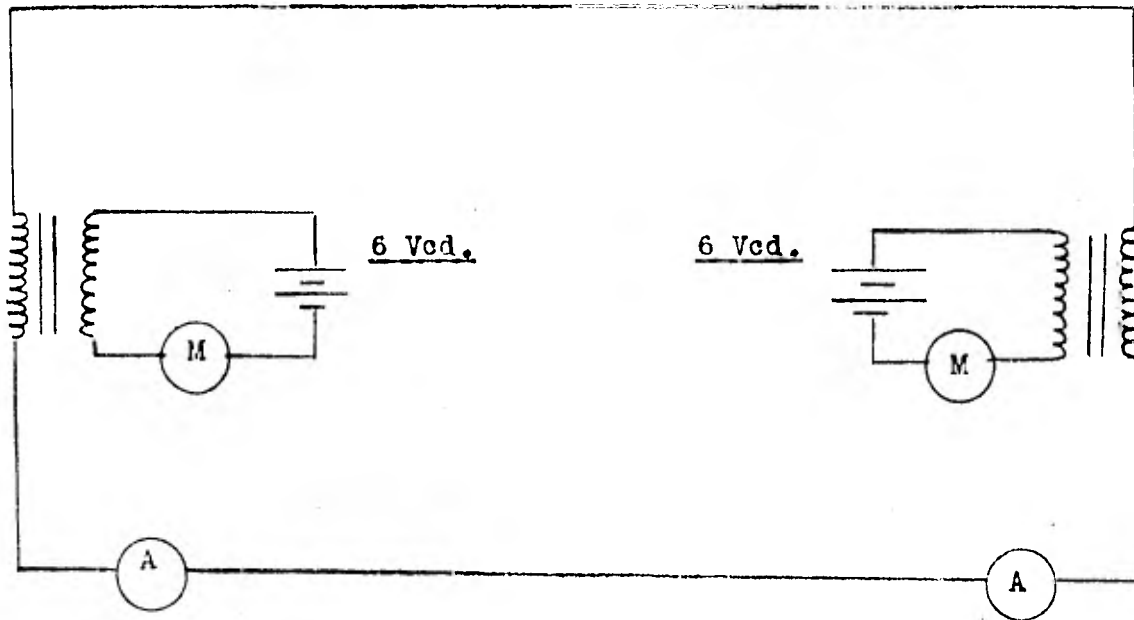


Fig. 14

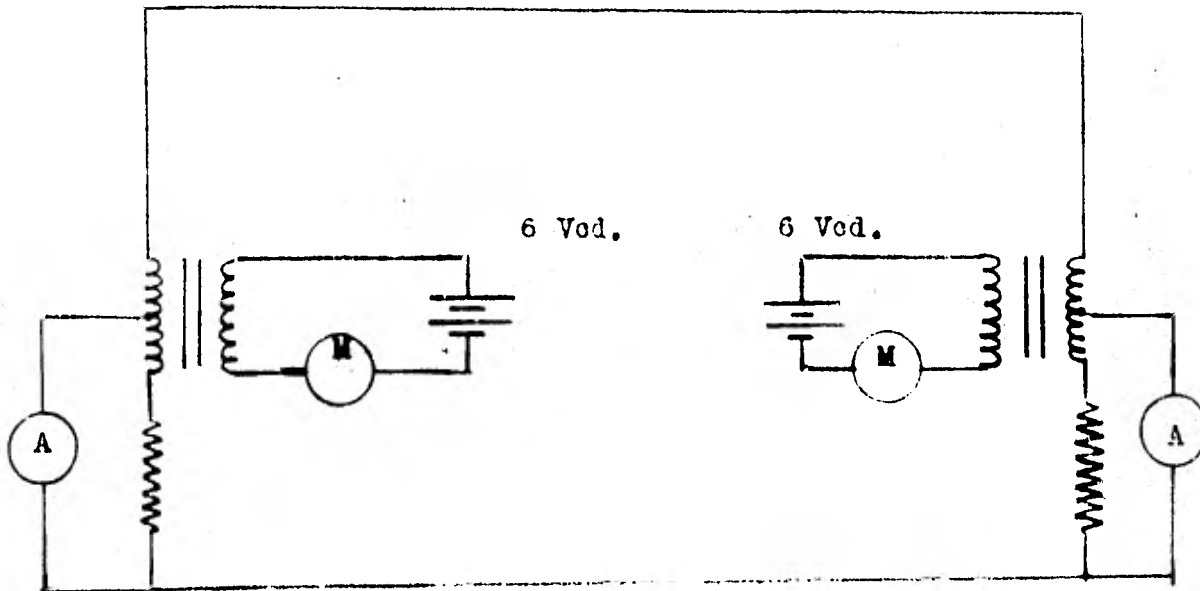


Fig. 15

Lo anterior es un breve resumen de los circuitos de conversación desde el original de "Graham Bell" (Fig.6) hasta el usado en un teléfono moderno de batería central ( Fig. 16 ) .

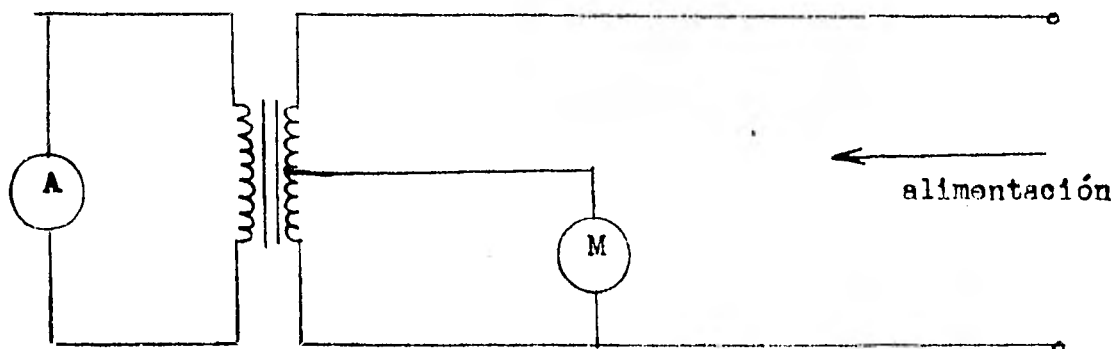


Fig. 16

En los diagramas de las Figs. 6 a 16 se ha tratado solamente el circuito de conversación omitiendo los circuitos de señalización tales como: tÍmbre, disco de marcar, gancho de colgar, etc. que se tratarán posteriormente.

## 2-1-2.-Señalización

El siguiente paso es analizar brevemente como se lleva a cabo el intercambio de información entre los diversos órganos para establecer una comunicación.

A éste proceso se le llama señalización, y a continuación enumeramos algunos casos particulares que caen dentro de ésta clasificación.

a) Señal de que el abonado A quiere establecer una comunicación.(abonado A descuelga su aparato telefónico)

b) Información de que la central telefónica esta dispuesta a atender la solicitud del abonado A.(tono de marcar)

c) Suministro de información necesaria para localizar al abonado B.(abonado A marca un numero)

d) Intercambio de información entre los diversos centros de conmutación.(busqueda de la ruta de comunicación)

e) Información al abonado A de que se está atendiendo su solicitud o de que su solicitud no puede ser satisfecha.(tono de llamada o tono de ocupado)

f) Información al abonado B de que se le solicita.(sonido de timbre)

g) Información de que el abonado B está dispuesto a entablar comunicación.(abonado B descuelga)

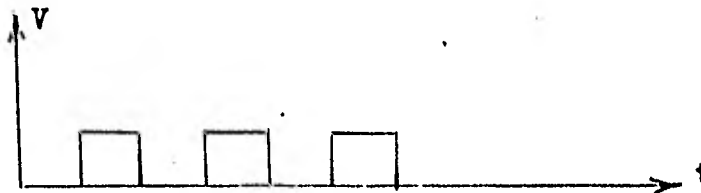
Algunos de éstos intercambios pueden ser orales cuando se trabaja en sistemas con operadora, otros son necesariamente electricos, como por ejemplo el paso f (sonido de timbre) enunciado an-

teriormente.

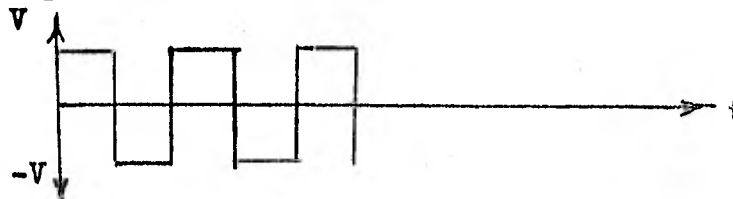
En los sistemas automáticos modernos todos éstos procesos se realizan necesariamente en forma eléctrica.

Se han usado hasta la fecha cuatro formas de mandar señales eléctricas.

1.- Pulsos monopolares de C.D

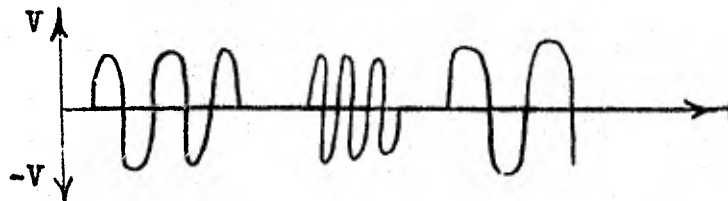


2.- Pulsos bipolares de C.D (inversión de batería)

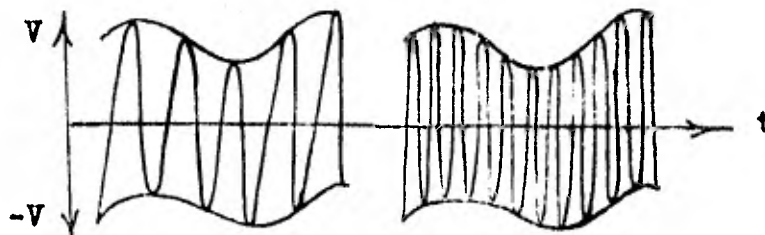


3.- Trenes de ondas senoidales en el rango audible. Se llama señalización "in-band" a éste tipo de trenes de ondas, dentro de está se pueden encontrar dos casos.

a) Señales de una sola frecuencia a la vez.



b) Señales de varias frecuencias simultaneas (código de multifrecuencias)



4.- Trenes de ondas senoidales superiores al rango audible --  
( más de 10 KHz)

El sistema de pulsos monopolares es el que utilizamos cuando marcamos un número con el disco de marcar de nuestro teléfono. En la Fig. 18 se muestra un esquema de la función del disco de marcar y en la Fig. 19 podemos ver el disco de marcar internacional, así mismo en la Fig. 20 su símbolo y diagrama correspondiente.

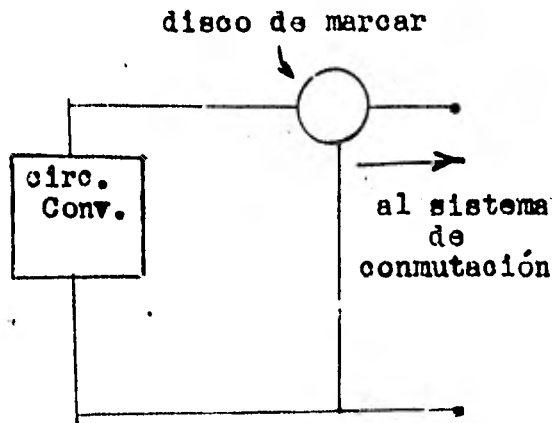


Fig. 18

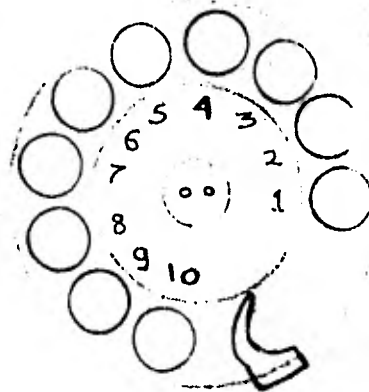


Fig. 19

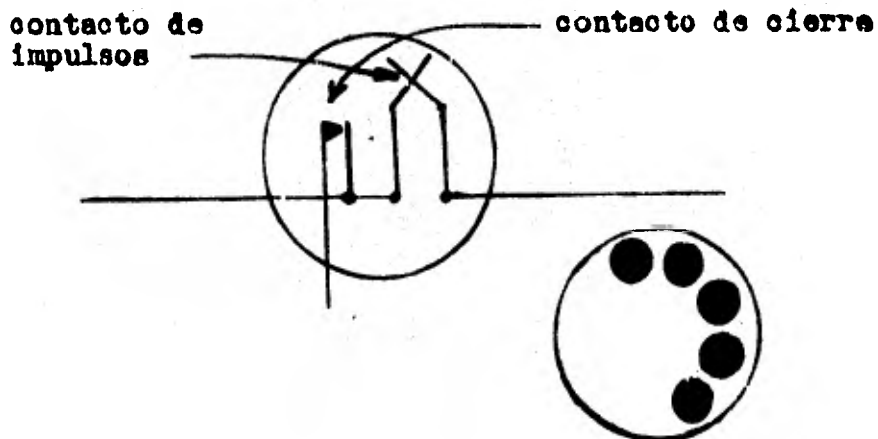


Fig. 20

El disco dactilar en sí consta de un disco con 10 perforaciones de 13 mm. de diámetro aproximadamente.

Al girarse el disco en el sentido horario hasta que el dedo es detenido por el tope de parada, se carga el resorte espiral tensor. Al soltarse el disco regresa a su posición de origen con una velocidad constante debido a los contrapesos del freno del regulador. Precisamente al regresar el disco es cuando los impulsos se emiten, llamados negativos por consistir en corte de un circuito por el cual circula una corriente.

En el diagrama de la Fig. 20 podemos ver las muelles que forman el contacto de ruptura, llamado contacto de impulsos y que abre y cierra el circuito fundamental cuando el disco regresa después de haber sido cargado. También se pueden ver unas muelles que forman un contacto de cierre que accionan tan pronto el disco sea movido de su posición de reposo.

Cuando se cierran éstas muelles se provoca un corto circuito ..... que afecta solamente a la bobina de inducción del aparato telefónico. Este corto circuito asegura una diferencia máxima de resistencia entre los períodos de cierre y los de apertura del contacto de impulsos y sirve también para proteger al micrófono contra fuertes corrientes instantáneas que se producen al marcar un número. Además al ponerse en corto circuito al audífono del aparato se protege el oído del abonado contra los choques acústicos, que de otra manera se oírían.

El disco internacional cuya numeración es del 1 al 0, envía un número igual de impulsos al número de la cifra marcada.

En la Fig. 21 se muestran las variaciones de la intensidad de la corriente que circula por la línea durante la impulsación por medio del disco dactilar. En el intervalo "OA" la intensidad es determinada por la resistencia de la línea, la del primario de la bobina de inducción y el micrófono, como antes se mencionó. Esto causa que la intensidad aumente durante el intervalo "A-B". Precisamente en el punto "B" se inicia el primer impulso.

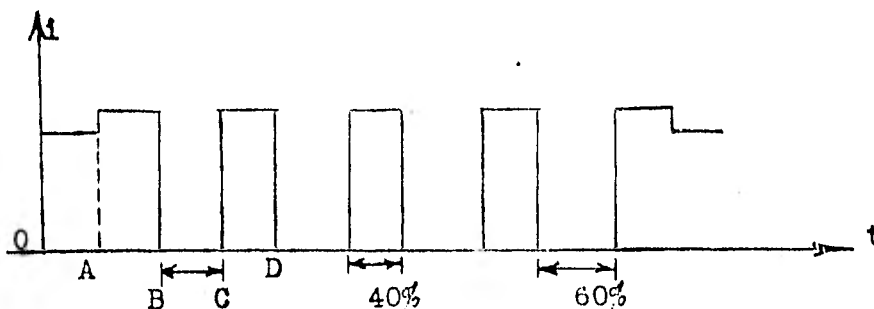


Fig. 21 Corrientes de impulsación.

Durante la interrupción del circuito fundamental, la corriente baja a cero (intervalo "B-C") y regresa a su valor anterior durante el intervalo de cierre que sigue ("C-D"). En el punto "D" por consiguiente termina el primer impulso. Este procedimiento se repite para cada impulso subsiguiente.

La velocidad normal de retroceso del disco dactilar (Ericsson) es de 10 impulsos por segundo, con una tolerancia de 1 impulsos por segundo. La relación de impulso es decir la relación entre -- intervalos de cierre y de corte, varía ligeramente entre los di-- ferentes sistemas automáticos. En el sistema Ericsson la relación es de: 40:60, es decir cierre durante el 40% del impulso y corte durante el 60% del impulso. En otros sistemas las relaciones:

33 1/3:66 1/3 y 31.5:68.5 son muy comunes.

Se han desarrollado métodos mas sofisticados para mandar éste tipo de información. Tal es el código de frecuencia en banda de voz esbozado anteriormente, que consiste en lo siguiente: en el caso de señales de una sola frecuencia a la vez, a cada dígito corresponde solamente un valor de frecuencia, por lo tanto al pulsar -- una tecla en el aparato telefónico mandamos una señal senoidal -- hacia la central. El inconveniente de esto es que facilmente se produzcan señales de esa frecuencia sin haber pulsado una tecla del aparato telefónico. Es por eso que éste tipo de señales se utiliza solamente para tono de marcar, de llamada y de ocupado.

Para la transmisión de dígitos se ha creado el sistema de multifrecuencia que consiste en que al oprimir una tecla se gene----ren y transmitan dos frecuencias de valores tales que no tengan ninguna relación aritmética entre si (multiplos, submultiplos, etc) Es un sistema bastante invulnerable a perturbaciones accidentales o intencionales.

Los otros dos casos para mandar señales eléctricas son utilizados en situaciones que no están directamente relacionados con la selección de líneas ( señales de supervisión y de control ).

Dentro de las señales que se usan comunmente está la corriente de llamada.

Basicamente se requieren dos cosas para una llamada: una fuente de energía y un dispositivo que transforme esa energía en sonido audible a varios metros de distancia ( el caso mas elemental es un magneto manual y un timbre de C.A )



El magneto es un generador de corriente alterna, que al ser accionado por medio de una manivela envía la corriente de llamada. Este órgano de los aparatos telefónicos que se observa en la Fig. 22. Consiste de un pequeño alternador cuyo campo inductor es -- proporcionado por dos o más imanes permanentes "I" (acero ALINICO generalmente) en forma de herradura, dispuestos de tal manera que forman un conjunto de dos polos solamente, entre los cuales gira una armadura o inducido "A" . El inducido está hecho de hierro -- dulce y tiene la forma de doble T, como se aprecia en la figura correspondiente.

Sobre el inducido se encuentran enrolladas muchas espiras de hilo fino de cobre que forman el embobinado.

Generalmente el embobinado está formado de 3,000 a 6,000 vueltas de hilo ~~de cobre~~ aislado, de 0.15 ó 0.20 mm. de diámetro y con -- una resistencia total de 200 a 500 ohms.

La rotación del inducido se obtiene mediante una rueda dentada -- "M", que está fija al eje de la armadura, que engrana con otra -- rueda dentada "N" de mayor diámetro y que es accionada por la manivela.

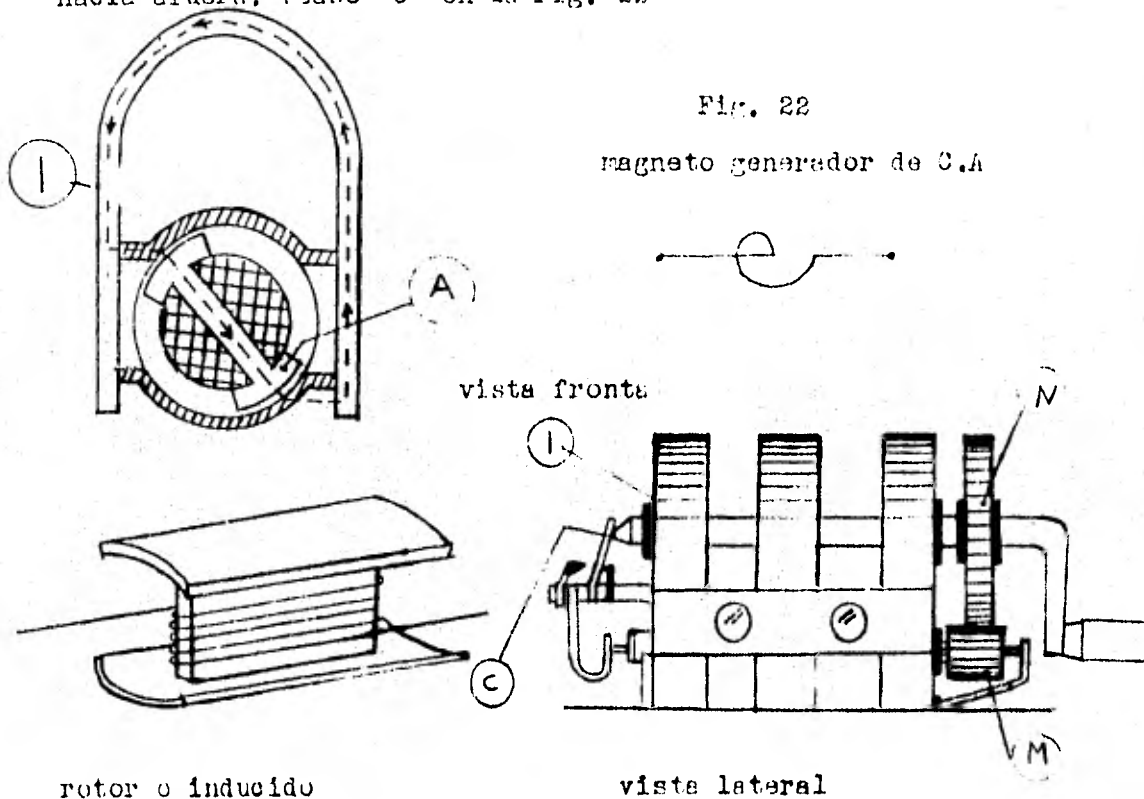
La relación entre las ruedas es normalmente de 1/6 a 1/4, por lo que si se hace girar la manivela con una velocidad media de 3 -- vueltas por segundo, obtendremos para una relación de 1/6 una velocidad de 18 vueltas por segundo en el inducido, por lo que la corriente alterna generada tendrá una frecuencia de 18 ciclos por segundo. A cada vuelta del inducido corresponde un ciclo, porque durante cada vuelta la corriente cambia de sentido dos veces ...

en cada una de las espiras.

El voltaje proporcionado por el magneto descrito anteriormente -  
varía entre 10 y 30 volts.

Para evitar que el embobinado del magneto permanezca incluido en  
el circuito de llamada estando éste en reposo, se utiliza un dis-  
positivo que pone en corto circuito el embobinado. Al girarse la  
manivela para efectuar una llamada, el mismo dispositivo elimina  
el corto circuito.

Este dispositivo que conecta y desconecta la bobina está consti-  
tuido normalmente por un grupo de muelles llamado cambio, accio-  
nado por el movimiento de la manivela, que al girar vence la pre-  
sión de una muelle espiral y ejerce un empuje axial moviéndolo  
hacia afuera. Vaase "C" en la Fig. 22



La campana polarizada es el órgano que recibe la señal eléctrica enviada por el magneto, u otro dispositivo de C.A, y la transforma en una señal acústica de llamada. La Fig. 23 muestra en forma esquemática éste dispositivo.

Está compuesta de un imán permanente "1" dos bobinas "2" y "3" -- montadas sobre piezas polares de hierro dulce que apoyan sobre un travesaño del mismo material "4", y de una armadura móvil "5" que pivotea libremente en su centro.

En la armadura móvil está fijada una pequeña varilla con el martillo que golpea las campanas. Para evitar que la armadura se quede pegada a los núcleos de las bobinas se usan dos topes anti--remanentes "6" de material antimagnético. El imán permanente origina un flujo magnético que circula por los núcleos, a través del travesaño y de la armadura. Podemos considerar que el flujo magnético en ambos núcleos es igual y por lo tanto el sistema se encuentra en equilibrio. La línea de puntos y rayas de la Fig. 23 muestra el campo magnético permanente.

Las bobinas que son generalmente de 500 ohms cada una se encuentran conectadas en serie y están enrolladas de tal modo que el campo magnético inducido en uno de los núcleos ésta dirigido en el sentido del campo magnético permanente y en el otro núcleo en sentido contrario al campo permanente.

Si hacemos circular una corriente en un cierto sentido obtenemos en el núcleo derecho una cooperación entre los flujos del imán -- permanente y de la bobina por lo que la atracción en el entre-hierro derecho resulta fuerte y la armadura cae hacia ese lado.

En el núcleo izquierdo los campos actúan uno contra el otro, anulándose así su efecto por lo que la fuerza en el entre-hierro izquierdo resulta nula ó insignificante. Esto trae por consecuencia que el martillo golpeará una de las campanas.

Si invertimos el sentido de la corriente, aumentará la atracción en el entre-hierro izquierdo y disminuirá en el lado derecho por lo cual la armadura caerá ahora hacia el lado izquierdo golpeando con el martillo la campana correspondiente.

Si la frecuencia de la corriente de llamada es de 20 ciclos por segundo el martillo dará 20 golpes sobre cada campana en un segundo o sea 40 golpes por segundo en total.

El tipo de campana polarizada descrito es sensible a corriente mínimas de 5.0 mA, aunque trabaja normalmente con corriente de 10 a 20 mA. con una tensión de 70 volts aproximadamente, y una frecuencia de 10 a 30 ciclos por segundo ( Hz ).

El símbolo de la campana polarizada internacional es el de la Fig. 24.

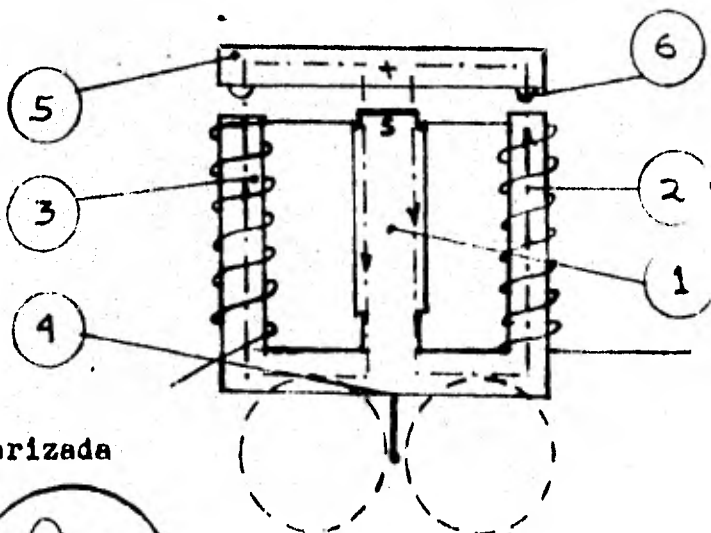


Fig. 23  
campana polarizada



FIG. 24

En casos muy particulares se utiliza una batería y un timbre de C.D. El magneto no es el único medio de producir C.A para el timbre, se puede usar un generador de 25 ciclos por segundo, un transformador para usar directamente la corriente de 50/60 cps., ó un convertidor vibratorio electromecánico.

## 2.2.- Sistemas de conmutación

Cuando hay únicamente dos teléfonos en la localidad se interconectan por medio de un cable de dos polos (Fig. 25).

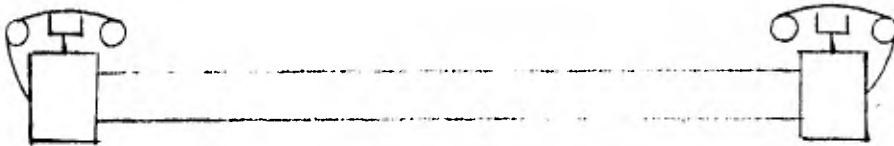


Fig. 25 .

Para interconectar tres teléfonos se requieren tres líneas y una llave selectora de dos polos en cada teléfono (Fig. 26).

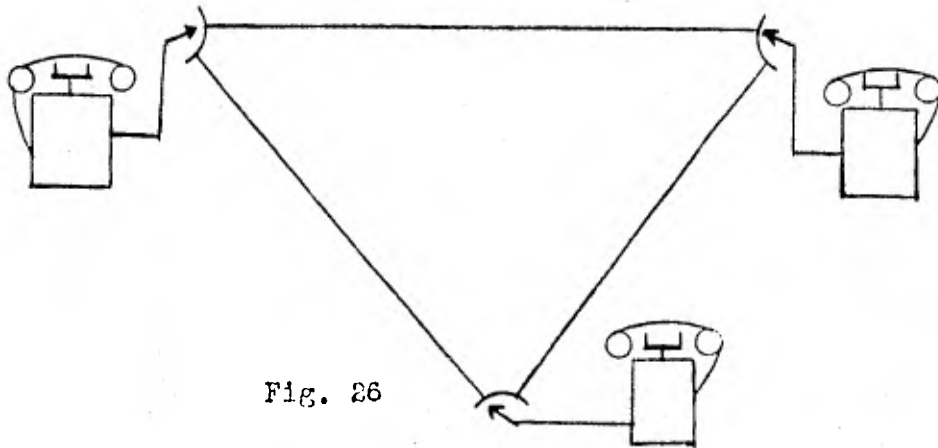


Fig. 26

Para interconectar cuatro teléfonos se necesitan seis líneas y llaves selectoras de tres polos en cada teléfono (Fig. 27).

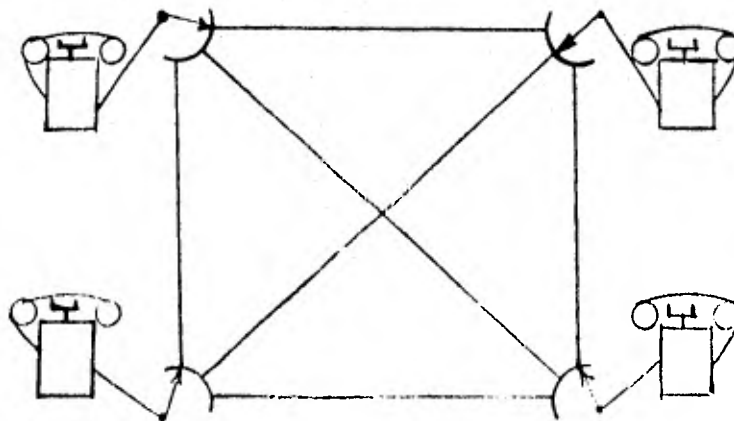


Fig. 27

Con éste sistema de interconexión para  $n$  teléfonos se requiere:

$$L = \frac{n(n-1)}{2}$$

$L$ =número de líneas  
 $n$ =número de teléfonos

Por ejemplo para un millón de teléfonos tendríamos que:

$$\text{Líneas} = \frac{1 \times 10^6 (1 \times 10^6 - 1)}{2} \approx 5 \times 10^{11}$$

y las paredes de cada casa estarían tapizadas de contactos para cada uno de los teléfonos. Luego el sistema de interconexión es inadecuado.

La solución para el problema cuando el número de teléfonos es --- menor de 10,000 es poner una central. (Fig. 28)

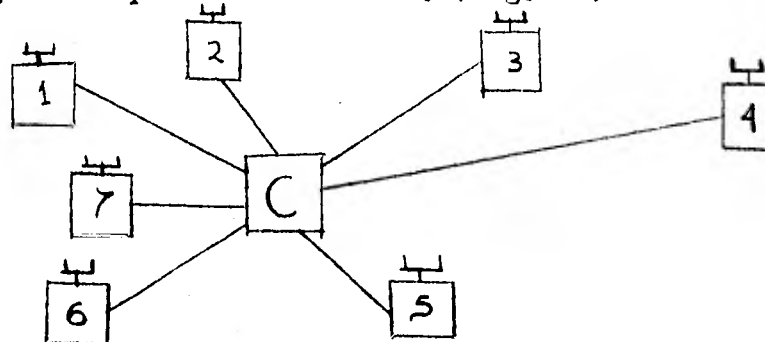


Fig. 28  
 todos los abonados conectados  
 a la misma central

Quando nos encontramos con el problema de que hay más de 10,000 abonados, se instalan varias centrales, enlazadas con "líneas troncales". (Fig. 29)

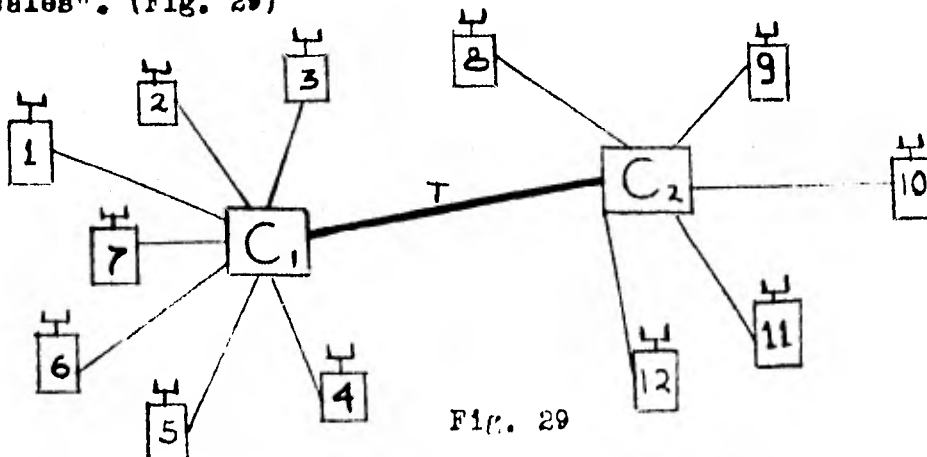
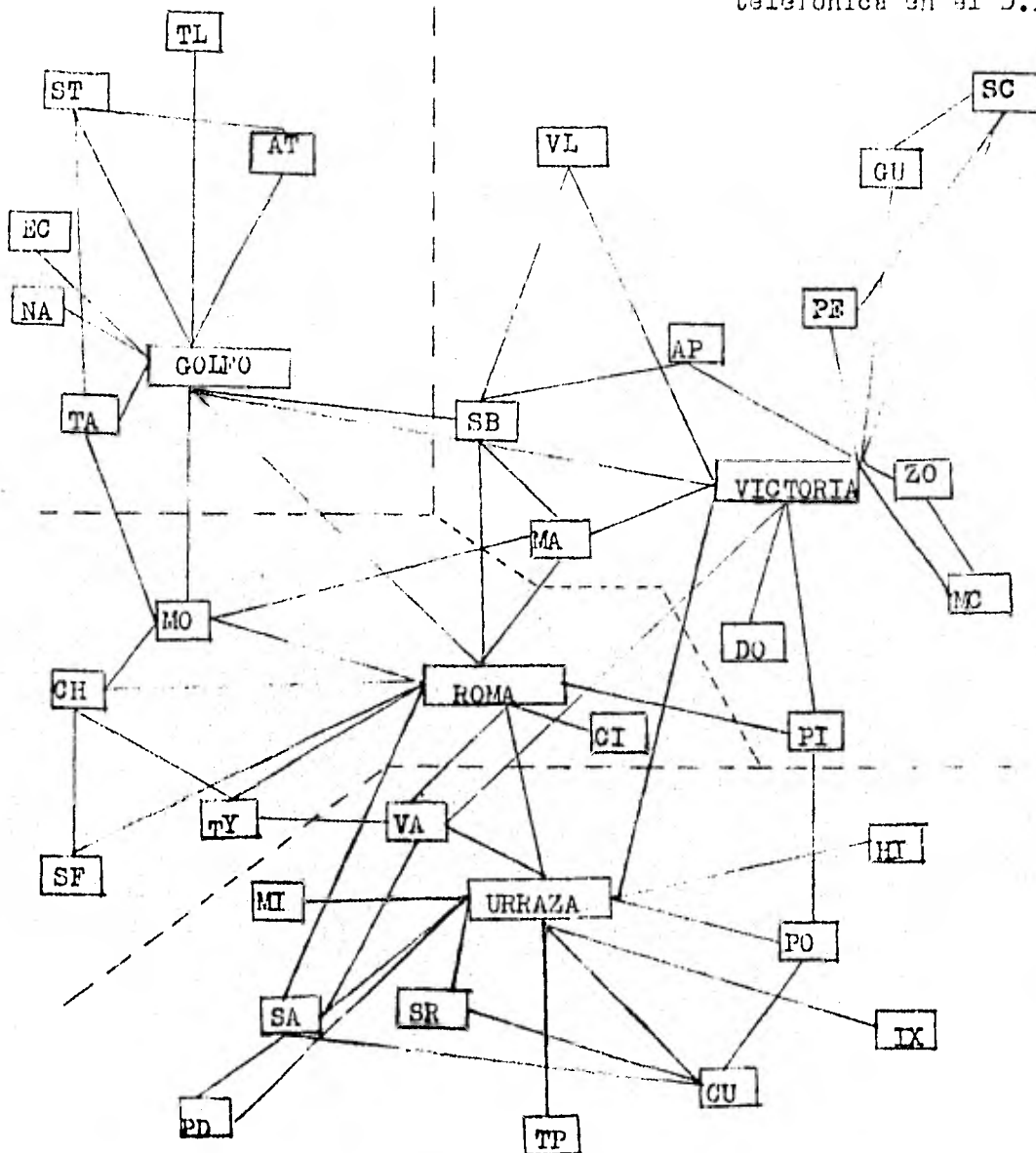


Fig. 29

Cuando hay más de 100,000 teléfonos se requieren más de 10 -  
centrales y la red troncal tendrá entonces más de 45 ramas por lo  
que se usa una " central de centrales" ó central "tander". Fig.30

Fig. 30-Situación actual de la red  
teléfonica en el D.F.





En dicha figura podemos observar que, Por ejm, para tener una comunicación entre la Villa (VL) y la Ciudad Universitaria (CU) nos encontramos que, se puede hacer el enlace mediante centrales "tandem" o sea, siguiendo la ruta, Villa-Victoria-Urraza-CU. En algunos casos es tan intenso el tráfico entre dos centrales - que se hace indispensable interconectar directamente las mismas. Por ejm. SA-CU.

Las diferentes rutas que puede seguir un enlace, hacen que el sistema sea muy flexible y eficiente, ya que si alguna de las rutas directas se hallase saturada en el momento de intentar el enlace se buscará inmediatamente una ruta alternativa a través de tandem.

Lo anterior nos demuestra la necesidad de que exista un sistema de conmutación.

Los sistemas de conmutación pueden ser manuales y automáticos.

#### 2-2-1.- Manuales (electromecánicos)

Los sistemas de conmutación manual pertenecen practicamente al pasado, pues actualmente se fabrican conmutadores automáticos en capacidades que van desde 10 líneas hasta 10,000 líneas en pasos escalonados ( 10, 100, 500, etc.) que permiten cubrir cualquier necesidad.

Los sistemas manuales dependen del número de líneas que puede atender una operadora. En la Fig. 31 se observan dos conmutadores operados manualmente por las operadoras OP1 y OP2 , cada uno de ellos se encuentra compuesto de dos partes a y b respectivamente.

Siendo la parte a de cada uno de ellos la que nos servirá para efectuar enlaces locales ( en el caso de la operadora OP2 en ... Tacubaya solamente ) y la parte b enlaces entre conmutadores.

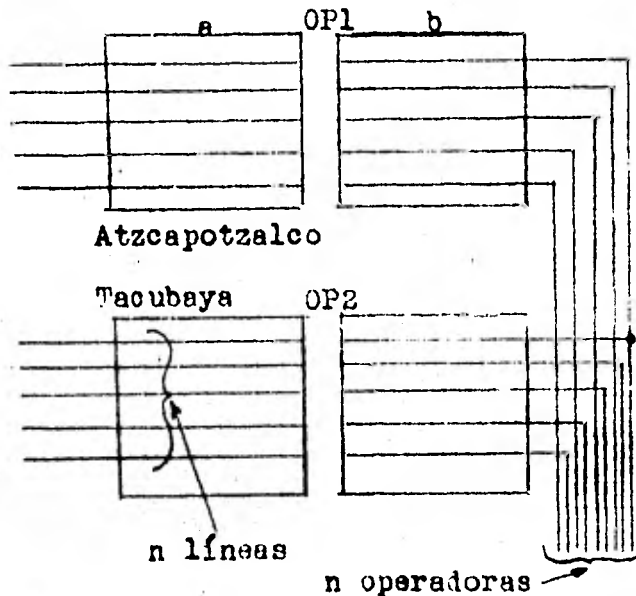


Fig. 31  
conmutadores  
manuales

Los sistemas manuales pueden ser de B.C. (batería central) ó de B.L. (batería local), ésto es, la fuente de alimentación de corriente directa puede estar en el conmutador ó en cada uno de los teléfonos de la red.

El sistema de B.C. tiene la ventaja de que la compañía controla el suministro de energía al sistema telefónico.

En el segundo caso (BL) cada uno de los abonados tiene que cuidar que su batería esté en buenas condiciones.

En el sistema de B.L. al descolgar el abonado tiene que accionar el magneto para avisar a la operadora que desea hacer una llamada. Por el contrario el sistema de B.C. con solo descolgar el teléfono la operadora se da cuenta que alguien solicita su servi-

cio. En la Fig. 32 se muestra el diagrama del indicador de llama-  
 da en un conmutador manual de BL en el cual se puede observar  
 que las terminales a y b no están "vivas" es decir que no existe  
 ningún flujo de corriente a través de ellas estando nuestro telé-  
 fono en reposo ni cuando es descolgado nuestro microteléfono. En  
 éste sistema es indispensable energizar las terminales mediante  
 el magneto que a su vez nos ocasionará que accioné el relevador  
 CII y éste activará la campana indicándonos así que el abonado --  
 desea hacer una llamada. El jack JI nos sirve para llevar a cabo  
 el enlace manual con la operadora. Para la conversación el telé-  
 fono dispone de una batería que se encarga de alimentar energía -  
 al micrófono.

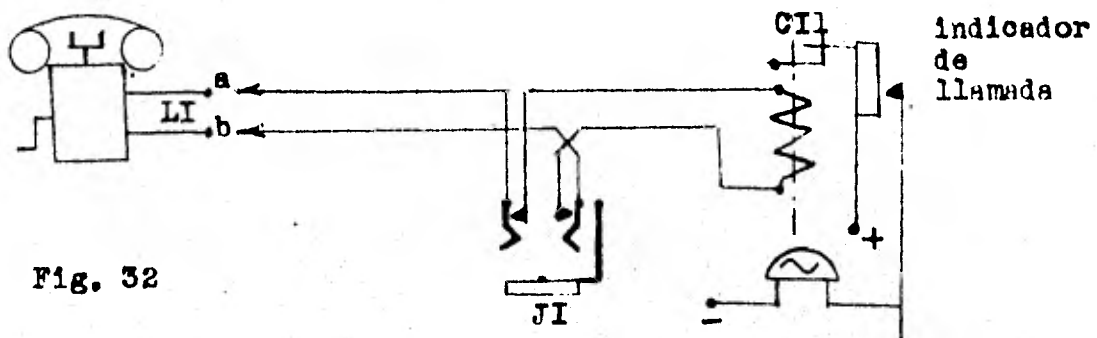


Fig. 32

Por otro lado la Fig. 33 nos muestra el diagrama de un indicador  
 de llamada en un conmutador manual de BC.

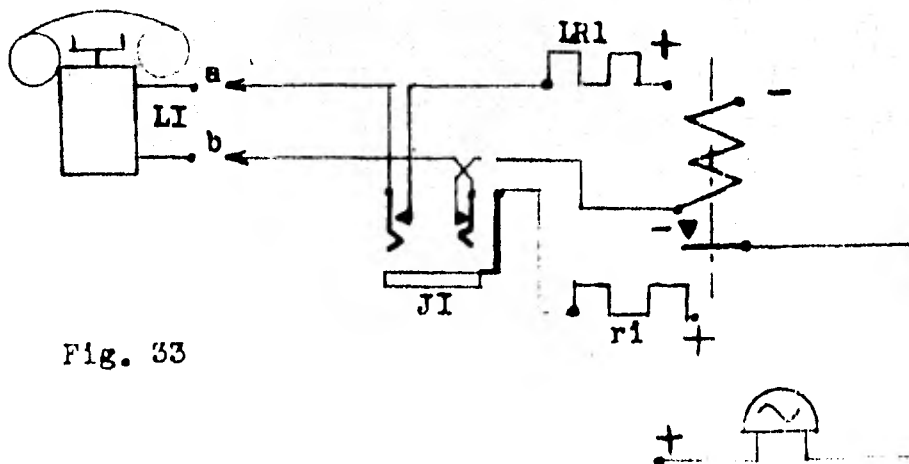


Fig. 33

En éste caso las terminales a y b si están "vivas", es decir que en el momento que el abonado descuelga su microteléfono, se energizará el relevador LR1 que a su vez hará que funcione la campana indicándonos así que el abonado desea hacer una llamada. En éste caso la función del jack JI es la misma que en el caso anterior.

### 2-2-2.-Automáticos

#### 2-2-2a.-Electromecánicos

A medida que los conocimientos eléctricos y mecánicos fueron progresando, las operaciones de un conmutador, se fueron haciendo automáticas paso por paso. Cuando todos los pasos de una comunicación se automatizaron el sistema manual se convirtió en un sistema telefónico automático, cuya definición es la siguiente: Un sistema telefónico automático es aquel en el cual las conexiones entre abonados se establecen por medio de dispositivos, electromecánicos y / ó electrónicos controlados por la operación de discos dactilares ó teclados operados por el abonado que inicia la llamada.

Estos sistemas se pueden dividir en dos tipos por la forma de iniciar la conexión.

1.- Sistema de Acceso Directo. Es en el cual cada uno de los abonados tiene un selector disponible para sí mismo. (Fig. 34)

Cuando éste sistema funciona bien y un abonado descuelga su microteléfono tiene la seguridad de obtener línea. Tiene la desventaja de que si el selector propio se descompone se queda el .....

abonado sin servicio. Además tiene el inconveniente de que los se-  
lectores no pueden ser de muchas líneas (usualmente máximo 10).

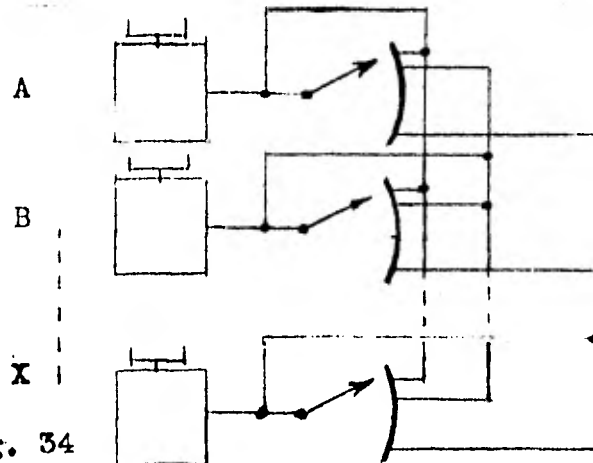


Fig. 34

2.-Sistema con Buscadores. Se tiene que para  $n$  abonados tenemos  $n/10$  buscadores, entonces cuando un abonado descuelga su teléfono cualquiera de esos buscadores lo encuentra y le da línea. Si se llegase a descomponer un buscador nos quedarían  $[n/10] - 1$  bus-  
cadores para seguir atendiendo a todos los abonados. En éste caso la eficiencia del sistema disminuirá un poco, pero no se suspenderá del todo. (ver Fig. 35)

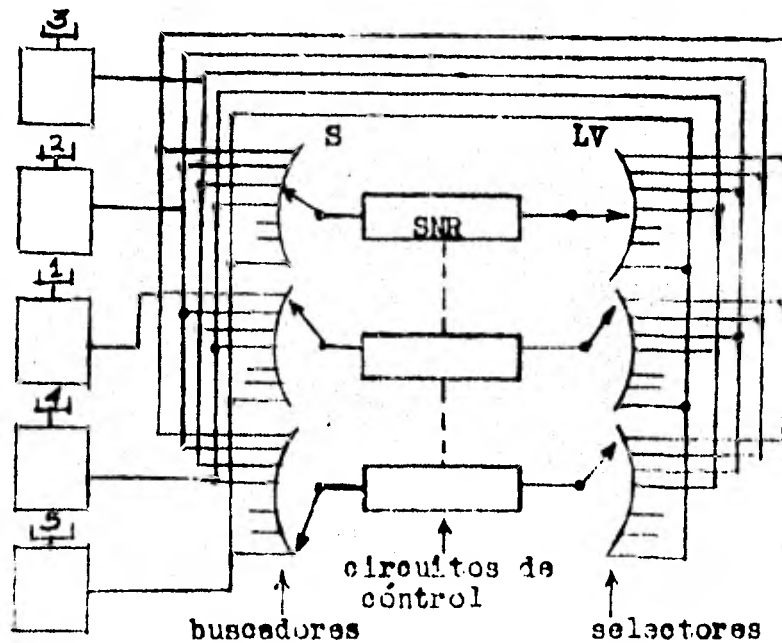


Fig. 35

Quando el sistema tiene un máximo de 10,000 líneas hay que dividir al total en 10 grupos de 1000 y o/u en 10 grupos de 100 líneas, entonces el proceso de selección será como sigue.

Como se ve en la Fig. 36, al descolgar el abonado A su aparato telefónico, el buscador S lo encuentra y lo conecta al sistema; marcando la primera cifra el selector IGV nos conecta con el grupo de 1000 deseado, la segunda cifra hará que el selector IIGV nos conecte con el grupo de 100 deseado, la tercera y cuarta cifras harán que el selector LV nos conecte con el abonado deseado (sistema de numeración con cuatro cifras)

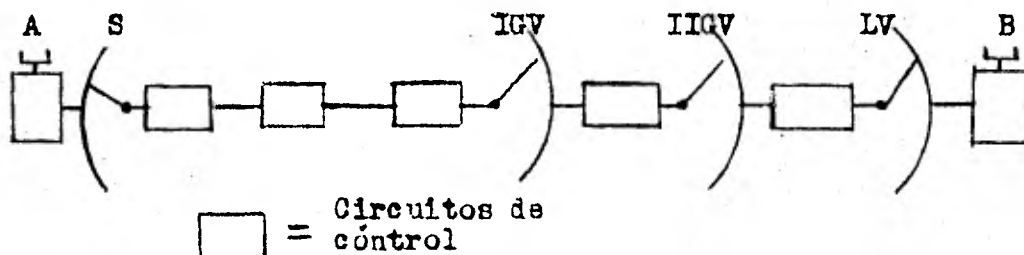


Fig. 36

Otra clasificación de éstos sistemas puede ser la siguiente.

- a).- Selectores de Mando Directo
- b).- Selectores de Mando Indirecto

Decimos que el sistema es de mando directo cuando los pulsos -- del disco de marcar son transmitidos instantaneamente al selector y éste se moverá tantos pasos como pulsos le halla mandado aquel Fig. 37.

El sistema es de mando indirecto cuando las señales del disco de marcar son almacenadas previamente para después ser enviadas al selector (ver Fig.38).

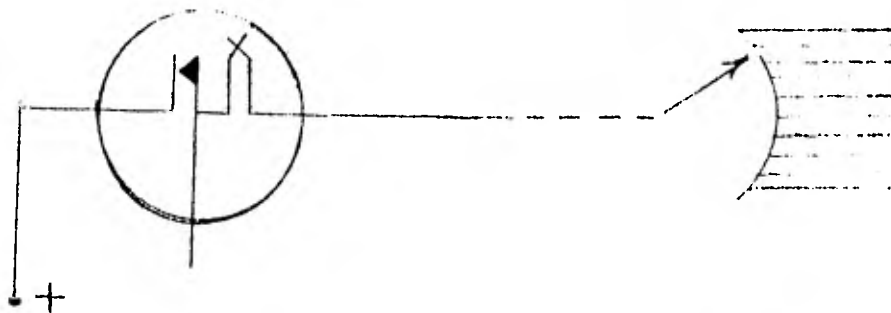


Fig. 37.

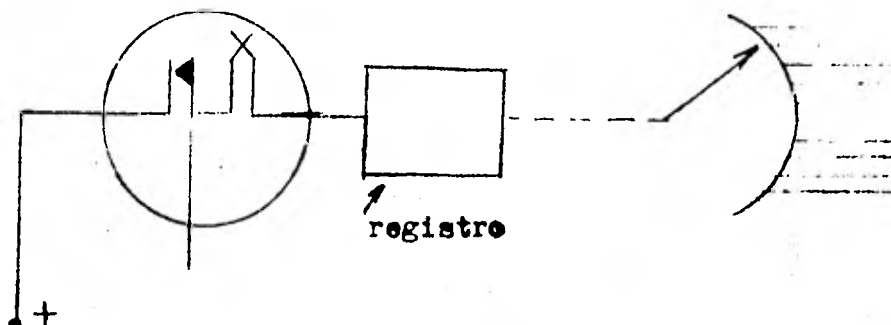


Fig. 38.

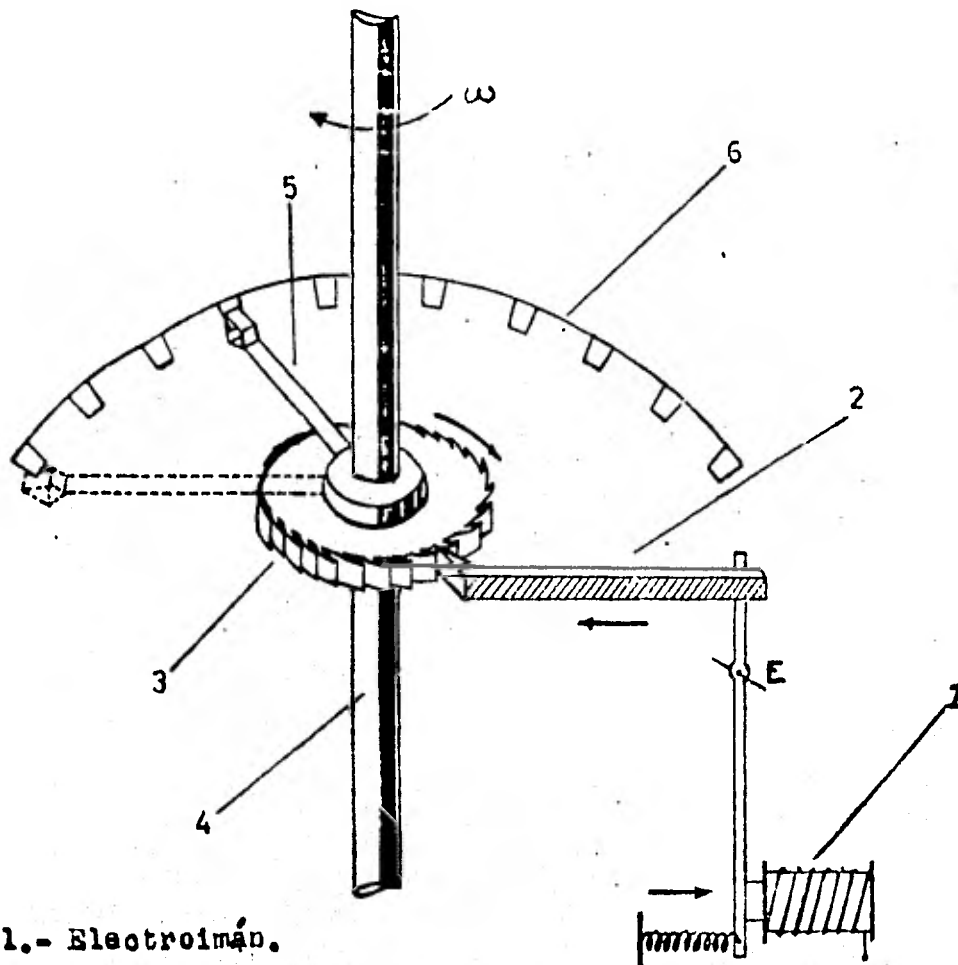
Esto último sucede en sistemas equipados con selectores no decimales.

#### Tipos de Selectores.

El principio fundamental del selector electromecánico se ilustra en la Fig. 39. Donde se ve una serie de contactos dispuestos en una circunferencia.

Cuando la bobina (1) recibe un pulso de corriente acciona la uña (2) con lo cual se mueve la rueda dentada y la escobilla sujeta a ella. Por ejemplo, si queremos llegar al contacto 5 tendríamos que mandarle cinco pulsos a la bobina desde el disco dactilar.

En base a la forma en que se mueve la escobilla o también en -



- 1.- Electroimán.
- 2.- Triquete.
- 3.- Rueda dentada.
- 4.- Eje del selector.
- 5.- Brazo de contactos.
- 6.- Contactos.

Fig. 39



base a la forma en que estén distribuidos los contactos podemos distinguir varios tipos de selectores.

a) Selectores de Contactos en Abanico (Fig. 40) en los cuales la escobilla gira únicamente y para regresar a la posición original tiene que dar la vuelta completa (capacidad máxima 35 salidas).

d) Selectores Circulares en los cuales el campo de contactos está dispuesto en una circunferencia completa Fig. 41. (capacidad máxima 25 líneas).

c) Selectores de Coordenadas X, Y en los cuales la escobilla tiene dos movimientos uno ascendente y otro horizontal de 10 pasos cada uno, lo cual hace un total de 100 líneas máximo (Fig. 42).

á) Selectores de Elevación y Giro en los cuales los contactos están dispuestos en un semicilindro y la escobilla primero asciende al piso deseado y luego gira hasta encontrar el contacto deseado Fig. 43. (máximo 100 líneas).

e) Selectores OS en los cuales la escobilla hace un primer movimiento de giro y un segundo movimiento de penetración Fig. 44 (tiene máximo 500 líneas).

A diferencia de los demás, este selector no puede ser activado directamente por el disco de marcar sino que la información se debe almacenar y convertir en información especial para este tipo de movimientos. Ya que el selector tiene 25 pasos máximo de giro y 20 pasos de penetración.

f) Selector Cross-Bar en el cual no hay escobillas que se muevan sino que hay una barra y 10 contactos, Fig. 45. Esto puede ser interpretado como un selector de 10 entradas y una salida o un selector de una entrada y 10 posibles salidas.

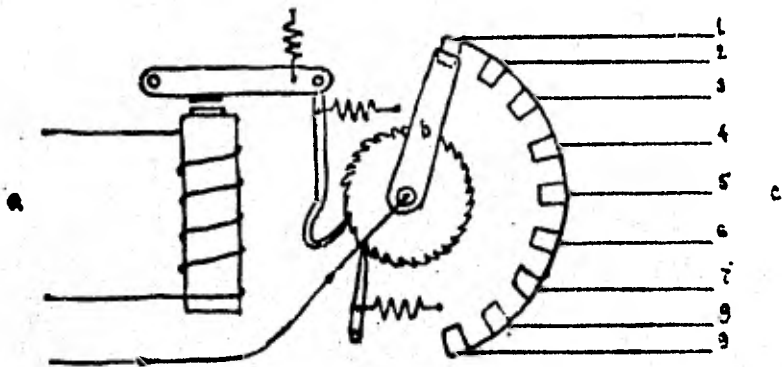
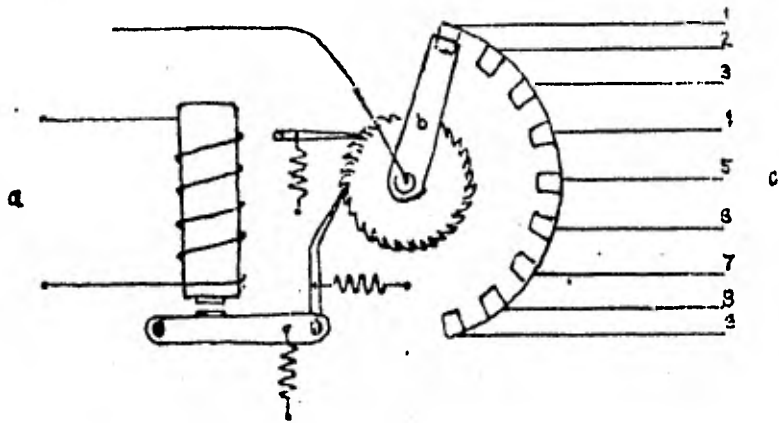


Fig. 40

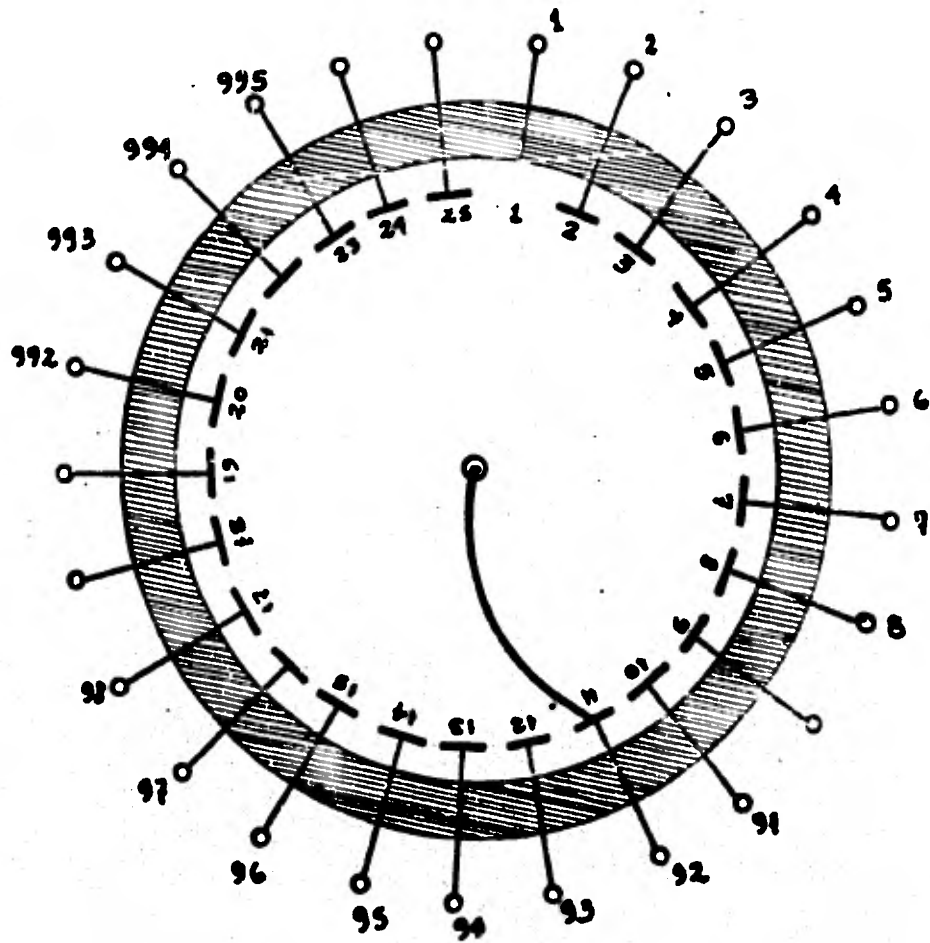


Fig. 41

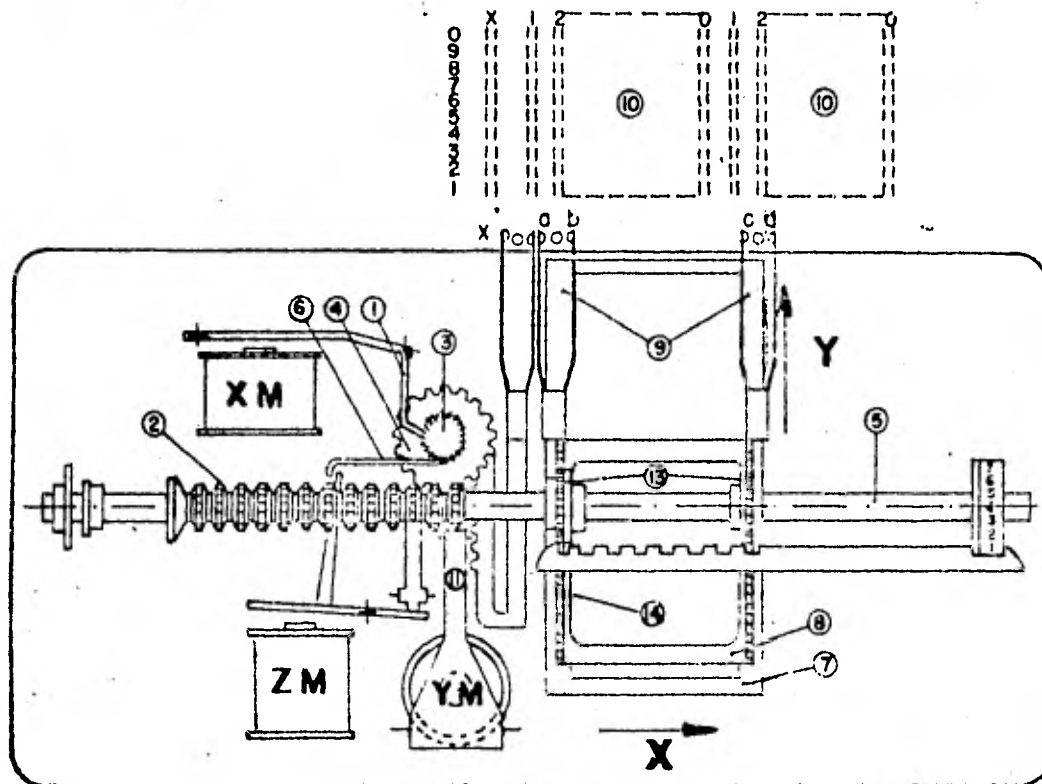


Fig. 42.-Selector Ericsson de 100 líneas ( XY )

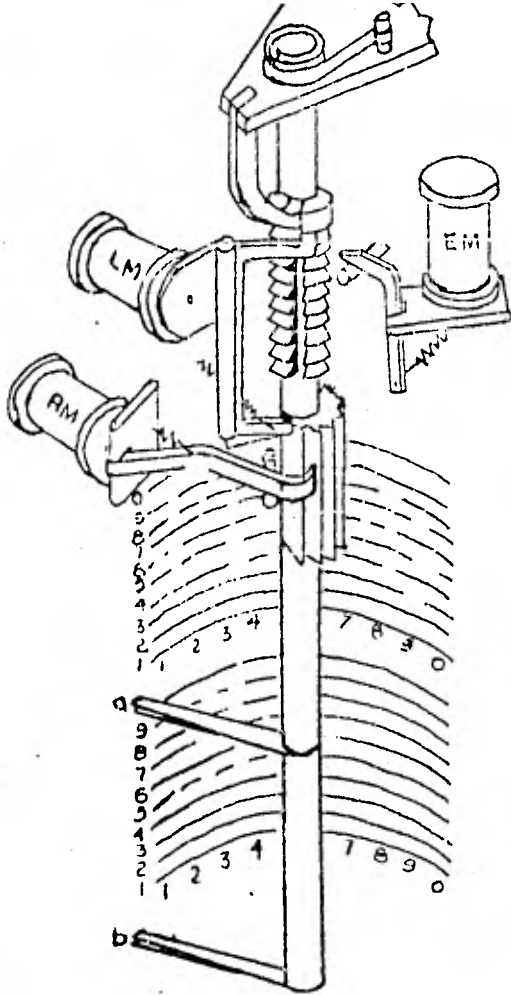


Fig. 43.-Selector Strowger

Fig. 44.-Ericsson 500 lines

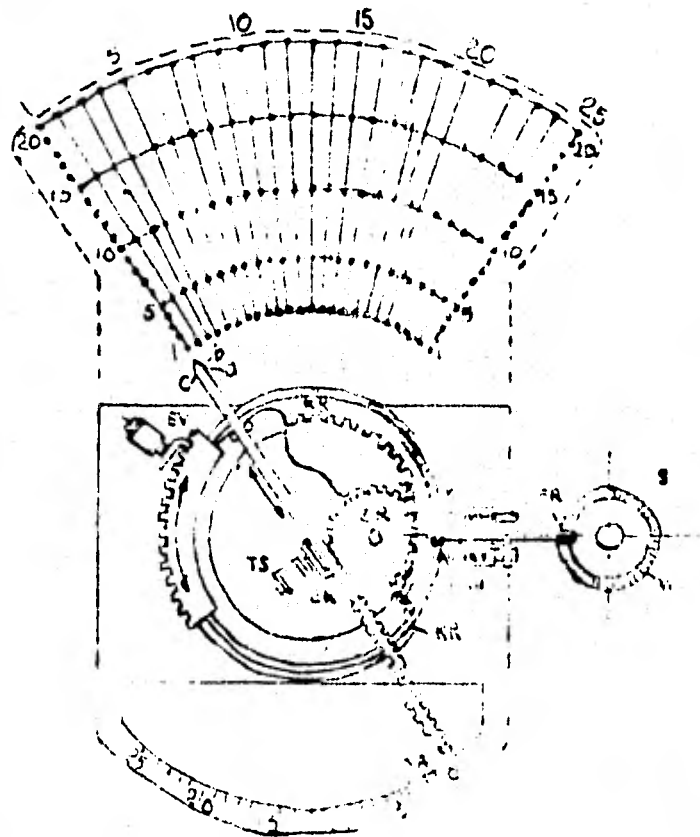




Fig. 45.

Se acostumbra construir 10 de éstos juegos dentro de un bastidor metálico con lo cual tendríamos el sistema de la Fig.46.

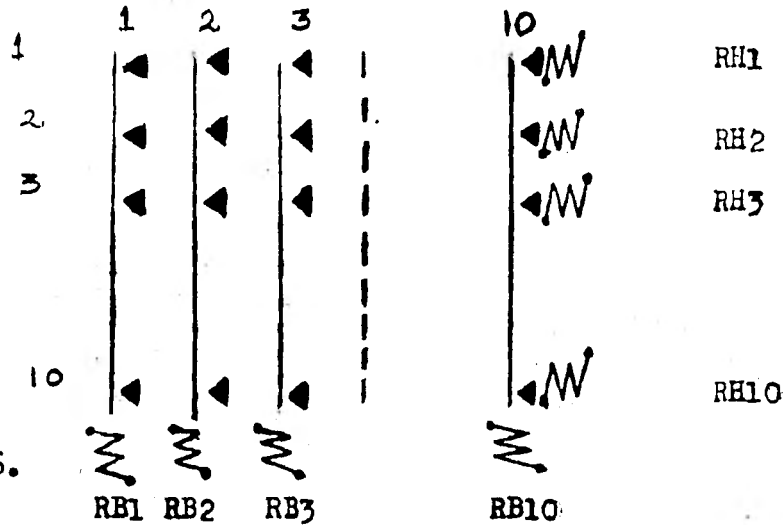


Fig.46.

En la cual se ve claro que los relevadores RH1, RH2, ...RH10 mueven sus filas respectivas de contactos horizontales y los relevadores RB1, RB2, ...RB10 mueven cada uno su barra vertical correspondiente. Para establecer una conexión se requiere movimiento vertical y movimiento horizontal éste selector es tan flexible que puede tener por ejemplo 10 entradas y 10 salidas, una entrada y 100 salidas, 5 entradas y 20 salidas, etc.

#### 2-2-2b.- Semielectrónicos

Generalmente una central telefónica tiene 10,000 abonados conectados a ella, pero sólo puede atender a 1,000 a la vez. La optimización de éstos sistemas tiende a lo siguiente: Tener 1,000-

circuitos de entrada y un solo circuito para enrutar sucesivamente a todas esas llamadas Fig. 47.

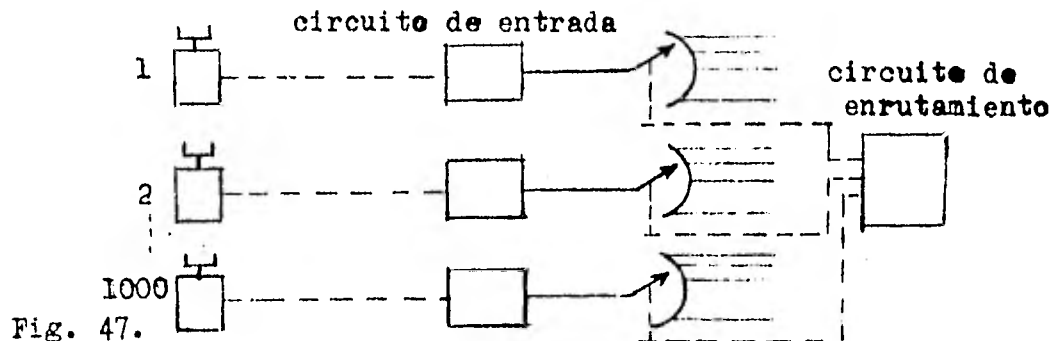


Fig. 47.

Esto no se puede hacer con un sistema electromecánico debido a la relativa lentitud de los dispositivos de éste.

La solución obvia e ideal es hacer electrónico el sistema de conmutación ya que sabemos que los circuitos de switchero electrónico tienen tiempos de operación del orden de microsegundos. Supongamos que el sistema electrónico propuesto ha encontrado ya la ruta adecuada para enlazar los teléfonos A y B en este momento se le presenta el problema de cerrar el circuito para que los interesados puedan conversar. Dicho de otro modo habrá que unir cada bloque con el que le sigue en la ruta seleccionada. Fig. 48.

Esta unión debe tener características especiales o sea que de-

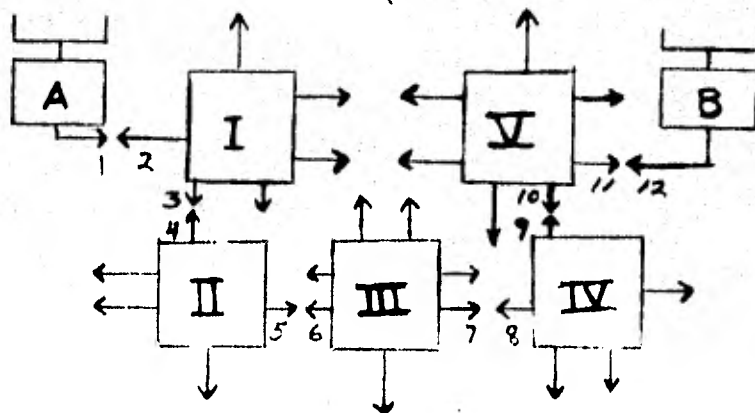


Fig. 48.

be cumplir con la condición de ser bilateral pero sabemos que los semiconductores actuales sólo conducen en un sentido. Existen algunas posibilidades de evitar éste problema, por ejemplo, el circuito de unión entre bloques sería como el mostrado en la Fig.49.

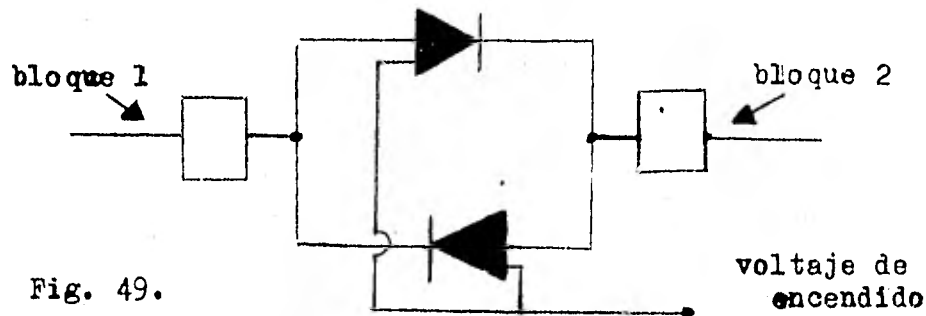


Fig. 49.

En el cual tenemos dos SCR (rectificadores controlados de silicio) que serán activados en el momento apropiado por un voltaje de encendido proveniente del enrutador.

Si no les llega éste voltaje ninguno de los rectificadores conduce y la conexión está abierta. El problema de éste sistema es que los diodos tienen pérdidas y son alineales o sea que: en un enlace que utilice varios de éstos dispositivos se perderá prácticamente la señal de voz. Otra solución consiste en duplicar totalmente el sistema para que tengamos dos sentidos de comunicación pero esto es obviamente incosteable.

Cuando la capacidad es grande por ejm... en sistemas urbanos, la solución ideal es el sistema semielectrónico o sea control electrónico de la ruta y cierre de contactos electromecánico, lo cual no resta velocidad al sistema ya que se puede establecer la ruta por ejemplo en 1/100 de segundo y cerrar todos los contactos de ella - en 1/100 de segundo con lo cual el enrutador tardaría 10 segundos



en atender 1000 llamadas simultáneas.

Con lo anterior se justifica la necesidad de los sistemas semielectrónicos.

#### 2-2-2c.- Electrónicos.

En los capítulos anteriores, han sido estudiados 2 tipos básicos de sistemas de conmutación electromecánica automáticos:

Control Directo; en donde el disco de marcar del abonado controla directamente el equipo que establece la conexión. Y el control común en donde el equipo del conmutador establece las comunicaciones con el uso de un pequeño equipo compartido.

El sistema de control directo es ejemplificado por los conmutadores "paso a paso" que normalmente se usan en todas las compañías telefónicas independientes de los E. U. y aproximadamente en un 44% de las líneas con sistema Bell.

El Sistema de Control Común sirve al restante 55% de las líneas del sistema Bell y puede ser dividida en 48% para Cross-Bar y 7% para sistema de tablero indicador.

Actualmente el sistema de conmutación electrónico sirve solamente al 1% de los teléfonos en uso, pero se puede anticipar que para el año 2000 todas las centrales tendrán equipos electrónicos.

La eficiencia de los sistemas electromecánicos de control directo y de control común para satisfacer la creciente demanda está limitada por la baja velocidad de conmutación; como consecuencia los esfuerzos de investigación y desarrollo han sido dirigidos para producir un sistema económico de conmutación electrónica. - El desarrollo reciente de elementos del "estado-sólido" como ---

transistores y circuitos integrados, ha incrementado grandemente la velocidad de conmutación, avanzando el desenvolvimiento de la conmutación electrónica.

Esencialmente es la velocidad la que justifica la necesidad de una mayor complejidad en un sistema de conmutación electrónica. Por ejemplo ahora es posible cambiar las condiciones del circuito a velocidades de unos pocos nanosegundos, (un billonésimo de segundo) en cambio varios milisegundos se requieren usualmente para la conmutación en los sistemas electromecánicos.

Las mayores velocidades de los dispositivos electrónicos, hacen posible que un sólo elemento de control común en una central de conmutación electrónica puede atender 65000 líneas; en cambio el sistema No. 5 de Cross-Bar, es capaz de atender normalmente 10,000 líneas, y requiere un número doble de equipo de control.

#### Conceptos de Conmutación Electrónica.

Los sistemas de conmutación electrónica desarrollados, difieren mucho de los sistemas electromecánicos, en lugar de reemplazar solamente relevadores selectores e interruptores de Cross-Bar de los sistemas electromecánicos por transistores u otros circuitos electrónicos, muchos conceptos nuevos han sido introducidos.

Los dos tipos principales de sistemas electrónicos que han sido construidos en EE.UU. y puestos en servicio emplean diferentes sistemas de control, aunque usan técnicas similares.

Estas son:

Multiplex por división de tiempo (Time Division Mult. TDM).

División de espacio en categorías (Space Division Categories).

El sistema de Multiplex por división de tiempo (TDM) electrónico puede ser representado como una carretera común sobre la cual todas las conversaciones tienen lugar.

Este camino es compartido en el tiempo por todas las líneas de los abonados que son conectadas al troncal principal a través de una serie de compuertas electrónicas de muestreo de alta velocidad.

Los primeros diseños de la Compañía Automática (EAX) y los laboratorios de teléfonos Bell, utilizaron este método.

Los equipos de la Compañía Eléctrica Automática y los sistemas Bell No. 101 ESS emplean TDM de switcheo electrónico. Este tipo particular es más conveniente para instalaciones PEX (conmutadores secretariales) y pequeñas centrales, aunque recientes adaptaciones han incrementado la capacidad del No. 101 ESS a 3,000 líneas.

El método de división del espacio en categorías establece una trayectoria individual entre las líneas del que llama y el que contesta, que es la base del sistema Bell No. 1 ESS.

TDM utiliza una trayectoria común de transmisión. Esto puede ser comparado al método de división de frecuencia de los sistemas telefónicos de onda portadora en donde los diferentes canales de voz son juntados en los mismos conductores. Una diferente banda de frecuencia es usada para cada canal de voz en este tipo de sistema.

Por otra parte en el sistema TDM una señal de voz es muestreada en forma repetitiva y transmitida en una secuencia de tiempo definida con respecto a las muestras de los otros canales de voz.

Este método que también es utilizado en el sistema (PCM), se ilustra en la Fig. 50.

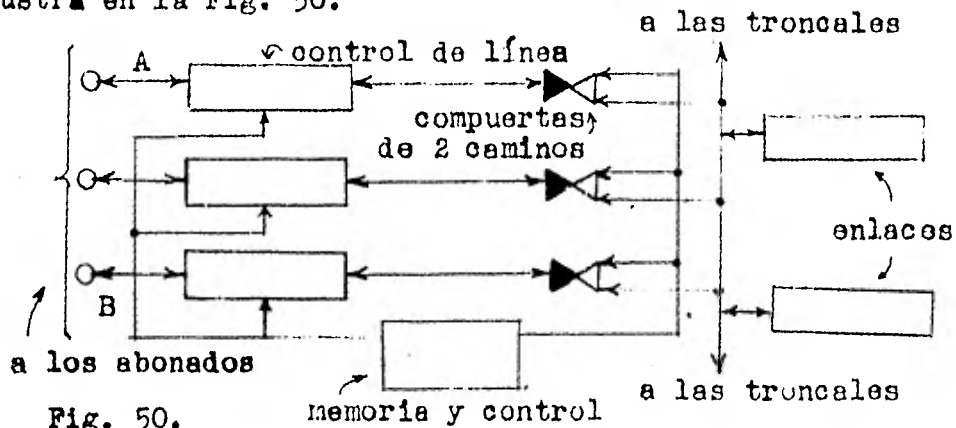


Fig. 50.

Para transmitir fielmente y reproducir la señal de voz original se debe muestrear instantáneamente a intervalos regulares en un rango que es cuando menos el doble de la mayor frecuencia significativa de la señal. A causa de que los canales de voz normalmente cubren de 200 a 3,200 Hz de rango o sea un ancho de banda nominal de 4,000 Hz. Una relación de muestreo de 8,000 Hz es generalmente empleada para tomar dos muestras durante cada ciclo de la señal de voz. Estas muestras son transmitidas como una serie de pulsos sobre la trayectoria común de transmisión. De ésta manera el mismo equipo de transmisión puede ser compartido por muchas conversaciones.

Refiriendonos a la figura 50, sigamos una llamada en la central del sistema TDM en donde el abonado A está hablando el abonado B y en donde el control y la memoria del circuito retienen éste dato.

La línea A es conectada a la trayectoria común; al mismo tiempo un enlace desocupado es conectado al camino, y una muestra de-

A es transmitida y almacenada temporalmente. Cuando la línea B es conectada al camino el enlace será conectado también.

Así la muestra almacenada en el enlace será transmitida hacia B en este corto período. El mismo proceso ocurre de B a A.

Los circuitos de control y memoria se requieren, para recordar que los abonados A y B están llamando al otro y para enviar pulsos de control a las compuertas electrónicas en el instante ---- adecuado.

Las trayectorias de transmisión del sistema de conmutación electrónica TDM generalmente siguen los conceptos del tipo división del espacio. Este capítulo se concentrará principalmente en los principios, técnicas y equipo que han sido diseñados para el sistema de conmutación electrónico Bell No. 1 ESS. Se debe entender que también son aplicables en muchos aspectos a los otros sistemas de conmutación electrónica como el tipo FAX de la Compañía - Eléctrica Automática. Los nuevos sistemas de conmutación electrónica que eventualmente reemplazaran a los tipos electromecánicos, hacen uso de programas que contienen unidades de lógica, memoria y control central para dirigir las operaciones.

El No. 1 ESS está compuesto por dos partes principales, designadas control central y red de conmutación, cada parte funciona separadamente.

La unidad de control central consta de los siguientes cinco -- elementos.

- 1.- Analizador de línea.
- 2.- Almacén de Programa.
- 3.- Almacén de Llamada.

4.- Red de conmutación y

5.- Centro de Administración y Mantenimiento

Notese que siempre hay un intercambio bilateral continuo entre el control central y los componentes relacionados con él. (Estos elementos y sus componentes se muestran en la Fig. 51). Este intercambio principalmente se refiere al estado de las líneas de los abonados y al desarrollo de las conversaciones.

El Teleimpresor es el dispositivo de comunicación utilizado entre el control central y el personal administrativo y de mantenimiento.

Hay muchos nuevos términos relacionados con las técnicas de conmutación electrónica y no tienen equivalente en los sistemas electromecánicos. Algunos de ellos relacionados con el proceso de computación y transmisión de datos. Por ejemplo, la memoria y la lógica juegan importantes papeles en todos los sistemas de conmutación: La memoria contiene las instrucciones almacenadas, mientras que la lógica decide como usar éstas instrucciones.

Recordando que en el sistema No. 5 Cross-Bar el registro tiene memoria y el marcadore produce las decisiones lógicas.

La memoria contiene un espacio de almacenamiento para instrucciones y datos: La información debe de ser programada dentro de la memoria y extraída de ella. Entonces la información almacenada en la memoria del No. 1 ESS deberá ser temporal. El almacenamiento temporal de la memoria puede ser comparado con una pizarra electrónica. Por ejemplo, la unidad almacén de llamada es una memoria temporal que recuerda el estado instantaneo de la líneas del abona

do, registra los dígitos marcados y otros datos transitorios durante el transcurso de una llamada. Cuando la llamada se termina la pizarra de la memoria electrónica es borrada.

Cualquier material o dispositivo que posea cuando menos dos -- estados estables es una memoria. El switch ordinario de iluminación es un ejemplo de un dispositivo de memoria porque tiene dos estados estables, prendido y apagado. Y éste recuerda su posición como resultado de una operación manual. Los relevadores solo pueden recordar una orden eléctrica, ellos han funcionado como dispositivos de memoria en los diseños electromecánicos por muchos --- años. Sus operaciones de operación y desoperación son demasiado lentas para usarlas en sistemas de conmutación electrónica.

El dispositivo de memoria desarrollado para el No. 1 ESS puede ser clasificado como del tipo de imán permanente usado para el almacenamiento temporal en el almacén de programa.

Una diferencia adicional con los sistemas de conmutación electromecánicos es la omisión de relevadores L y CO para todas las líneas de los abonados.

En su lugar cada línea de abonado se conecta a un transformador de núcleo saturable llamado sensor de hierro. Este dispositivo (Fig. 52) indica si el teléfono está colgado ó descolgado. Cada sensor de hierro es analizado aproximadamente 5 veces cada segundo por circuitos electrónicos para determinar si ha ocurrido algún cambio de estado; esto es; si el teléfono ha cambiado a colgado o descolgado ó viceversa.

Otro dispositivo esencial es el Perreed Crosspoint Switch ...

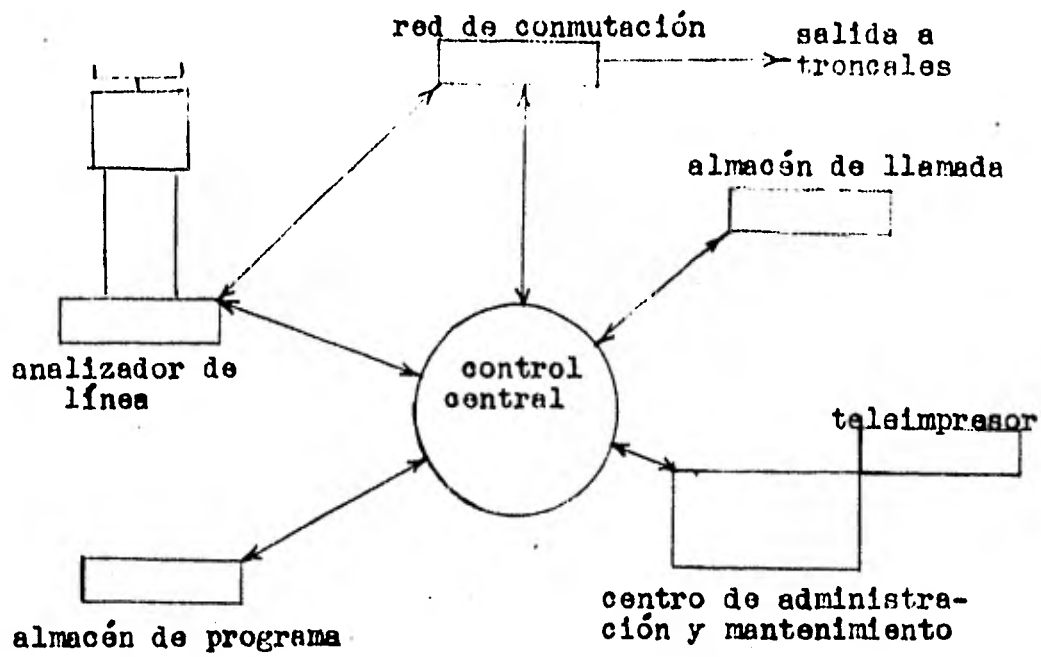
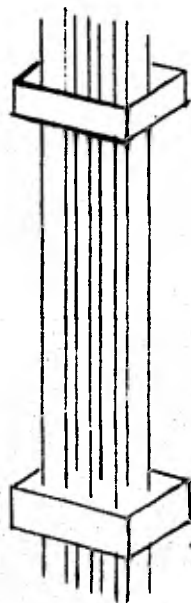


Fig. 51



sensor de hierro

Fig. 52



Fig. 53, que ejecuta las operaciones de conmutación entre las líneas de abonados, líneas de enlace y troncales. Este dispositivo es comparable al selector Cross-Bar

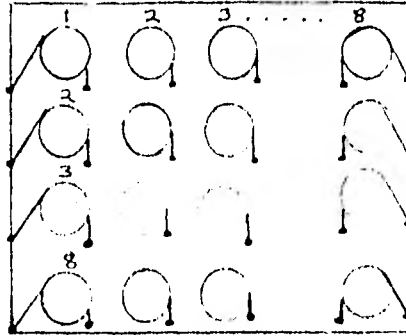


Fig. 53

El Ferreed Crosspoint Switch consiste de dos cañas magnéticas encerradas en una envoltura de vidrio y montadas entre placas de una aleación magnética de dos estados.

Esta aleación puede ser cambiada muy rápidamente de un estado a otro con pulsos de corriente muy pequeños. Permanece magnéticamente saturado hasta que otro pulso de corriente la regresa a su estado original.

El Ferreed Crosspoint Switch opera en fracciones de milisegundo. Este solo hace el switcheo. La selección de las trayectorias desocupadas y troncales, se obtiene por otros dispositivos electrónicos.

#### Compuertas Electrónicas y Circuitos Lógicos

Basicamente los dispositivos de memoria en el No. 1 ESS almacenan los bits en una celda. Millones de bits pueden ser llamados en unos pocos microsegundos después de haber sido almacenados --

mientras que otros pueden ser almacenados por años y llamados tan frecuentemente como se les requiera.

El sistema binario está basado en potencias de dos, en contraste con el sistema decimal que está basado en potencias de 10.

Un bit (abreviación de binario) representa uno de dos estados. En sistemas de conmutación electrónica, el binario 1 puede indicar la presencia de una señal. El binario 0 puede representar la ausencia de una señal.

Los circuitos lógicos son elementos muy importantes en los sistemas de conmutación electrónicos. Las compuertas electrónicas -- mencionadas en relación con los sistemas de conmutación electrónicos TDM, son una parte de los circuitos lógicos. En realidad la compuerta es un circuito relativamente simple de conmutación -- electrónica que emplea elementos de estado sólido como diodos y transistores. Las compuertas manejan información que puede ser en forma de pulsos eléctricos, que fluyen cuando hay ciertas señales. Si existe otra señal diferente a la deseada, el flujo de información se detiene.

El transistor es usado como un dispositivo de compuerta ó de conmutación en los circuitos lógicos porque es capaz de proveer ganancia de corriente, voltaje o potencia para dirigirla a subsiguientes circuitos. Además el transistor puede invertir la señal de entrada y puede acoplar las impedancias de entrada a la salida para obtener óptima transferencia de potencia.

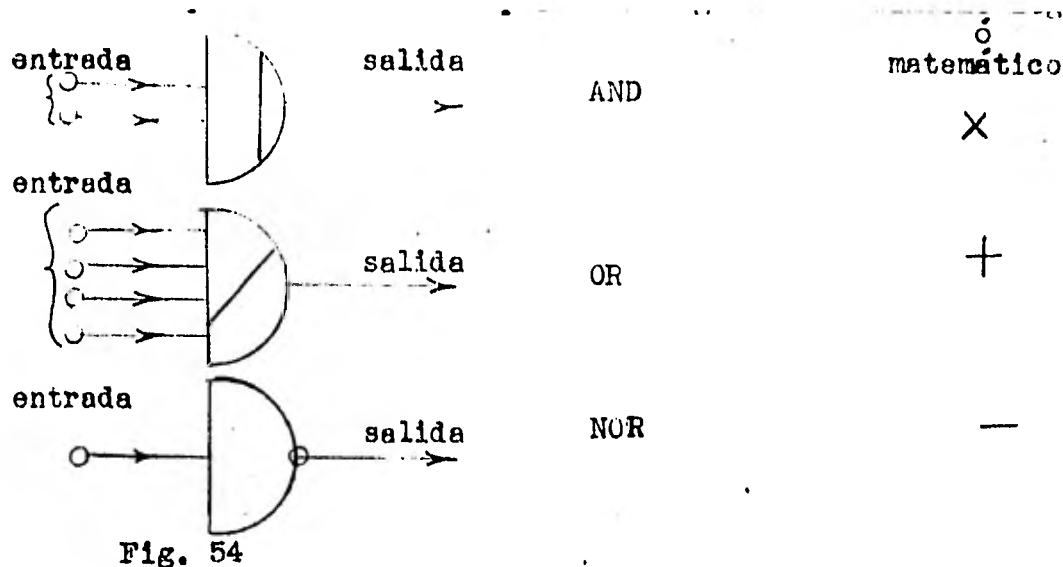
Estas compuertas lógicas pueden ser clasificadas como; AND, OR y NOR. Por ejm, en la compuerta AND aparecen pulsos eléctricos si simultaneamente en todas sus entradas producirán un pulso a la....

salida. La compuerta OR tendrá señal de salida únicamente cuando una ó más de las entradas tengan señal. La compuerta NOR es un circuito de una sola entrada cuya salida es energizada solo si la entrada no lo es. Este tipo de circuito de compuerta es también un amplificador inversor.

Los símbolos y operaciones lógicas correspondientes a éstas - compuertas se ilustran en la Fig. 54, además se representan mediante signos matemáticos las operaciones lógicas de las compuertas AND, OR y NOR.

Los niveles de entrada y salida de estos elementos lógicos se refieren a los binarios 0 y 1, en lugar de términos de voltaje. Un binario 1 puede ser recordado como representante de un potencial negativo y 0 puede ser considerado como cero volts o potencial de tierra.

Las compuertas AND, OR y NOR, incluyen 3 de los elementos lógicos básicos utilizados para las funciones de conmutación electrónica. Los papeles de conmutación de estas compuertas dependen de los niveles adecuados de señal así pues usualmente los amplificadores son incluidos en estos circuitos. El tiempo es otro elemento muy importante para los dispositivos de memoria. Entonces, resumiendo, nosotros podemos establecer que los elementos lógicos básicos se componen de dispositivos de interrupción (conmutación), de amplificación y de memoria, todos ellos forman componentes esenciales en los sistemas electrónicos de conmutación No. 1 ESS y EAX.



### Funciones del Programa Almacenado

El uso de un sistema de programa almacenado para controlar las operaciones le da una gran flexibilidad al No. 1 ESS, sistema de programa almacenado ya que puede cambiar su memoria y su lógica.

Una medida de la flexibilidad de estos procedimientos se puede realizar comparando los métodos lógicos empleados en el sistema electromecánico.

En los sistemas electromecánicos los cables de cobre conectados contienen la lógica y cada circuito está preparado para ejecutar una operación específicamente programada. Como resultado era necesario usualmente aumentar o reemplazar el equipo y el alambreado de los circuitos para efectuar un cambio de operaciones.

A menudo es más caro modificar el equipo existente para nuevas funciones, que realizar estas con un nuevo equipo. En contraste, el programa almacenado en el No. 1 ESS es contenido en tarjetas enchufables e intercambiables que son insertadas en la memoria.

En consecuencia, es necesario solamente cambiar una tarjeta de

la memoria para alterar una operación lógica en el programa almacenado. Este sistema permite usar conceptos nuevos de diseño o -- servicios adicionales que pueden ser rápidamente adicionados a -- las centrales que tengan el sistema No. 1 ESS .

En sistemas electromecánicos, cada operación en la secuencia -- de conmutación, dispara la operación que sigue. En el No. 1 ESS el programa almacenado es el disparador; Por e.j.m, se puede enviar tono de marcar a un abonado, después conectar a otro abonado a la red de conmutación, a continuación cortar la línea a un tercer abonado y por último regresar al primer abonado para ver los dígitos que marcó.

Desde el punto de vista del abonado, su llamada aparece en una secuencia continua hasta que la conexión es completada. Solo una operación puede ser hecha a la vez por el sistema, pero su enorme velocidad hace que se vea como si todas las llamadas fueran -- procesadas simultáneamente.

El programa almacenado contiene cinco grupos funcionales de lógica programada. Cada uno controla una fase particular en el manejo de la llamada.

Una breve descripción de las funciones de cada grupo es la sig.

Programas de Entrada; Recogen la información de todas las líneas de los abonados y, de las líneas troncales.

Programas Operacionales; Examinan la información recibida y decide que acción de salida se requiere.

Subrutinas; Contiene datos con respecto a la traducción de -- dígitos marcados, y troncales principales, así como las trayecto

rias en las redes para el uso de los programas de salida.

Programas de Salida; Realizan conexiones en la red de conmutación y operan relevadores en las troncales principales.

Programa de Control de Mando; Determina cuando cada uno de los programas anteriores es llamado a operar.

#### Análisis de Línea en el No. 1 ESS

Levantando el microteléfono se origina una llamada en sistemas electrónicos ó electromecánicos, pero a partir de éste las operaciones realizadas en el No. 1 ESS son completamente diferentes a las realizadas en los sistemas electromecánicos. Por eim, en la central Cross-Bar hay un relevador de línea (L) para cada línea de abonado.

Este relevador opera siempre que el microteléfono es levantado para iniciar una llamada. Esta operación comienza el proceso de conmutación electromecánico. En el No. 1 ESS no hay relevadores de línea; en su lugar, cada línea de abonado está conectada a un sensor de hierro, un transformador saturable de núcleo de ferrita que está compuesto de un bloque rectangular de ferrita rodeado por cuatro devanados. Dos devanados estan conectados en un circuito balanceado (bobina híbrida) a los conductores de transmisión y de recepción de la línea del abonado.

Los otros dos devanados estan conectados a un circuito analizador como se muestra en la Fig. 55.

El sensor de hierro indica el estado de su línea, esto es si el teléfono está colgado ó descolgado. Si el microteléfono está

colgado no habrá corriente en la línea. Por eso un pulso de corriente aplicado a uno de los devanados del sensor de hierro producirá un pulso correspondiente en el otro devanado.

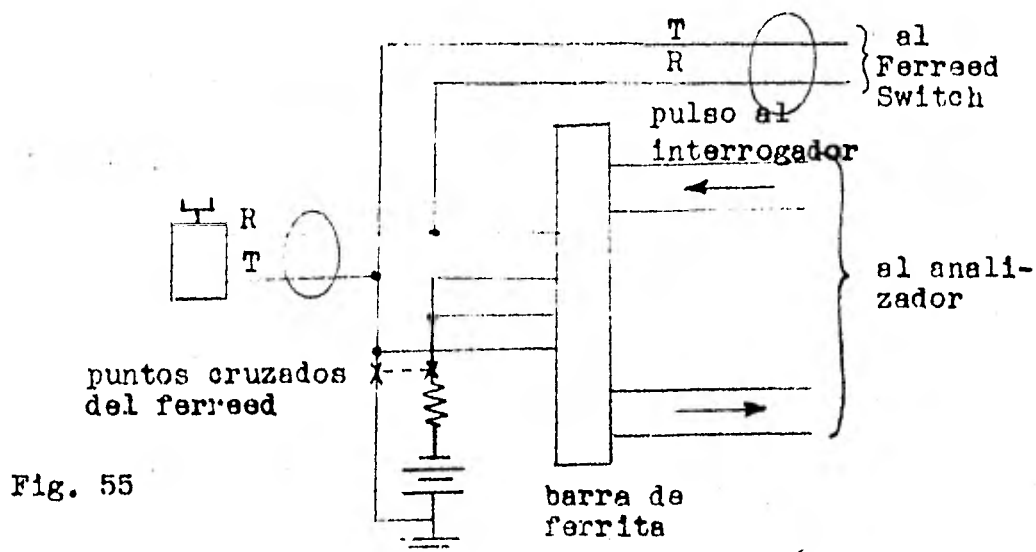


Fig. 55

Cuando el microteléfono está descolgado, hay corriente en la línea y el núcleo del sensor estará saturado. En este caso cuando el pulso de corriente es aplicado al devanado "interrogador" del sensor de hierro, el núcleo de ferrita saturado impedirá que se induzca un voltaje en el otro devanado.

La fuente de alimentación para el circuito balanceado del sensor de hierro, es controlada, por los contactos del Ferræed Cross point Switch de la red de conmutación. Este switch es operado -- cuando se origina una llamada para conectar al abonado que llama a la red.

Similarmente para las llamadas que vienen, de otras centrales funciona como un selector Cross-Bar para hacer la conexión a la línea llamada.

El sensor de hierro de toda línea de abonado es analizado

lo menos una vez cada 200 milisegundos por el control central (ver Fig. 56). El estado actual de la línea es reportado al control central por el analizador de línea y el anterior estado es reportado por la memoria.

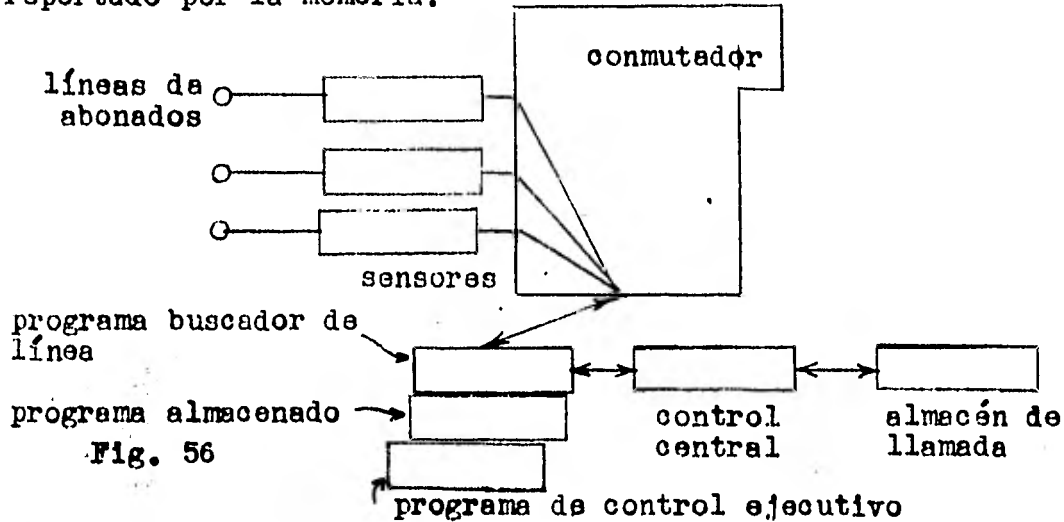


Fig. 56

Siempre que se encuentre un cambio de estado en la línea, el programa analizador de línea detiene la acción de análisis. Al mismo tiempo el número de la línea es grabado en el almacén de llamada.

Ejemplo:

#### Análisis del Estado de la Línea

Recordemos que el circuito de análisis realiza su operación -- cada 200 milisegundos en la forma en que se puede observar en la Fig. 57.

Se observa que a la salida del sensor de hierro tendremos un 1 si el abonado A está colgado, pero si está descolgado tendremos un 0 ya que el sensor se encontraba previamente saturado y no habrá inducción de un devanado al otro. Asimismo la memoria nos reporta con un 0 ó un 1 el estado anterior del sistema.



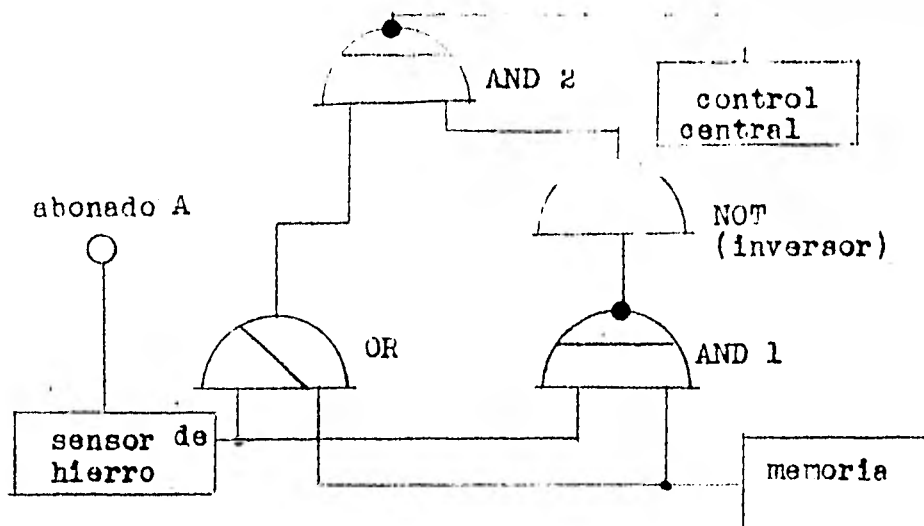


Fig. 57

Luego entonces la tabla de verdad correspondiente es la mostrada a continuación.

sensor de hierro	memoria	OR	AND 1	NOT	AND 2	control central
1	0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0

En la cual los unos y ceros en las dos primeras columnas significan colgado y descolgado respectivamente y los unos y ceros en la última columna significan cambios de estado y no cambios respectivamente.

De ésta forma el control central se entera si ha habido ó no cambio de estado en la línea.

## Control Central

El papel más importante en el procesamiento de una llamada es el que desempeña el control central. Es una computadora digital del tipo síncrono que ejecuta acciones muy complejas, solo una a la vez. Los pulsos de reloj generados por un cristal oscilador de 2 MHz proveen ciclos de 5.5 microsegundos, que controlan el proceso. Debido a su complejidad, el control completo de la unidad No. 1 ESS es duplicado. Esto es, hay dos unidades de control central, programa almacenado y almacén de llamada. Los dos controles centrales procesan todos los datos y operaciones simultáneamente y los resultados son comparados para chocar cualquier error.

El entendimiento de las operaciones del control central y su programa almacenado y almacén de llamada requiere un conocimiento de procesamiento de datos e ingeniería de computación. Esas explicaciones están fuera del campo de éste libro. Tres clases principales de instrucciones son recibidas por el control central. La primera comprende ordenes para registrar el estado de las líneas ó las troncales. Por ejemplo, el control central puede ser dirigido para examinar el analizador de sensor de hierro de la línea.

Una segunda clase de instrucciones procesa los datos de entrada. En este caso el control central puede procesar los datos de entrada depositando los resultados temporalmente en el almacén de llamada, y tomándolos de ahí cuando sean necesarios.

Estas operaciones no tienen una secuencia obligada.

La tercera clase de instrucciones se refiere a las salidas producidas por el control central el cual opera, por ejemplo, relevadores en circuitos troncales y cierra interruptores en líneas

de enlace y troncales.

En general una sola instrucción controla una sola operación. Sin embargo las instrucciones individuales pueden ser combinadas de varias formas como se requiera para propósitos de control.

La transmisión de datos y señales de control entre el control central y las otras unidades en el No. 1 ESS es manejada sobre un sistema periférico de barra colectora que es un cable multipar especial que interconecta los principales subsistemas usados en el proceso de la llamada.

#### Dispositivos de Memoria

Los dispositivos de memoria en el No. 1 ESS están diseñados para almacenar un bit en una localización específica y tomarlo de ahí cuando sea necesario. Millones de bits pueden ser guardados en la memoria y algunos de ellos pueden ser almacenados por años y llamados tan seguido como sea necesario. Otros pueden ser requeridos en unos cuantos microsegundos.

Un material de ferrita biestable de composición uniforme es usado para el núcleo magnético de una celda de memoria. Su característica magnética principal es una curva de histeresis cuadrada. Miles de esos núcleos son ensamblados en una trama de alambres para formar la memoria. Cada núcleo de ferrita es cruzado por dos alambres que se intersectan en ángulo recto. El núcleo puede ser magnetizado ya sea en dirección, de las manecillas del reloj ó al revés, haciendo pasar suficiente corriente en la dirección apropiada. La magnetización en sentido de las manecillas del reloj representa un binario 0 y la magnetización contraria, un binario

1. La Fig. 58 muestra una celda de memoria en su forma más simple.

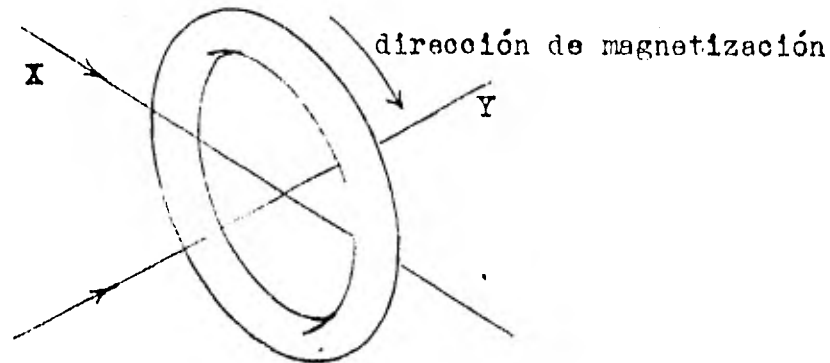


Fig. 58

Para almacenar o escribir un binario dentro del núcleo de memoria se necesita que la corriente sea mandada a través de los alambres X y Y en la dirección correcta. Esto se realiza aplicando la mitad del valor de la corriente necesaria para cambiar la magnetización del núcleo en el alambre X, la otra mitad de la corriente pasa en el alambre Y. La corriente en cada alambre, es menor que la necesaria para cambiar la magnetización del núcleo; Más aún, la magnetización de un núcleo no podrá cambiar si solo uno de los alambres que lo cruzan lleva corriente. El resultado es que solo el núcleo que está en la intersección de los alambres X y Y podrá ser magnetizado en cualquiera de las dos direcciones. Este núcleo entonces retendrá la magnetización sin mayor aplicación de corriente.

Los mismos valores de corriente son aplicados a la celda de memoria para leer el binario que había sido almacenado. Por eím, - asumiendo que el núcleo ha sido magnetizado en la dirección de

las manecillas del reloj, ahora, si las corrientes aplicadas tienden a magnetizar el núcleo también en la misma dirección, la magnetización del núcleo cambiará. Sin embargo, si el núcleo ha sido magnetizado en la dirección contraria a las manecillas del reloj, las corrientes aplicadas provocarán un cambio en el flujo magnético del núcleo. Esta inversión del flujo magnético induce un pulso de voltaje en el alambre sensor que es usado para leer la memoria. La lectura de la memoria, consiste en la percepción de estos voltajes inducidos en el alambre sensor.

### III.- DISEÑO

#### 3-1.- Planteamiento del Problema

##### 3-1-1.- Diagrama de Bloques

Hay dos formas de hacer un diseño.

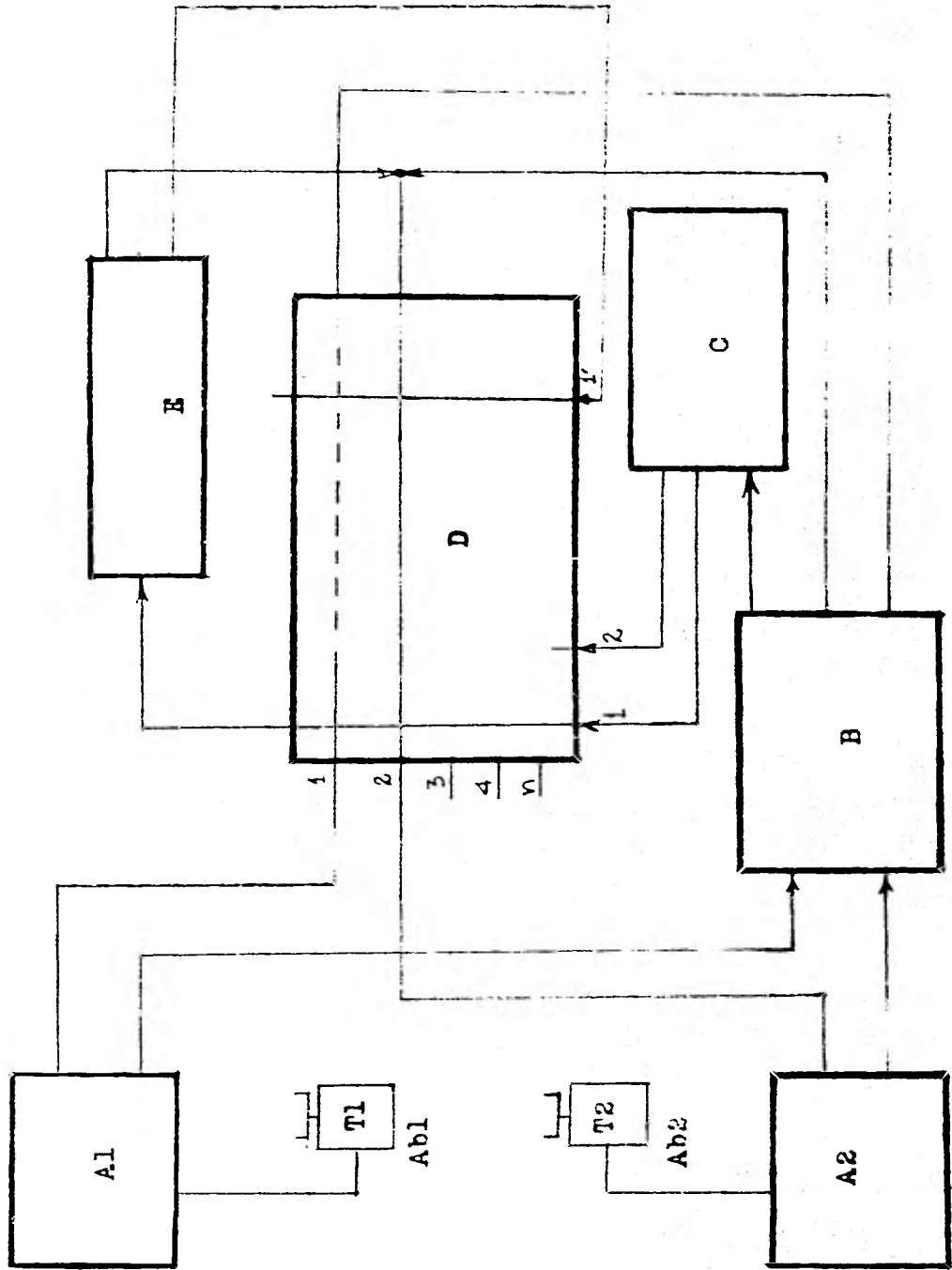
La primera es partir de la nada e ir lentamente evolucionando un sistema hasta llegar al efecto deseado, y la otra es partir de una serie de condiciones establecer un sistema de ecuaciones y resolverlo por cualquier método.

En nuestro caso presentaremos inicialmente un diagrama de bloques fijando las condiciones que debe llenar cada una de las .... "cajas negras" una vez establecido este "sistema de ecuaciones" procederemos a deducir el circuito lógico que satisface dicho sistema de ecuaciones.

Con el circuito lógico en el papel el siguiente paso es calcular el circuito electrónico correspondiente y por último se procede a elaborarlo físicamente y hacerle las pruebas necesarias.

La Fig. 59 nos muestra el diagrama de bloques de nuestro sistema.

Diagrama de Bloques



3-1-2.- Explicación del Diagrama de Bloques (Fig. 59)

Abl llama a Ab2.

- 1.- Abl descuelga su microteléfono.
- 2.- Bloque Al suministra C.C para alimentar el teléfono.
- 3.- Circuito Al envía una señal al bloque B para pedir línea.
- 4.- Circuito B se bloquea para cualquier otra solicitud.
- 5.- Bloque B manda una señal al buscador de verticales (estable).C
- 6.- Circuito B manda una señal a la horizontal de Abl para activarla.
- 7.- Bloque C encuentra una vertical libre y la activa para que -- toque a la horizontal de Abl.
- 8.- Al conectarse la horizontal de Abl con la vertical libre se - envía un negativo al bloque Al para que suspenda su solicitud de línea.
- 9.- Bloque B se desbloquea quedando libre para otra solicitud.
- 10.- El mismo negativo del paso 8 sirve para bloquear la horizontal de Abl.
- 11.- Circuito Al manda señal al bloque E para activarlo y al circuito D para que pueda activar sus verticales.
- 12.- Bloque E manda tono de marcar a Abl a través de los bloques- D (selector) y Al.
- 13.- Abl marca un " \* " .
- 14.- Al llegar la señal " \* " al circuito E se suspende el tono de marcar.
- 15.- Abl marca el número deseado. Por ejemplo, 2
- 16.- Bloque E enruta la señal 2 hacia la horizontal dos y activa



- ésta última. Suponiendo que Ab2 está desocupado.
- 17.- Circuito E activa la vertical asociada a el, suponiendo que Ab2 está desocupado.
  - 18.- A través del bloque D se envía un negativo al circuito A2.
  - 19.- El circuito A2 envía corriente de llamada a Ab2 a causa del negativo recibido.
  - 20.- Abl recibe tono de llamada proveniente del bloque E y a través de los bloques D y A1.
  - 21.- Se manda un negativo a través del selector D para bloquear la horizontal de Ab2.
  - 22.- El mismo negativo llega al circuito A2 para impedir que cuando Ab2 descuelgue mande solicitud de línea al bloque B.
  - 23.- Ab2 descuelga
  - 24.- Circuito A2 energiza el teléfono de Ab2.
  - 25.- Bloque A2 interrumpe corriente de llamada a Ab2.
  - 26.- Circuito A2 envía a través del conmutador D una señal al bloque E.
  - 27.- Bloque E se desactiva y cortocircuita la señal entrante con la señal saliente.
  - 28.- Abl y Ab2 conversan.
  - 29.- Si Abl cuelga primero su microteléfono A1 suspende la señal enviada en el paso 11 con lo que se desactivan las verticales utilizadas en el enlace y el sistema le da nueva línea a Ab2
  - 30.- Si Ab2 cuelga primero su microteléfono le vuelve a entrar la corriente de llamada mientras Abl tenga descolgado su aparato.

31.- Si Abl marcó ya el número de Ab2 y éste último ya está co---  
municado con Abn el bloque E manda tono de ocupado a Abl a  
través del selector D y el circuito A1. Abl debe colgar y es  
perar antes de insistir.

Estas son todas las operaciones que debe realizar nuestro sis-  
tema.

El proximo paso será diseñar los circuitos adecuados para ta--  
las funciones.

3-2.- Circuitos Lógicos

Circuito de Entrada

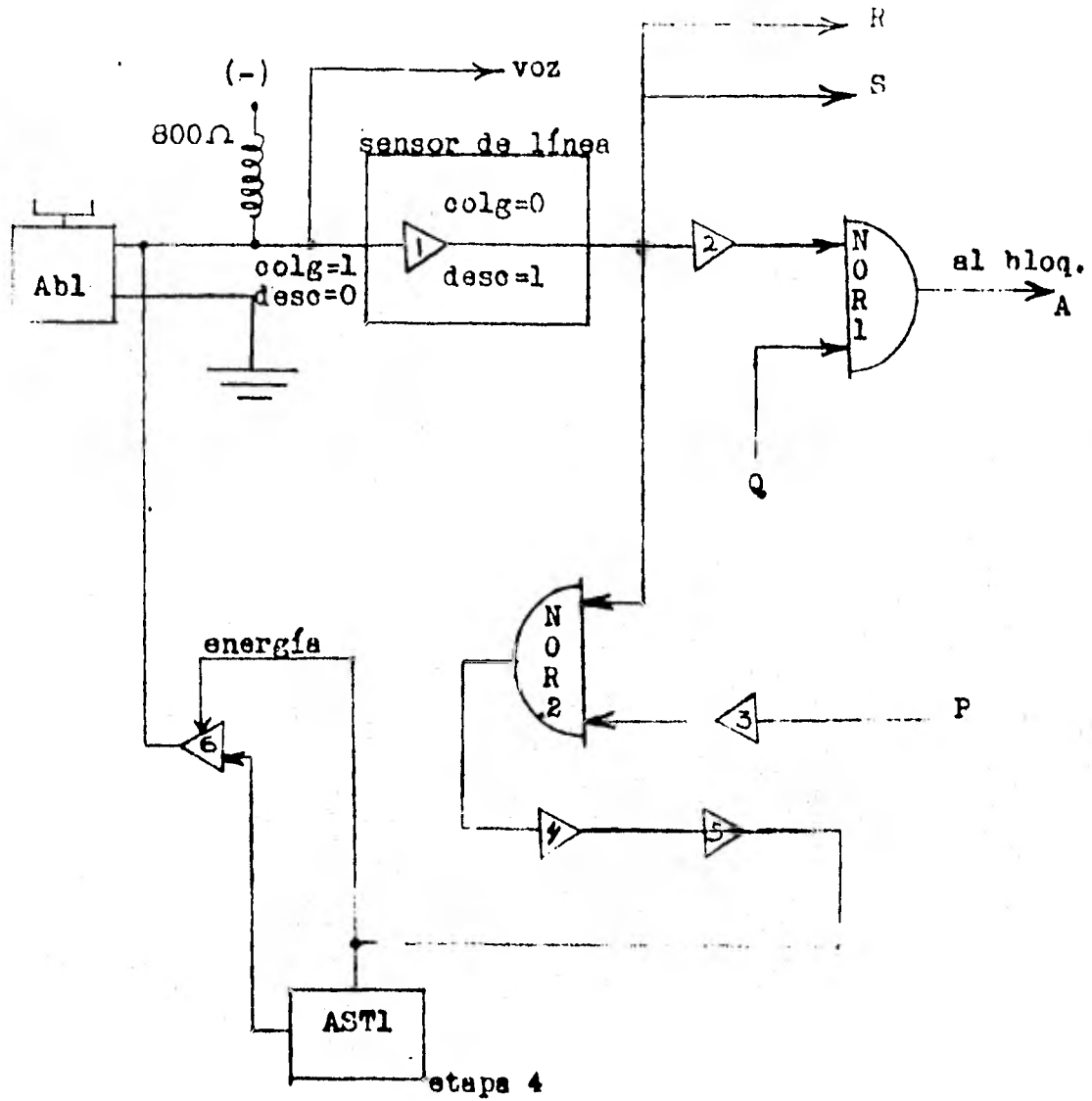


Fig. 60

Circuito de Entrada. (Fig. 60)

Tabla 1

teléfono	sensor de línea	inversor 2	Q	R	S	A
colgado (1)	0	1	0	0	0	0
colgado (1)	no es posible					
descolgado (0)	1	0	0	1	1	1
descolgado (0)	1	0	1	1	1	0

De la tabla anterior se puede deducir que; cuando el teléfono está colgado nuestra señal lógica para identificarlo será un 1 y cuando esté descolgado será un 0. La aparición de un 1 lógico en la entrada Q será posterior al acto de descolgar el teléfono.

Explicación de las señales de la tabla 1.

R.- Energiza al control central al hacer una llamada.

S.- Desenergiza al control central al recibir una llamada.

A.- Señal enviada al bloqueador para solicitar línea.

Q.- Anula la salida A de NOR1 después que Abl recibe línea.

En la tabla 2 por condiciones de diseño cuando el teléfono está descolgado no puede existir la señal P.

Explicación de las señales de la tabla 2.

P.- Es la señal enviada por el control central para activar al

estable AST1 mismo que va a marcar la corriente de llamada al -  
teléfono.

Tabla 2

teléfono	sensor de línea	P	inv.3	NOR2	inv.4	inv.5	inv.6	AST1
1	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	150Hz	150Hz
0	1	0	1	0	1	0	0	0
0	no es posible							

Circuito Bloqueador y Astable.

Para simplificar se hará el análisis solo para dos entradas -  
(A1 y A2) provenientes del circuito de entrada, (Fig. 61) que se  
muestra en la tabla 3.

Tabla 3

A1	A2	inv.7	inv.8	NOR3	NOR4	OR1	OR2	OR5	AST2
1	0	0	1	1	0	0	1	1	1 Hz
0	1	1	0	0	1	1	0	1	1 Hz
1*	1**	0	0	1	0	0	1	1	1 Hz
1**	1*	0	0	0	1	1	0	1	1 Hz
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

1\*.- Ocurre antes que 1\*\*

Circuito Bloqueador y Astable.

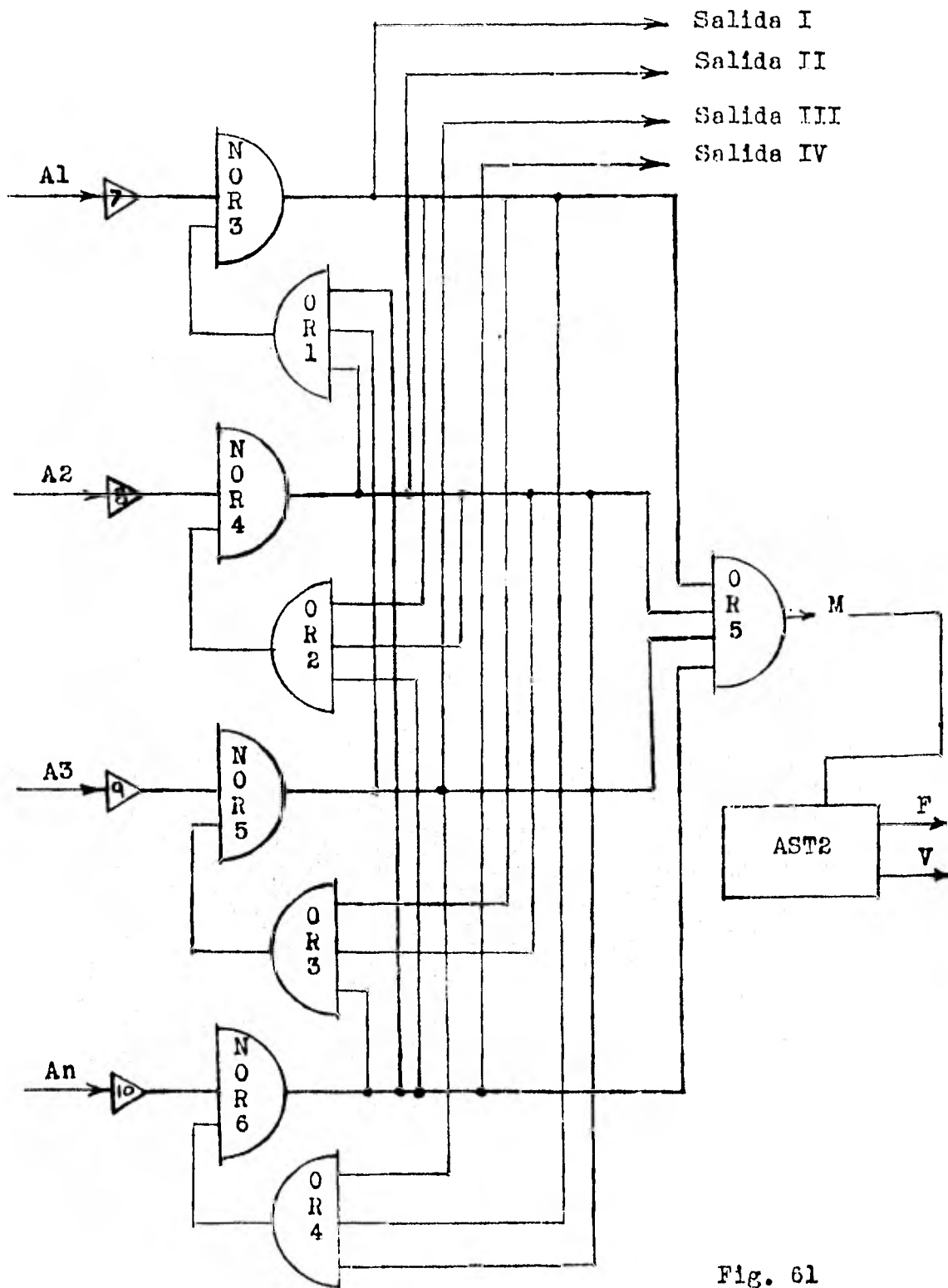


Fig. 61

Circuito de Accionamiento de la Horizontal (Fig. 62).

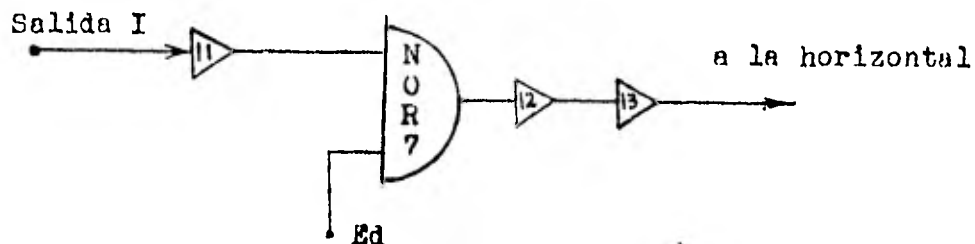


Fig. 62

La tabla de verdad correspondiente a el circuito de acciona---  
miento de la horizontal es la tabla 4 mostrada a continuación.

Tabla 4

Salida I	inv.i1	Ed	NOR7	inv.i2	inv.i3
1	0	0	1	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0

### Circuito de Tonos

La función de éste dispositivo va a ser la de proporcionarnos tres tipos de señales diferentes; tono de marcar, tono de llamada y tono de ocupado.

Los astables AST3, AST4, AST5 van a ser activados por señales enviadas desde el control central.

Las compuertas ANDX, ANDY y ANDZ son del tipo análogo, y es-

tas funcionarán de la siguiente manera.

ANDX solo estará enviando tono de llamada cuando el AST4 (1Hz) y AST3 (400Hz) estén enviando sus señales correspondientes.

ANDY nos estará proporcionando tono de ocupado si y solo si se encuentran activados el AST3 (400Hz) y AST5 (2Hz).

Tendremos tono de marcar cuando en la compuerta ANDZ concurren simultáneamente la señal de control 4 y la señal del astable .... AST3 ( ver Fig. 63).

Circuito de Tonos

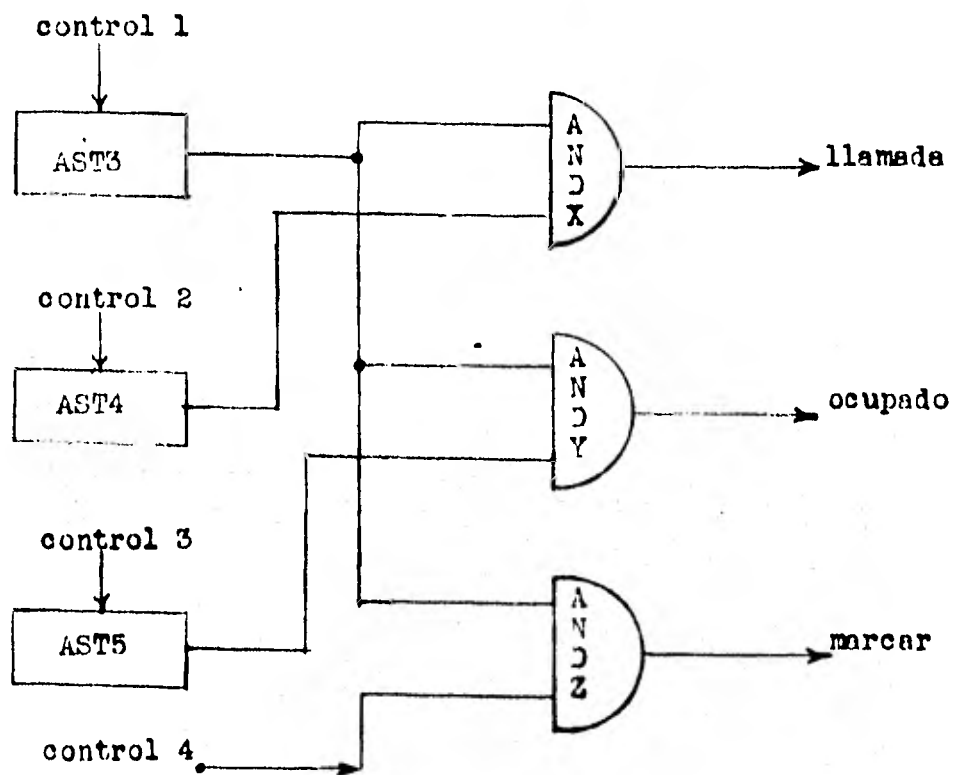


Fig. 63



### Circuito de Enrutamiento

La Fig. 64 nos muestra el diagrama de este dispositivo el cual funciona de la siguiente manera. Al pulsar una tecla en el teléfono se generan dos frecuencias una del grupo H y otra del grupo V. Cuando estas frecuencias llegan al circuito de enrutamiento cada una de ellas es identificada y separada por un filtro pasa banda.

La señal de salida del filtro alimenta una interfase que la -- convierte en un voltaje de C.D.

Para que una compuerta AND funcione debe recibir dos señales de C.D. La salida de cada compuerta acciona una horizontal del se lector.

### Teléfono de Teclado

En la Fig. 65 se ilustra el telefono de teclado cuyo funcio--- namiento es el siguiente. Al descolgar el microteléfono se desconecta la bocina (substituto del timbre), y entra el tono de marcar que nos deja en posibilidad de teclear el número deseado. Oprimamos por ejm, el número 8 ésto ocasionará que se conecten a tierra los capacitores C2 y C6; el C2 hace funcionar al OSC1 y el C6 --- hará funcionar al OSC2, la salida de estos circuitos será la entrada del mezclador.

El hecho de oprimir una tecla nos ocasiona tambien que se cierre el contacto 8-9 abriendo el contacto 8-10.

La salida del mezclador es alimentada a dos partes; la primera es la línea de transmisión hacia la central y la segunda es la resistencia R y el circuito de conversación.

Esto último es con la finalidad de que el abonado se de cuenta de que efectivamente el teclado está funcionando.

Cuando no se está marcando, la resistencia R está cortocircuitada y la señal de voz puede entrar y salir sin interrupción.

Circuito de Enrutamiento

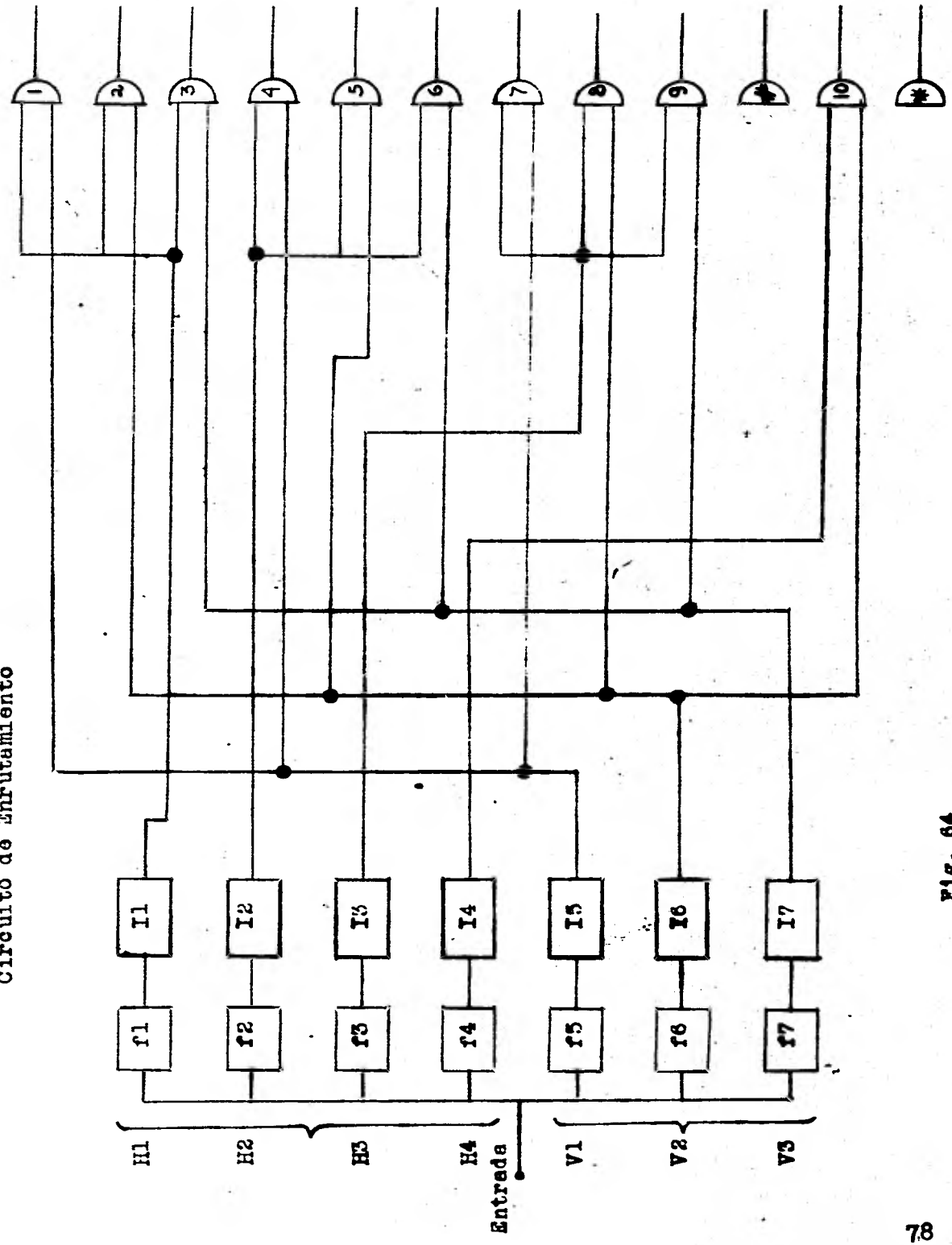


FIG. 64

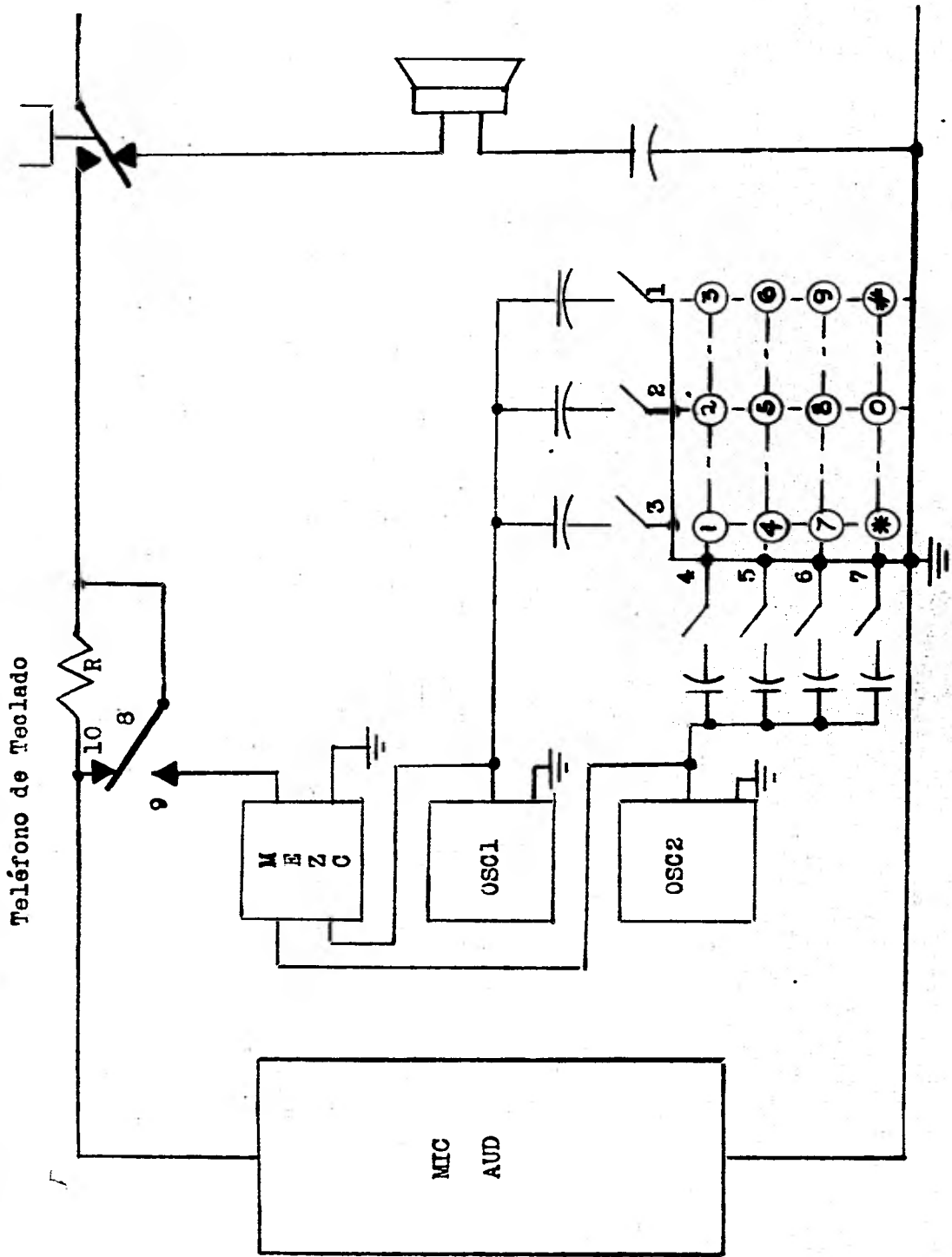
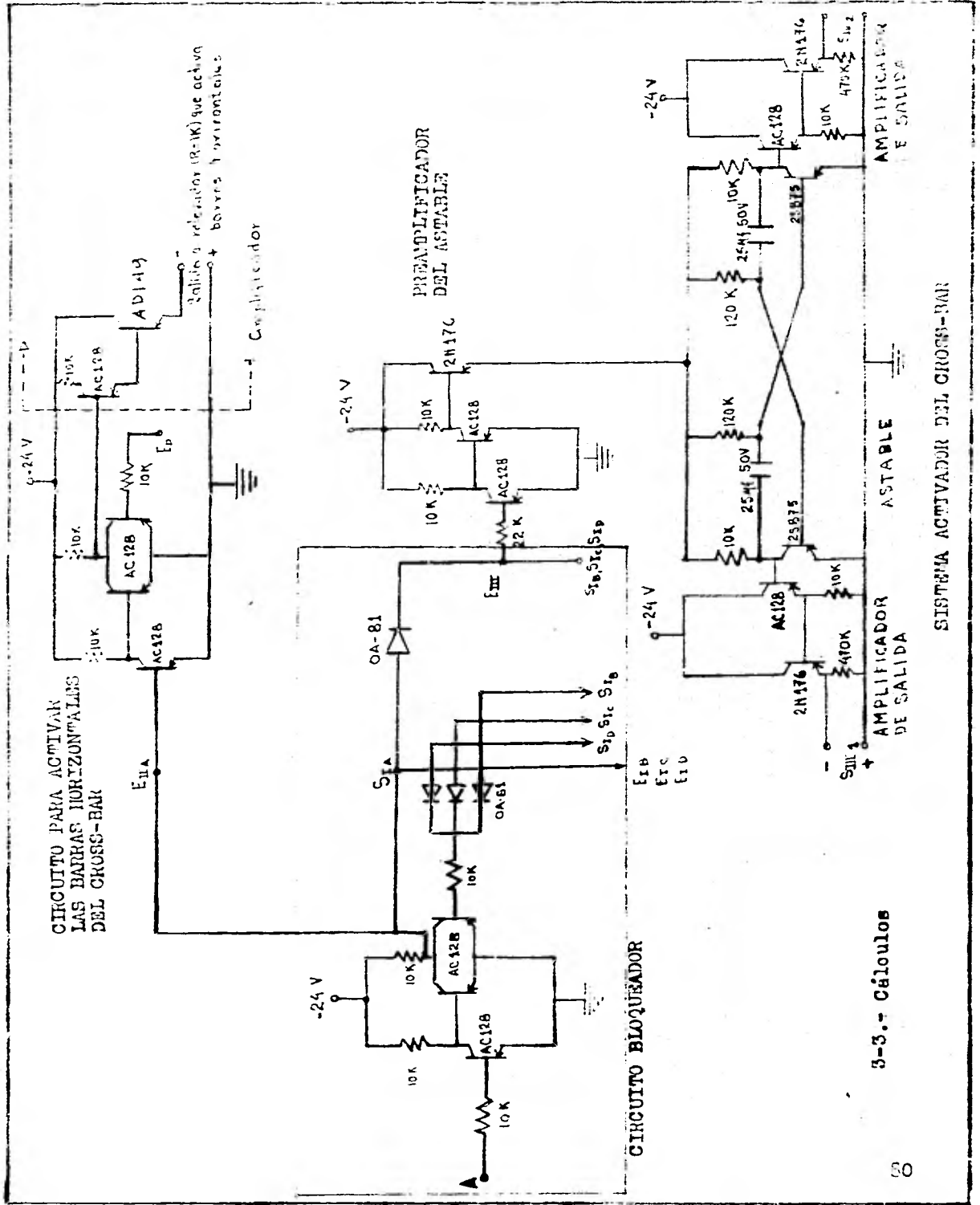


Fig. 65



3-3.- Cálculos

SISTEMA ACTIVADOR DEL CROSS-BAR

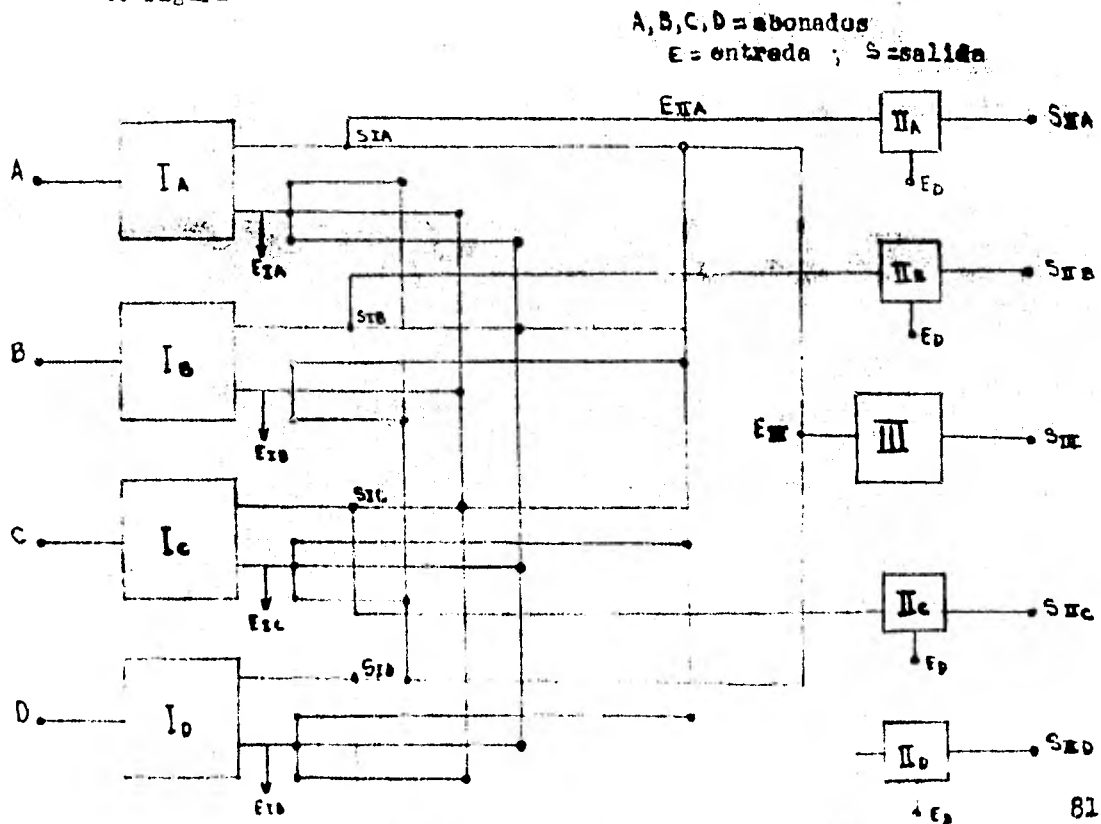
### SISTEMA ACTIVADOR DEL CROSS-BAR

Este sistema ha sido diseñado con el objeto de dar línea a un conjunto de 4 abonados, con la restricción de no poder atender a dos abonados simultáneamente y el cual está constituido por un arreglo de compuertas lógicas de transistores.

Con el objeto de analizar su funcionamiento, este sistema fué dividido en tres etapas que a continuación se describen.

- I).-Circuito bloqueador (uno para cada abonado).
- II).-Circuito activador de las barras horizontales del Cross-bar. (uno para cada abonado)
- III).-Astable (circuito buscador de barra vertical libre en el Cross-bar).

El diagrama de bloques del sistema se muestra en la siguiente figura:



Descripción del diagrama:

Dado que el funcionamiento de las cuatro entradas (abonados) es el mismo, solamente se explicará el correspondiente a una de ellas (entrada A ).

Si el abonado A desea tener comunicación con otro abonado en el momento de descolgar su microteléfono deberá de tener una línea de comunicación que será proporcionada por el sistema.

El proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

Cuando el abonado descuelga su microteléfono aparece un pulso negativo en A ;esto activa el circuito I, lo que propiciará que se produzca un pulso también negativo en la salida  $S_{IA}$ , el cual realizará las siguientes funciones:

- . Hará funcionar a la etapa  $II_A$  la que activará una de las barras horizontales del Cross-bar.
- . Anulará las etapas  $I_B, I_C, y I_D$  para que aún cuando apareciera un pulso negativo en B, C ó D estas no actúen; esto último lo logrará al presentarse en las entradas  $E_{IB}, E_{IC}$  y  $E_{ID}$ .
- . Activará la etapa III; es decir, hará funcionar el Astable con el objeto de que mediante un muestreo alternativo de dos posibilidades encuentre una de las barras verticales libre.

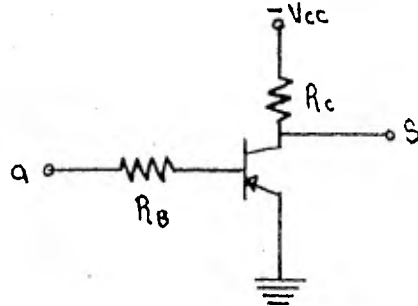
Comportamiento de un transistor AC 128.

Con el objeto de lograr el buen funcionamiento del sistema, se escogió como un componente esencial al transistor AC 128, ya que se necesitaba un transistor que cumpliera con las condiciones de lógica electrónica que se indican, como son:

cuando  $a=0$  lógico el transistor debe estar en corte y  $S=1$  lógico.

cuando  $a=1$  lógico el transistor debe estar en saturación y  $S=0$  lógico.

#### CARACTERISTICAS DEL TRANSISTOR AC 128



$$-V_{CE0} \text{ máx (base abierta)} = 16 \text{ V}$$

$$-I_c \text{ máx} = 1 \text{ amp}$$

$$P_{TOT} \text{ máx} = 1 \text{ watt}$$

$$h_{fe} = 90$$

$$55 \leq h_{fe} \leq 175 ; -V_{BE} = 0.2 \text{ volts} ; -V_{CE} (\text{sat}) = 0.1 \text{ volt}$$

Para el caso de corte:  $a=0$  lógico  $\approx 0\text{V}$ .

Se dice que un transistor pnp está en corte cuando la corriente de entrada que fluye en el emisor ( $I_c$ ) del transistor es cero ó bien cuando el potencial del colector es negativo respecto a la base.

Para éste transistor, en éste caso tenemos  $0 \text{ V}$  en base que es positivo respecto al potencial del colector ( $-24 \text{ V}$ ) y además, al no haber diferencia de potencial entre la base y el emisor, no hay corriente de base, ni corriente de colector. Por lo tanto, para éste caso el transistor cumple las condiciones de corte.

Para el caso de saturación  $a=-24 \text{ V} = 1$  lógico

Para que un transistor esté saturado se requiere que la caída de voltaje en la resistencia de carga sea tal que permita que el voltaje de colector sea el de saturación. Esto permite calcular la  $i_b$  necesaria para que el transistor se sature, según el valor de la resistencia de carga.



Suponiendo una  $I_B = -2 \text{ mA}$

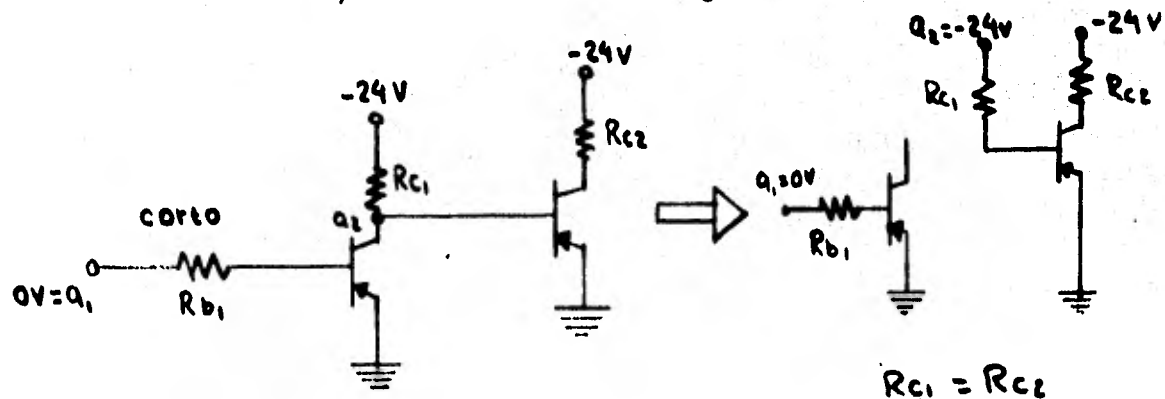
$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B} = \frac{-24 \text{ V} + 0.2 \text{ V}}{-2 \text{ mA}} = \frac{-23.8}{-2 \text{ mA}} = 11.9 \text{ K}$$

$$I_C = \beta I_B = 90 \times -2 \text{ mA} = -180 \text{ mA}$$

Ahora con este valor de  $I_C$  y el  $V_{CE}(\text{sat})$  podemos calcular el valor de la  $R_C$  necesaria para que el transistor esté en saturación:

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{-24 \text{ V} + 0.1 \text{ V}}{-180 \text{ mA}} = \frac{-23.9 \text{ V}}{-180 \text{ mA}} = 0.133 \text{ K}$$

Como la salida S del transistor se utilizará como entrada (a) en la base de otro transistor que también deberá comportarse en la misma forma que el analizado, según el valor de la entrada (a). Cuando se tenga a este segundo transistor en corte (0 lógico), se tendrá un 1 lógico (-24 V) en S, la resistencia  $R_C$  se tomará del mismo valor que la resistencia  $R_B$  ya que al estar en corto el transistor, las resistencias de emisor y de colector son muy grandes y por ellas fluye muy poca corriente ( $I = 0$ ) por lo que la resistencia  $R_C$  se puede tomar como resistencia de base  $R_B$  del siguiente transistor, asegurando, éste hecho que dicho transistor esté en saturación, siendo un circuito igual al analizado.



Tomando para  $R_B$  un valor de 10 K que es más comercial que el obtenido de 11.9 K y un valor igual para  $R_C$ . Con éstos valores calculados se volvió a hacer el análisis, resultando:

$$-V_{CC} = 24 \text{ V} \quad I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{-24 + 0.2}{10K} = \frac{-23.8}{10} = -2.38 \text{ mA}$$

$$-V_{BB} = \alpha = -24V = 11 \log 100$$

$$R_C = R_B = 10K$$

$$I_C = \beta I_B = 90 (-2.38) = -214.2 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C = -24 + (214.2 \times 10) = -24 + 2142$$

como éste valor es imposible, el transistor estará en saturación.  $\rightarrow V_{CE} = 2118 \text{ volts}$

Como para saturación:

$$-V_{CE} (\text{sat}) = 0.1 \text{ volt.}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} (\text{sat})}{R_C} = \frac{-24V + 0.1V}{10K} = \frac{-23.9V}{10K} = -2.39 \text{ mA}$$

y tenemos una.

$$I_E = I_C + I_B = -2.39 \text{ mA} - 2.38 \text{ mA}$$

$$I_E = -4.77 \text{ mA}$$

Análisis de Potencia para el caso de corte.

Cuando el transistor esta en corte, éste carece de disipación de potencia, teniendo la siguiente restricción:

$$-V_{CEO} \text{ max (base abierta)} = 16 \text{ volts}$$

Debido al voltaje de colector que se ha considerado de -24 V, el transistor al estar en corte poseá un valor para  $-V_{CC} = -24 \text{ V}$  el cuál es mayor al máximo que acepta el transistor que es de -16 volts. Sin embargo éste no se presenta, ya que por lo analizado anteriormente, se deduce que cuando el transistor está en

Por lo tanto, el voltaje de  $-24$  volts que tiene el colector se aprovecha con la resistencia  $R_C$  de  $10k$  para tomar la corriente de base necesaria para saturar al siguiente transistor. Por lo tanto el voltaje  $-V_{CE}$  es igual al voltaje  $-V_{BE}$  del siguiente transistor que es  $0.7$  V

Análisis de Potencia para el caso de saturación.

$$P_{CE} = I_C \times V_{CE} = -2.39 \text{ mA} \times -24 \text{ V} = 57.36 \text{ mWatts.}$$

$$P_{BE} = I_B \times V_{BE} = -2.38 \text{ mA} \times -24 \text{ V} = 57.12 \text{ mWatts.}$$

$$P_{TOT} = P_{CE} + P_{BE} = (57.36 + 57.12) \text{ mWatts} = 114.48 \text{ mWatts.}$$

$$P_{TOT} = 0.11448 \text{ Watts} < 1 \text{ Watt.}$$

que es la máxima potencia aceptable.

ANALISIS DE LOS DIAGRAMAS DE BLOQUES DEL SISTEMA.

I.- Circuito Bloqueador.

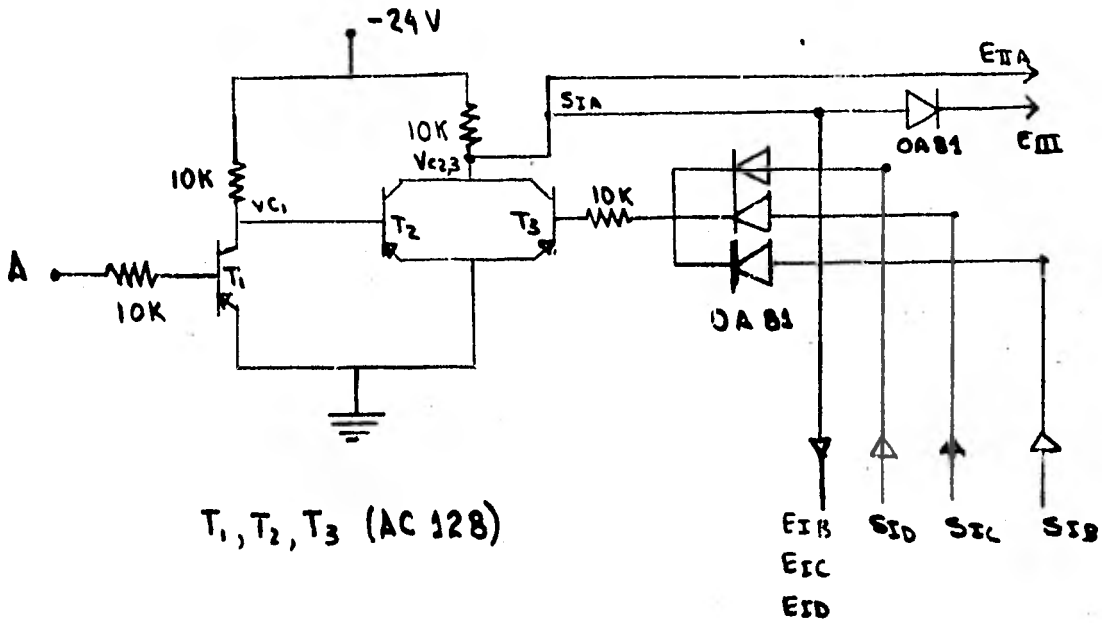


Tabla de Verdad

A	E <sub>1A</sub>	S <sub>1A</sub>
	S <sub>1B</sub> , S <sub>1C</sub> , S <sub>1D</sub>	E <sub>1B</sub> , E <sub>1C</sub> , E <sub>1D</sub> , E <sub>1A</sub> , E <sub>1B</sub>
1	1	0
1	0	1
0	1	0
0	0	0

De acuerdo con lo ya visto en la aplicación del sistema activador del Cross-bar, el circuito bloqueador, es un circuito de acceso a las etapas II y III cuyo fin es el de activar ambas, además de bloquear a los otros tres circuitos semejantes, ya que el sistema únicamente puede atender a un abonado.

Su funcionamiento se basa en el comportamiento de los transistores (saturación y corte) y es el siguiente:

Cuando en A aparece un pulso negativo (1 lógico),  $T_1$  se satura y en su colector el voltaje es  $V_{c1} = 0$  volts, por lo que  $T_2$  estará en corte provocando que en  $V_c$  de  $T_2$  y  $T_3$  sea  $-24$  volts (1 lógico) el cuál hará funcionar a las etapas II y III y a su vez bloqueará a las otras tres entradas del circuito.

El proceso anterior se lleva a cabo cuando un voltaje de  $-23.8$  V se encuentra en  $E_{1B}$ ,  $E_{1C}$  y  $E_{1D}$  saturando a  $T_3$  y haciendo que todo el voltaje caiga a través de  $R_{c2,3} = 10K$  y  $V_{c2,3}$  sea casi igual a cero por lo que en  $S_{1A}$  haya 0 volts (cero lógico) y no funcionen las etapas II y III ni tampoco se bloqueen las otras tres entradas del sistema.

Cuando en A no exista ningún pulso,  $T_1$  estará en corte y  $T_2$  en saturación, por lo tanto,  $V_{1A} = 0V$  y no funcionará esta entrada sin importar que en  $E_{1D}$  haya un uno ó un cero.

El funcionamiento para las otras tres entradas es idéntico, por lo que no tiene caso repetir su descripción.

II.-Circuito Activador de las Barras Horizontales del Cross-Bar.

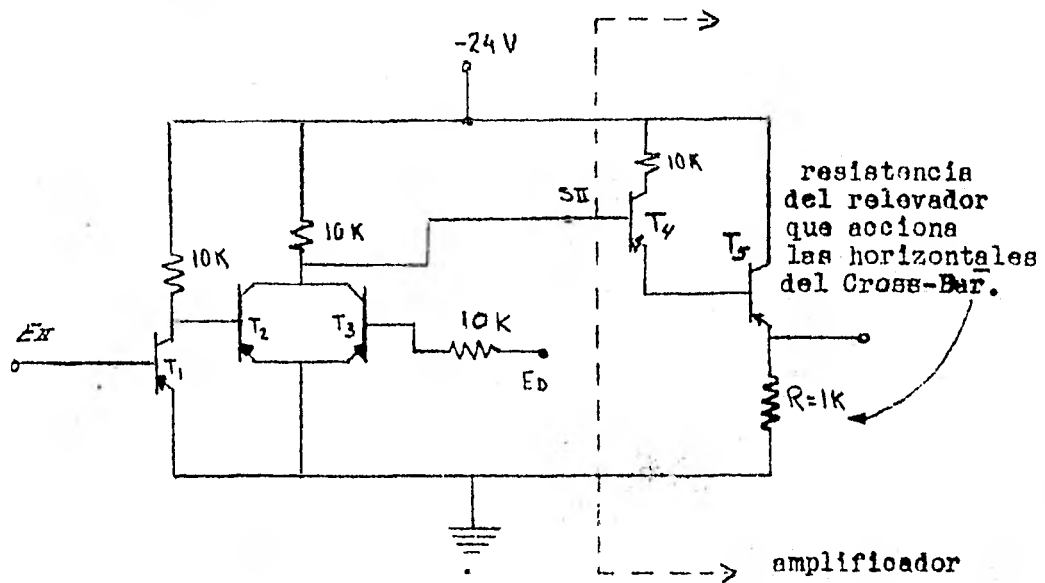
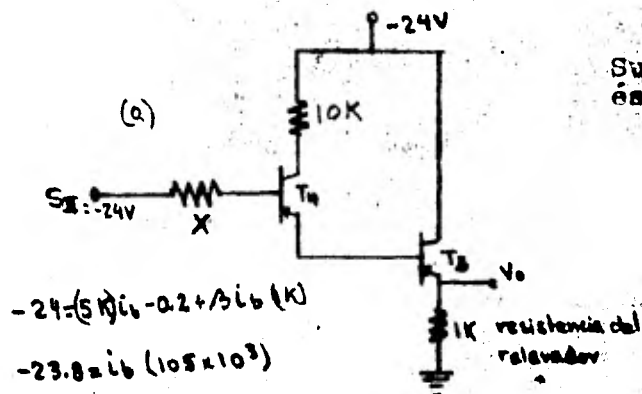


Tabla de Verdad

$E_{II}$	$E_D$	$S_{II}$
1	1	0
1	0	1
0	1	0
0	0	0

Este circuito funciona independientemente de los otros tres circuitos II ya que solo funcionará aquel cuya entrada ( $S_{IA}, S_{IB}, S_{IC}$  y  $S_{ID}$ ) tenga un pulso negativo (1 lógico).

El funcionamiento de la parte lógica del circuito es el mismo que el del circuito bloqueador (I), solo que la entrada A es ahora la entrada  $E_{II}$ , la entrada  $E_{IA}$  es ED que corresponde a un pulso desactivador cuya procedencia se explicará más adelante y la salida  $S_{IA} = S_{II}$  que es la entrada del amplificador de salida que se observa en la figura y cuyo funcionamiento es el siguiente:



$$-24 = (5K)i_b - 0.2 + 10i_b (K)$$

$$-23.8 = i_b (105 \times 10^3)$$

$$i_b = \frac{-23.8}{105 \times 10^3}$$

$$i_b = -226.7 \mu A$$

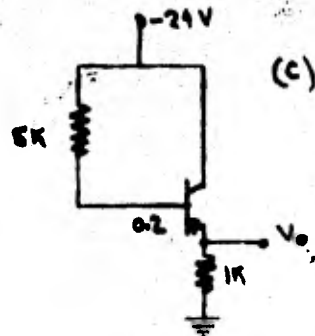
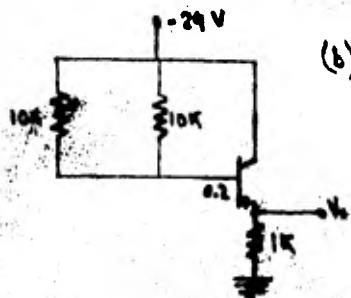
$$-24 = V_{CE} + i_E R_E$$

$$-24 = V_{CE} + 100(-226.7 \times 10^{-6})(10^3)$$

$$V_{CE} = 22.6 - 24 = -1.33 \text{ volts.}$$

$$V_o = -22.6 \text{ volts.}$$

Suponiendo que  $X = 5K$  para este análisis.



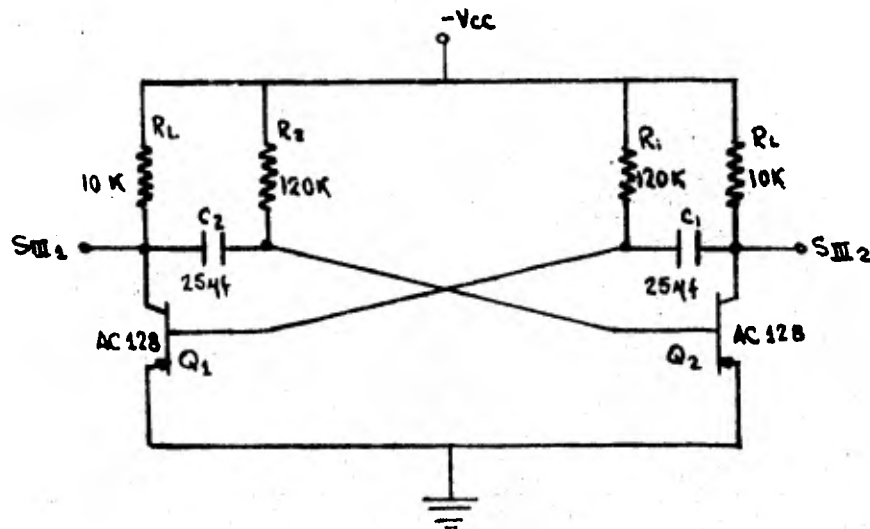
(a) Como  $T_4$  se satura, se llega al siguiente circuito. (b)

### III.- Astable ( Circuito Oscilador de Barra Vertical Libre en el Cross-Bar.

Esta etapa consta de una sola entrada  $E_{III}$  conectada a las 4 salidas del circuito bloqueador (  $S_{IA}$  ,  $S_{IB}$  ,  $S_{IC}$  y  $S_{ID}$  ) y funcionará cuando cualquiera de ellas tenga un pulso negativo ( 1 lógico).

Está constituido por un preamplificador de entrada, un astable y dos amplificadores de salida ( uno para cada salida del astable).

Su funcionamiento se explica a continuación:



#### Análisis del Astable. Funcionamiento de Astable.

El astable es un circuito amplificador RC de 2 estados, con una realimentación positiva de radio = 1 y con un cambio de fase de  $190^\circ$  en cada estado por lo que el circuito oscila.

Debido a que las señales de realimentación son muy fuertes, los transistores operan en corte ó saturación y oscilan no senoidalmente.

Si suponemos que en algún momento el voltaje de realimentación



nonza a  $V_1$  en corte, esto implica que  $V_2$  conduce ( está en saturación ) y  $C_1$  se carga a través de  $R_1$ . Cuando el voltaje en  $C_1$  es lo suficientemente grande para polarizar la unión del emisor de  $V_1$  el transistor empieza a conducir ( y se satura ). El voltaje de colector de  $V_1$  cae y  $V_2$  se pone en corto a través de  $C_2$ ; entonces  $C_2$  se empieza a cargar a través de  $R_2$  hasta que  $V_2$  se polariza de nuevo y el ciclo se repite.

El ancho del pulso depende de la constante de tiempo del capacitor  $C_1$  ( ó  $C_2$  ) cargándose a través de  $R_1$  ( ó  $R_2$  ) y el valor de la constante de tiempo es:

① .....  $t = R_1 C_1 \ln \frac{-V_{cc} - V_m}{-V_{cc} - V_b}$       Ecuación para calcular la constante de tiempo de un oscilador.

Donde  $V_m$  = Voltaje de salida

$V_b$  Voltaje de ruptura "Breakdown" (cuando se usan bulbos)

Para éste caso:  $V_m = V_{cc}$  ;  $V_b = 0$

$$t = R_1 C_1 \ln \frac{-V_{cc} - V_{cc}}{-V_{cc}}$$

$$t = R_1 C_1 \ln 2 = R_1 C_1 (0.6931)$$

Substituyendo:

$$t = 120K \cdot 25\mu f \cdot 0.6931$$

$$t = 2.08 \text{ seg.}$$

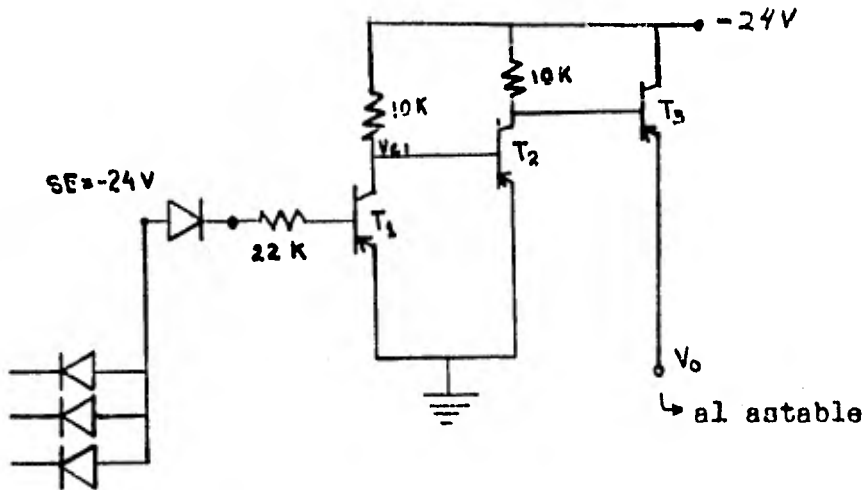
Cuando  $R_1 = R_2$  y  $C_1 = C_2$  la onda es de forma cuadrada y .....

tiene una frecuencia  $f = \frac{1}{2t}$

$$\therefore f = \frac{1}{2t} = \frac{1}{2(2.08)} = \frac{1}{4.16 \text{ seg}}$$

$f = 0.242 \text{ seg}^{-1}$
------------------------------

### Circuito Preamplificador del Astable



$$-24 + 0.2 = 22 \text{ K } i_b - 0.2$$

$$-23.8 = 22 \text{ K } i_b - 0.2$$

$$-23.6 = 22 \times 10^3 i_b$$

$$i_b = \frac{-23.6}{22 \times 10^3}$$

$$i_b = -1.073 \text{ mA.}$$

$$V_{c1} = -24 - (-1.073 \text{ mA})(10 \text{ K})(\beta)$$

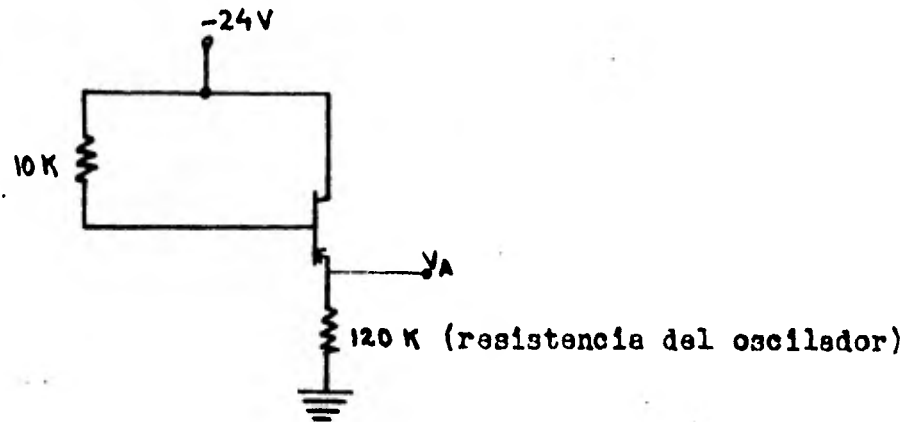
$$V_{c1} = -24 + (1.073 \times 10^{-3})(10^4)$$

$$V_{c1} = -24 + 1073$$

$$V_{c1} = 1049 \text{ Volts.}$$

Que es un resultado imposible, de lo que se deduce que  $T_1$  está saturado. Como  $T_1$  está saturado  $V_{be2} \rightarrow 0$  y como consecuencia  $T_2$  está en corte.

Del análisis anterior, el circuito queda de la siguiente manera:



$$-24 = i_b (10K) - 0.2 + i_b (120K) \times 100$$

$$-23.8 = i_b (10 \times 10^3 + 120 \times 10^5)$$

$$i_b = \frac{-23.8}{1.201 \times 10^7}$$

$$i_b = -1.982 \mu A$$

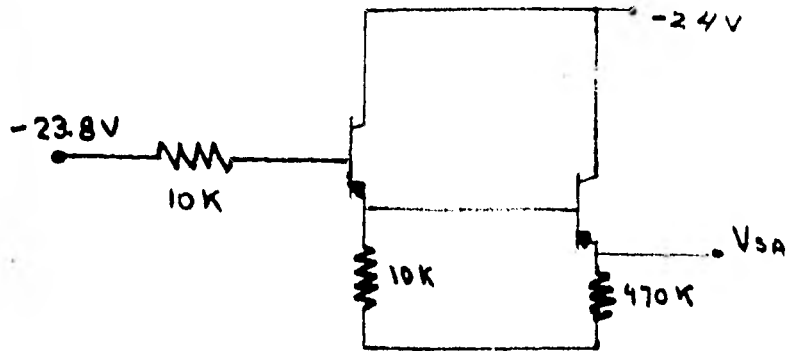
∴ El voltaje entregado al astable es:

$$V_A = -120K \times \beta i_b$$

$$V_A = -120 \times 10^3 \times 10^2 \times 1.982 \times 10^{-6}$$

$$V_A = -23.78 \text{ Volts}$$

## Análisis del Amplificador de Salida del Astable



$$-23.8 = 10\text{K } i_{b1} - 0.2\text{V} + 10\text{K} (\beta i_{b1} - i_{b2})$$

$$-23.6 = 10\text{K } i_{b1} (1 + \beta) - 10\text{K } i_{b2}$$

$$-10\text{K } i_{b2} = -23.8 - 10\text{K } i_{b1} (101)$$

$$i_{b2} = \frac{23.6 + 10\text{K } i_{b1} (101)}{10\text{K}} \quad \dots\dots (1)$$

$$-23.8 = i_{b1} 10\text{K} - 0.2 - 0.2 + \beta i_{b2} 470\text{K}$$

$$-23.4 = i_{b1} 10\text{K} + 470 \times 10^5 i_{b2}$$

$$i_{b2} = \frac{-23.4 - i_{b1} 10\text{K}}{470 \times 10^5} \quad \dots\dots (2)$$

Igualando (1) y (2)

$$\frac{23.6 + 10\text{K } i_{b1} (101)}{10\text{K}} = \frac{-23.4 - i_{b1} 10\text{K}}{470 \times 100 \times 10^5}$$

$$4700(23.6 + 101 \times 10^4 i_{b1}) = -23.4 - 10^4 i_{b1}$$

$$110920 + 4747 \times 10^6 i_{b1} = -23.4 - 10^4 i_{b1}$$

$$i_{b1} (4747 \times 10^6 + 10^4) = -23.4 - 110920$$

$$i_{b1} = \frac{110943.4}{4.74701 \times 10^9}$$

$$i_{b1} = 23.37 \mu\text{A} \quad \dots\dots (3)$$

Substituyendo (3) en (2)

$$i_{b2} = \frac{-23.4 - 23.37 \times 10^{-6} \times 10^4}{470 \times 10^3}$$

$$i_{b2} = \frac{23.63}{470 \times 10^3}$$

$$i_{b2} = -0.503 \mu A \dots\dots\dots (4)$$

∴ La caída de voltaje a través de ...  $R_L = 470 \text{ k}\Omega$  es:

$$-23.8 \text{ V} = i_{b1} \times 10 \text{ k} - 0.2 - 0.2 \times 2$$

$$V_{E2} = -23.4 - (-23.37 \times 10^{-6} \times 10^4)$$

$$V_{E2} = -23.4 + 0.2337$$

$$V_{SA} = V_{E2} = -23.16 \text{ volts} \dots\dots\dots (5)$$

La corriente a través de ....  $R_L$  es:

$$i_{b2} = \frac{V_{E2}}{470 \text{ k}} = \frac{-23.16}{470 \times 10^3}$$

$$i_{b2} = 49.28 \mu A \dots\dots\dots (6)$$

Comprobación:

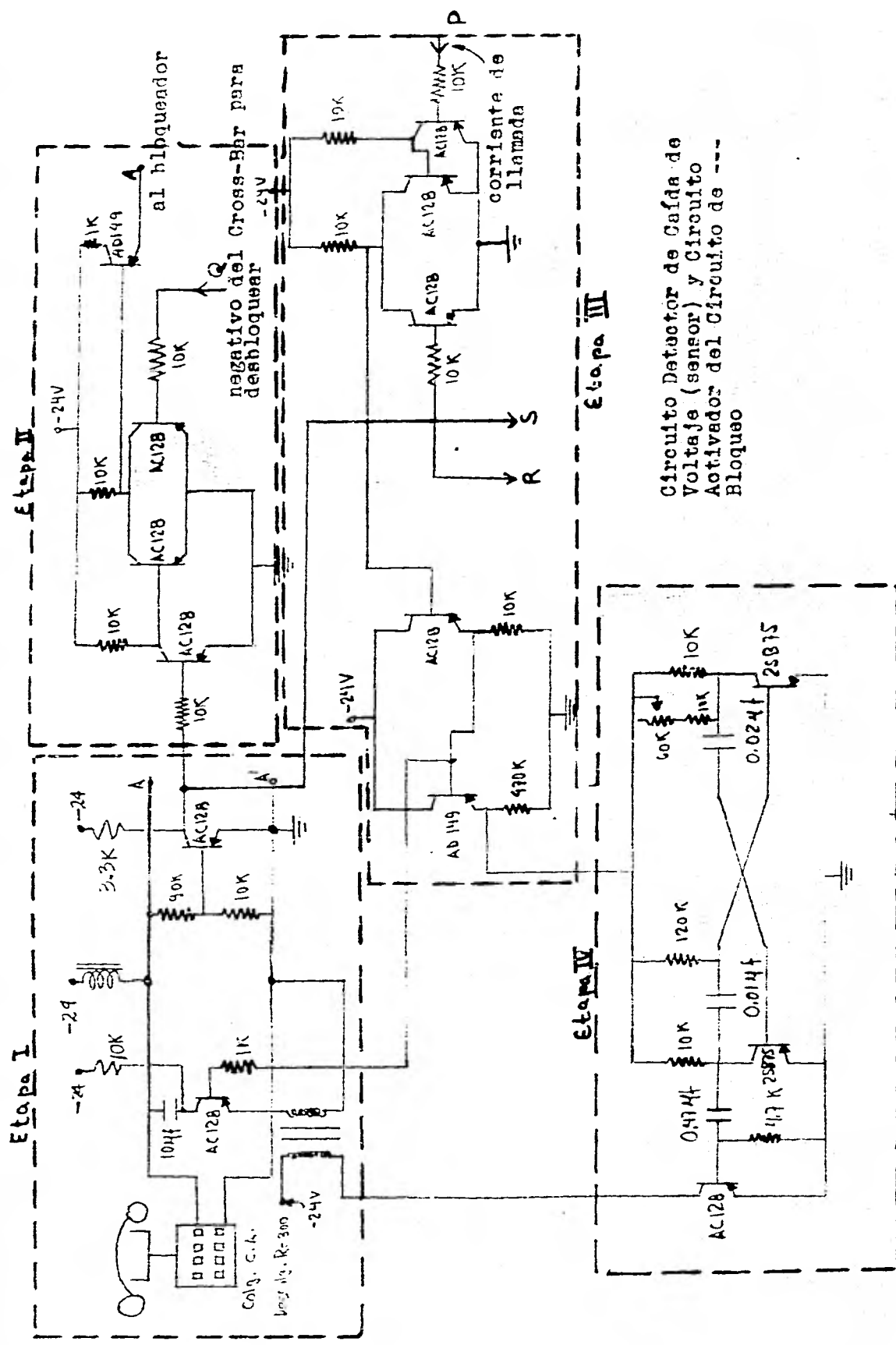
$$i_{b2} = \frac{i_{E2}}{\beta}$$

$$i_{b2} = 0.4928 \mu A \dots\dots\dots (7)$$

Comparando .... (7) con (4) .

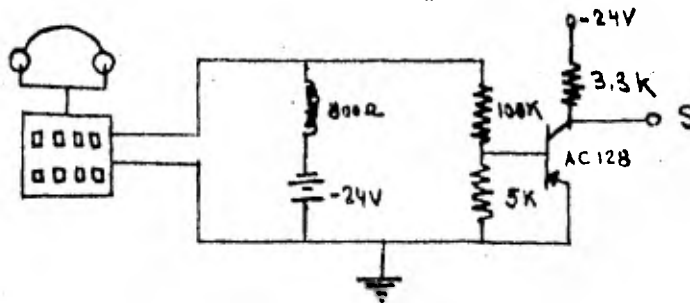
$$i_{b2} = -0.503 \mu A \doteq -0.493 \mu A$$

∴ el cálculo es correcto



Circuito Detector de Caída de Voltaje (sensor) y Circuito Activador del Circuito de Bloqueo

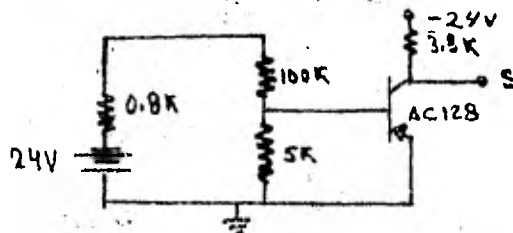
## Análisis de la Primera Etapa



Cuando el teléfono está colgado.

$$R_T = \infty$$

El circuito queda de la siguiente forma.



Cálculo de  $I_b$

$$V_{BB} = \frac{-24V \times 5K}{105.8K} = -1.15V$$

$$R_B = \frac{(100.8 \times 5) 10^6}{105.8 \times 10^3}$$

$$R_B = 4.764K$$

$$V_{BB} = R_B I_b - 0.2$$

$$-1.15 = 4.76 \times 10^3 I_b - 0.2$$

$$-0.95 = 4.76 \times 10^3$$

$$I_b = \frac{-0.95}{4.76 \times 10^3}$$

$$I_b = -0.2mA$$

$$I_c = \beta I_b$$

$$I_c = -20mA$$

$$-24 = I_c R_c + V_s$$

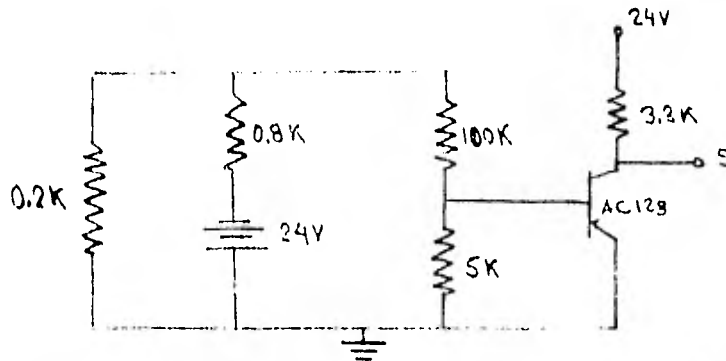
$$V_s = -24 + 20 \times 10^{-3} \times 3.3 \times 10^3$$

$$V_s = -24 + 66$$

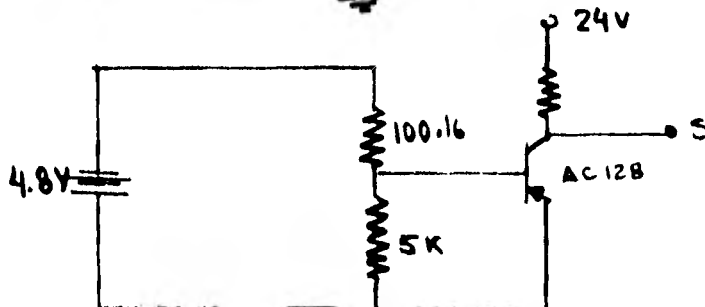
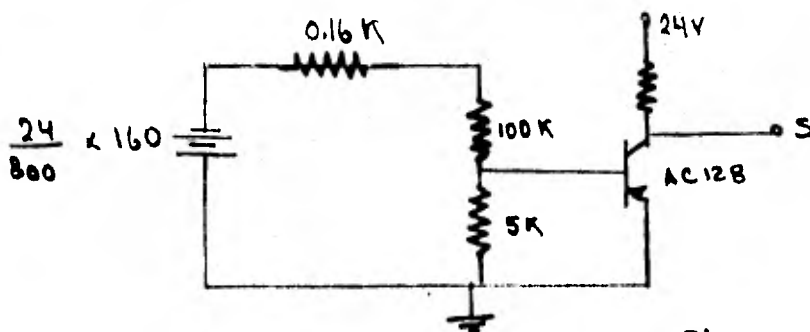
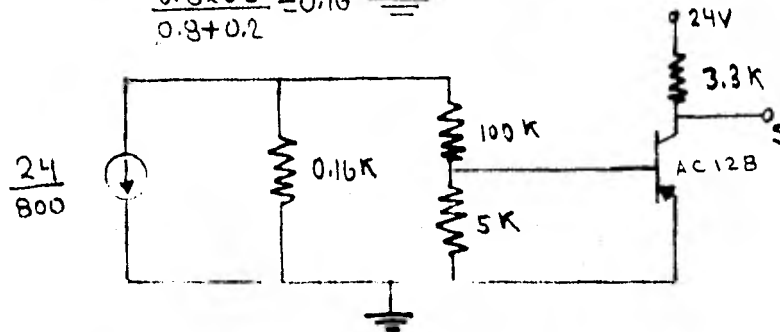
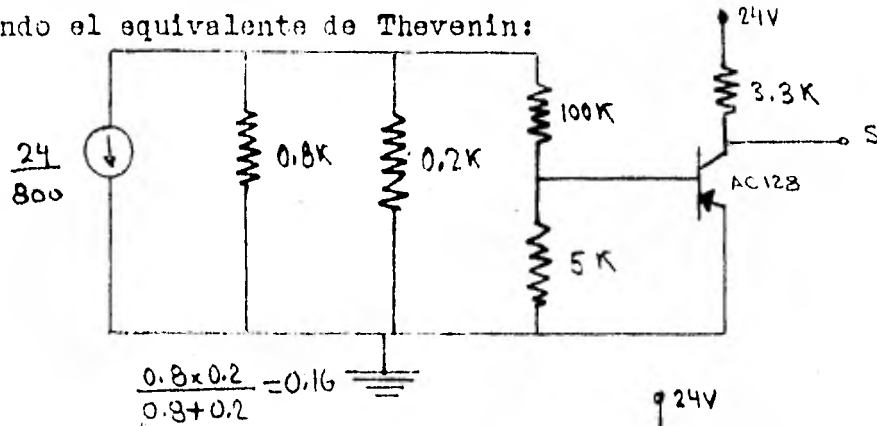
$$V_s = 42 \text{ Volts.}$$

El resultado anterior es imposible por lo que el transistor está saturado y el voltaje  $V_s$  es aproximadamente igual a cero

Cuando el teléfono está descolgado  $R_T \approx 200$  y el circuito es:



Obteniendo el equivalente de Thevenin:





$$R_B = \frac{(100.16 \times 5) \times 10^6}{105.16 \times 10^3}$$

$$R_B = 4.76 \text{ K}$$

$$V_{BB} = \frac{-4.9 \text{ (5K)}}{105.16 \text{ K}}$$

$$V_{BB} = -0.22$$

$$V_{BB} = I_b R_b - 0.2$$

$$-0.22 = 4.76 \text{ K } I_b - 0.2$$

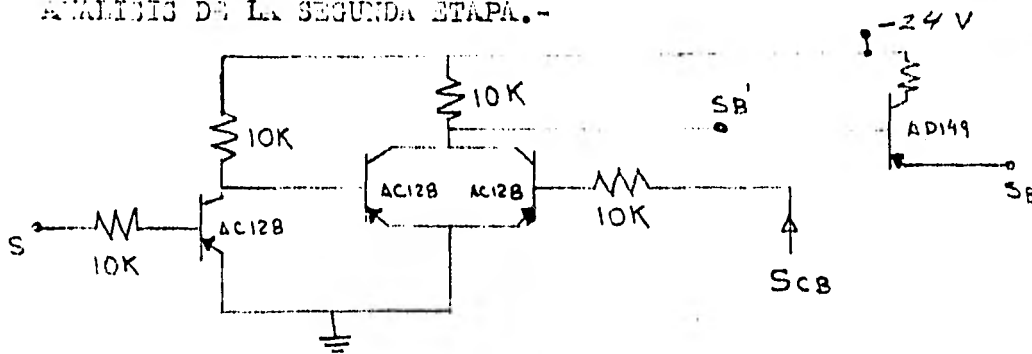
$$I_b = \frac{0.02}{4.76 \times 10^3}$$

$$I_b = -4.2 \text{ mA} \approx 0$$

Dado que  $I_b \approx 0$  se deduce que el transistor está en corte.

$$\therefore V_s \approx 2 \text{ V}$$

ANÁLISIS DE LA SEGUNDA ETAPA.-



$S$  = Señal que proviene de la etapa I del circuito.

$S_{CB}$  = Señal del Cross-Bar para desactivar al bloqueador, una vez que se ha activado la señal de ocupado.

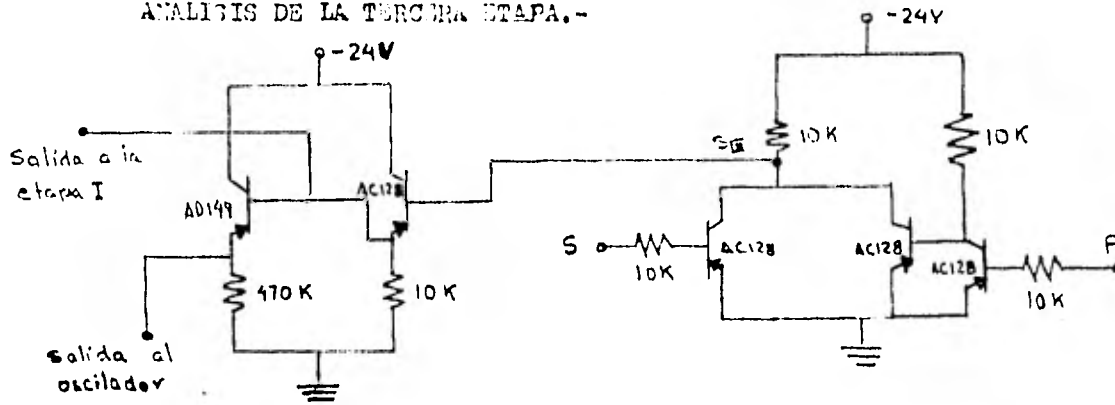
$S_B$  = Señal que va al generador de señal de ocupado cuando el teléfono está descolgado;  $S=1$

Como se puede observar, la parte lógica del circuito es similar a la ya estudiada en la parte del Análisis de los Diagramas de Bloques del Sistema Activador del Cross-Bar y por lo tanto su funcionamiento se explica en la misma forma mencionada. Por lo tanto su tabla de verdad resulta:

S	$S_{CB}$	$S_B$
Teléfono descolgado 1	1	0
Teléfono descolgado 1	0	1
Teléfono Colgado 0	1	0
Teléfono Colgado 0	0	0

El transistor AD 149 tiene como función la de amplificar la la señal que se envía al generador de señal de ocupado.

ANÁLISIS DE LA TERCERA ETAPA.-



$V_s = 0$  colgado

S=Señal que proviene de la etapa I del circuito

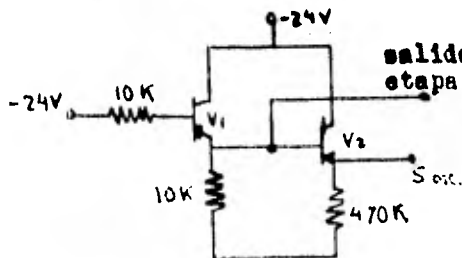
$V_s = -24V$ . des colgado

Como se puede observar la parte lógica del circuito es similar también a la parte lógica del Sistema Activador del Cross-bar, por lo que su funcionamiento resulta así mismo, semejante. La tabla de verdad queda como sigue:

S	P	S <sub>III</sub>
1	1	0
0	1	1
1	0	0
0	0	0

Cuando  $S_{III} = 0$  El amplificador no funciona y la salida a la etapa I del circuito es 0

Cuando  $S_{III} = 1$  el circuito queda:



$$-24V + 0.2 = 10K I_b + 10K A I_b$$

$$-23.8 = I_b (10K + 1000K)$$

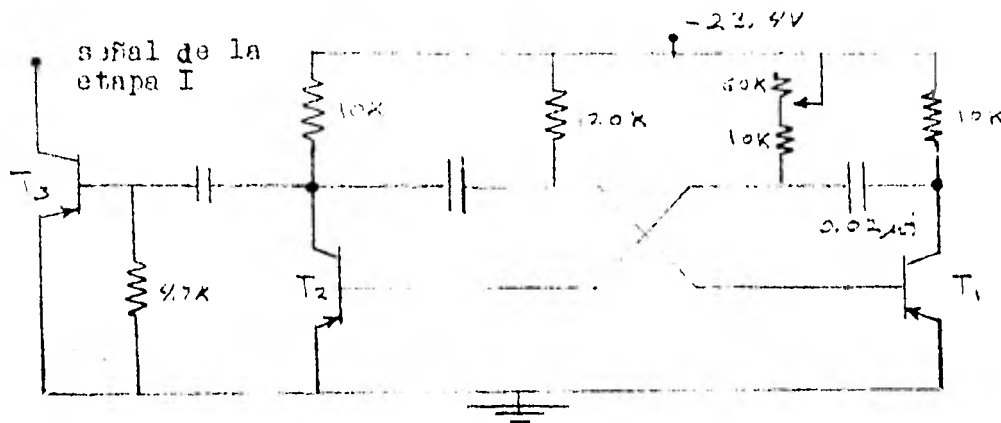
$$I_b = (-23.8V) / (1010K) = -0.0236mA$$

$$V_1 = 10K \times 100(-0.0236) = -23.6V$$

$$V_2 = -23.6 + 0.2 = -23.4V$$

$$V_{sosc} = -23.4V$$

## ANÁLISIS DE LA CUARTA ETAPA



El funcionamiento del estable no requiere explicación aquí ya que este se ha analizado en múltiples ocasiones, para diversas partes del sistema. Sin embargo, la constante de tiempo del estable en ésta parte sí varía siendo su valor:

$$t = RC_{\text{est}} = RC(0.6931)$$

Substituyendo valores para el capacitor de  $0.01\mu\text{f}$  se tiene:

$$t_1 = 12.0\text{K} \times 0.01\mu\text{f} \times 0.6931 = 83172 \times 10^{-8} \text{ seg}$$

Para el capacitor de  $0.02 \text{ f}$  resulta:

$$\text{Cuando } r = 10\text{K} + 0\text{K}; t_2 = 10\text{K} \times 0.02\mu\text{f} \times 0.6931 = 13862 \times 10^{-8}$$

$$\text{Cuando } r = 10\text{K} + 60\text{K}; t_2 = 70\text{K} \times 0.02\mu\text{f} \times 0.6931 = 97034 \times 10^{-8}$$

Por lo tanto dependiendo del valor de la resistencia asociada al capacitor de  $0.02\mu\text{f}$  el estable tendrá una frecuencia que variará en la siguiente forma:

$$\text{Cuando } r = 10\text{K}; f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{(83172 \times 10^{-8}) + (13862 \times 10^{-8})} = 1030 \text{ seg}^{-1}$$

$$\text{Cuando } r = 70\text{K}; f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{(83172 \times 10^{-8}) + (97034 \times 10^{-8})} = 550 \text{ seg}^{-1}$$

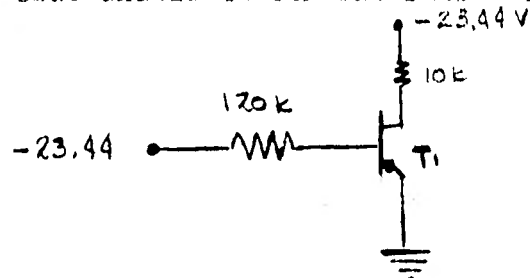
### Situación de corte de los transistores del astable

Cuando uno de ellos tiene 0 Volts en base (se esta cargando el capacitor), el transistor no conduce y por lo tanto está en corte presentando  $-23.4$  Volts en el colector.

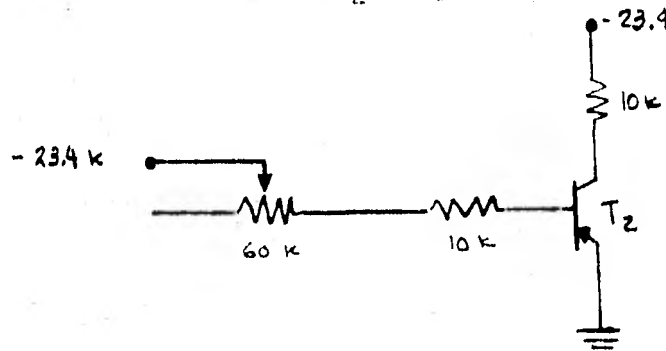
### Situación de saturación de los transistores del oscilador:

Para el transistor  $T_1$  se presenta la configuración siguiente

la cuál ya ha sido analizada con anterioridad.



Para el transistor  $T_2$  se presenta el siguiente diagrama.



Cuando  $R_B=10\text{K}$  el análisis se explica en la parte: "Comportamiento del transistor AC 128"

Cuando la  $R_B = 70 \text{ K}$

$$i_b = \frac{-23.4 + 0.2}{70 \text{ K}} = -0.3314 \text{ mA}$$

$$i_c = -33.14 \text{ mA}$$

Por lo tanto

$$V_{CE} = -23.4 - (-33.14 \times 10) = -23.4 + 331.4 \text{ V}$$

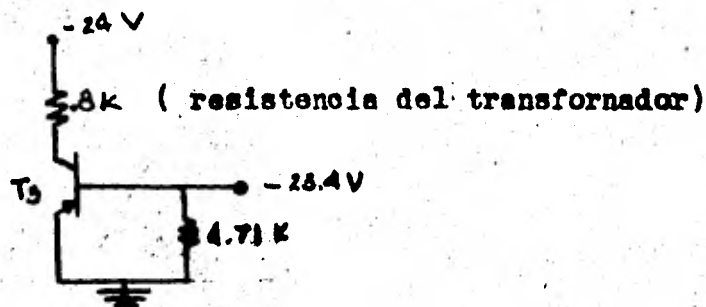
$V_{CE} = 308 \text{ Volts}$  ; es decir el transistor está saturado.

El voltaje que presenta el transistor en la salida es de  $-23.4 \text{ V}$ .

El capacitor de  $0.47 \mu\text{f}$  es de acoplamiento y el transistor  $T_3$  cuando la salida del oscilador es  $0 \text{ volts}$  carece de voltaje por lo que éste se encuentra apagado.

Cuando hay salida del estable presenta la siguiente configuración:

configuración:



$$i_b = \frac{-23.4 + 0.2}{4.7 \text{ K}} = -4.93 \text{ mA}$$

$$i_c = -493 \text{ mA}$$

$$V_{ce} = -24 + .493 \times 800$$

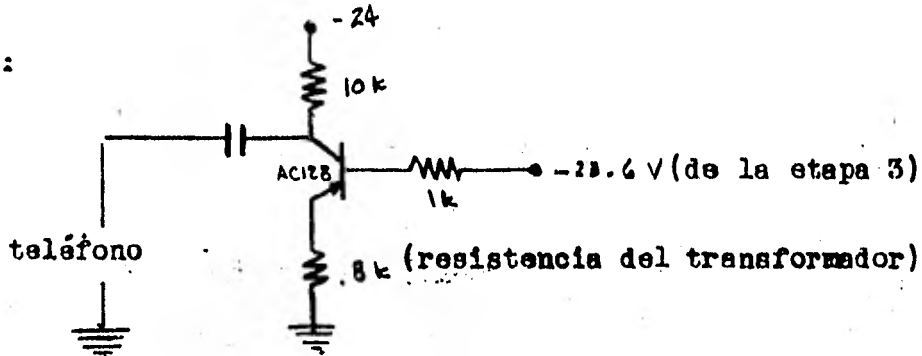
$$= -24 + 394.4 = -370.4$$

∴ El transistor está saturado y entrega una corriente a la etapa 1 del

$$i_c = \frac{-24 \text{ V}}{.8 \text{ K}} = 30 \text{ mA}$$

## ANÁLISIS DE LA ETAPA I CUANDO LE LLEGA SEÑAL DE LLAMADA.

Cuando llega la señal de llamada, el primer transistor de la etapa I presenta la siguiente configuración para corriente directa:



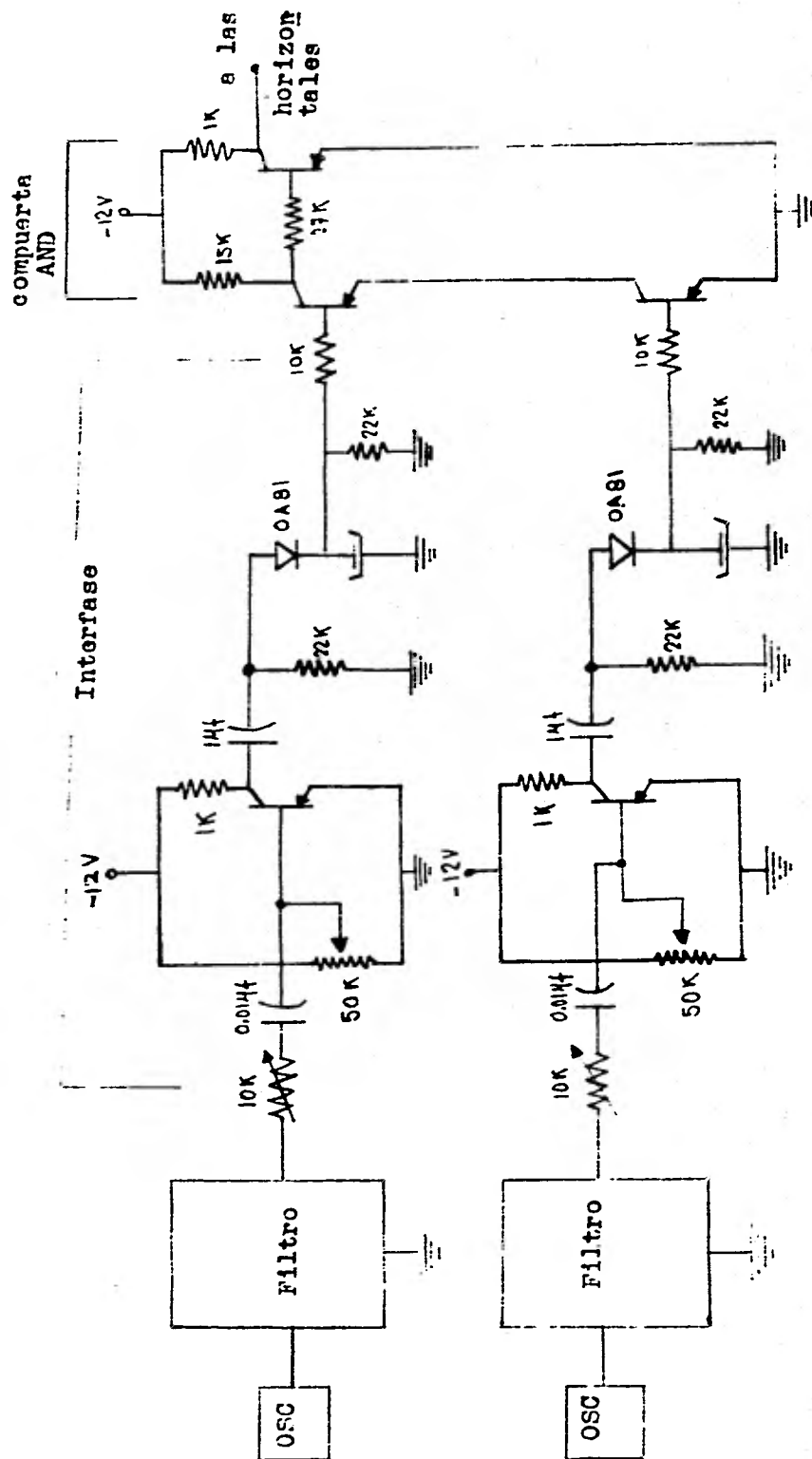
$$I_b = \frac{23.6 + 0.2}{1.8k} = -13 \text{ mA}$$

$$I_c = 1.9 \text{ A}$$

$$V_{CE} = -24 + 1.9 \text{ A} \times 10k \\ = -24 + 19 \times 10^3 \text{ volts} = 12976$$

Por lo tanto el transistor está saturado. La corriente de emisor es la corriente de llamada que debe pasar al teléfono ya que es una señal de alterna y el voltaje de -23.8 V de base asegura que el transistor esté saturado y pase toda la corriente a la bobina del teléfono que produce el sonido de llamada.

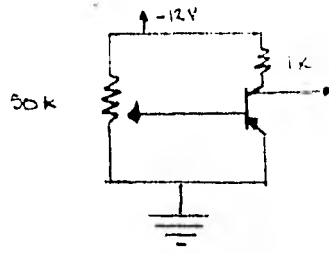
Una vez descolgado el teléfono el análisis del comportamiento de todas las etapas del circuito ya se realizó con anterioridad, al observar el funcionamiento de las mismas. La señal de voz sale por la salida AA' de la etapa I.



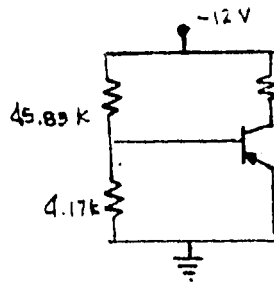
Sistema Selector de Barra Horizontal del Cross-Bar



ANÁLISIS PARA C.D. ( SIN SEÑAL ).



Si ajustamos la resistencia de 50k a un valor entre la fuente y base de 45.833k. Se obtiene la siguiente ecuación:



Cálculo de  $V_{BB}$

$$V_{BB} = \frac{-12(4.17)}{50} \quad ; \quad V_{BB} = -1 \text{ Volt}$$

$$R_b = \frac{4.17k(45.83k)}{50k} \quad ; \quad R_b = 3.82k$$

El valor de  $R_b$  asegura un voltaje de -1 volt en la base.

Cálculo de  $i_b$

$$i_b = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_b} = \frac{-1 + 0.2}{3.82} \quad ; \quad i_b = -0.209 \text{ mA}$$

$$i_c = \beta i_b \quad ; \quad i_c = -20.9 \text{ mA}$$

$$V_{ce} = -12V + 20.9 \times 10^{-3} (1k)$$

$$V_{ce} = 8.9 \text{ Volts.}$$

Resultado imposible por lo que se deduce que el transistor está saturado.

#### ANALISIS DEL CIRCUITO PARA C.A.

La resistencia de 10k está ajustada para que cuando el filtro entregue una señal deseable, el valor que se presente en la base del transistor sea 6 V p.p.

Las señales indeseables deberán tener 1V p.p. máximo en la base del transistor.

#### ANALISIS PARA SEÑALES INDESEABLES (1V p.p)

Cuando el valor de la señal es de -0.5 V. el voltaje de base es igual a  $-1V + (-0.5V) = -1.5V$  y la corriente de base es:

$$i_b = \frac{1.5 + 0.2}{3.82} = -0.34 \text{ mA}$$

$$i_c = -34 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = -12 + 34 \text{ mA} (1K)$$

$$V_{CE} = 22 \text{ V}$$

∴ el transistor continúa saturado.

Cuando el valor de la señal es de 0.5V el voltaje de la base es igual a  $-1V + 0.5V = -0.5V$  y la corriente de base es:

$$i_b = \frac{-0.5 + 0.2}{3.82} = -0.08 \text{ mA}$$

$$i_c = -8.0 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = -12 + 8 = -4 \text{ Volts}$$

Por lo que el transistor funciona un intervalo pequeño en la región lineal.

Debido a que el transistor para señales indeseables o está saturado ( $V_c = 0$ ) o tiene una salida muy pequeña que se pierde en las siguientes etapas puede decirse que opera como discriminador de señales pequeñas.

#### ANÁLISIS PARA SEÑALES DESEABLES ( 6 V. p.p. )

Cuando el valor de la señal es de -3 V, el voltaje de base es igual a  $-1 V + (-3V) = -4 V$  y la corriente de base es igual a:

$$i_b = \frac{-1 - 3}{3.82} = -1.047 \text{ mA}$$

$$i_c = -104.7 \text{ mA}$$

$$V_{ce} = -12 + 104.7 \text{ mA} (1k)$$

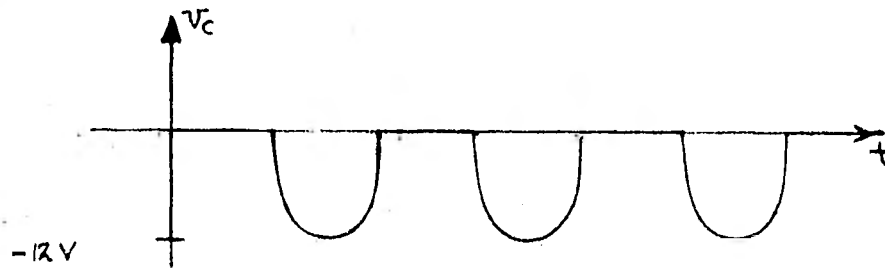
$$V_{ce} = -12 + 104.7$$

$$V_{ce} = 92.7 \text{ V}$$

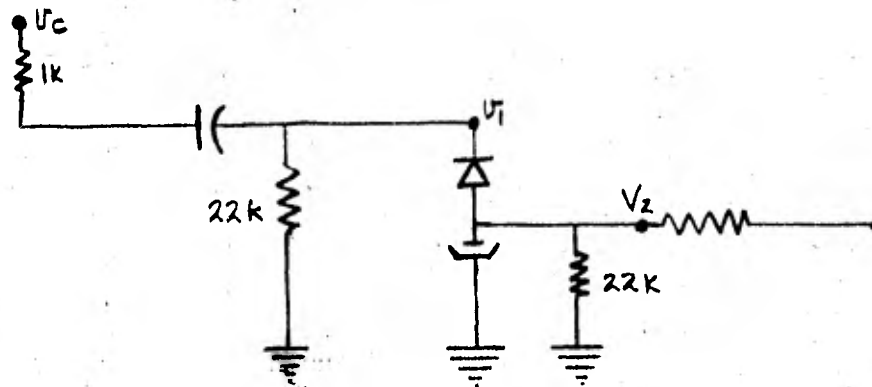
∴ el transistor está saturado

Cuando el valor de la señal es de 3 V, el voltaje de base es igual a  $-1 + 3 \text{ V} = 2 \text{ V}$ ; como el valor es positivo el transistor está en corte y  $V_c = -12 \text{ V}$ .

De lo anterior se deduce que para señales deseables el transistor tiene una señal de salida como sigue:



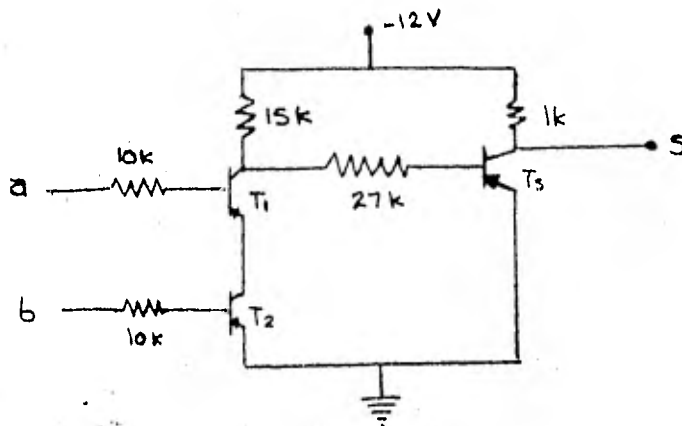
Como el transistor está en corte, el circuito se puede reducir de la forma siguiente:



$$V_1 = \frac{22k}{23k} (V_c) = V_c$$

El objeto del diodo, el capacitor y la resistencia de 22k (descarga del capacitor) es el de rectificar la señal  $V_c$  obteniéndose un voltaje  $V_2 = V_{BB} = -12\text{ V}$  de corriente directa.

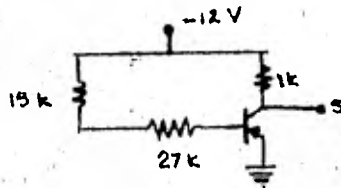
ANÁLISIS DE LA COMPUERTA AND



Quando  $a = b = 0$  tenemos que:

$$V_{C1} = -12V$$

Quedando la siguiente configuración:



$$I_b = \frac{-12 + 0.2}{42k} = \frac{11.8}{42k}$$

$$I_b \approx -0.281 \text{ mA}$$

$$\therefore I_c = -281 \text{ mA}$$

$$V_{ce} = -12V + 1k (-281 \text{ mA})$$

$$= -12 + 281$$

$$V_{ce} = 16.1 \text{ V}$$

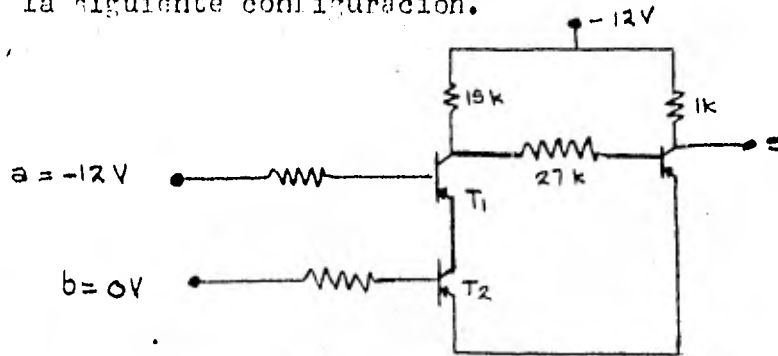
Resultado imposible por lo que el transistor está saturado y...

$$V_s = 0$$

Quando  $a = -12 \text{ V}$

y  $b = 0 \text{ V}$

Como el voltaje de  $T_2 = 0$ , este está en corte, quedando la siguiente configuración:



El transistor  $T_1$  se encuentra en corte, ya que su emisor tiene una  $R_E = \infty$  por lo que no existe corriente  $i_c$  presentándose el mismo caso ya analizado cuando  $a = b = 0$

Cuando  $a = 0$

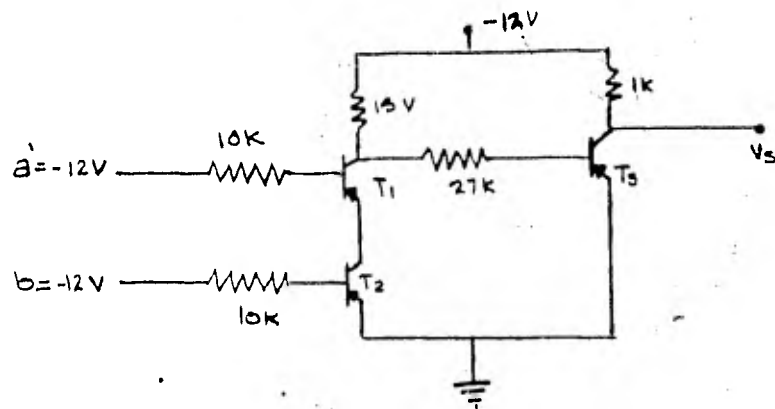
y  $b = -12 V$

Como el voltaje de base de  $T_1 = 0$ , éste estará en corte, y al no existir corriente de base  $i_b = 0$  quedando en  $T_2$   $i_c = 0$  por lo que se puede eliminar  $T_2$ , presentándose el mismo caso ya analizado cuando  $a = b = 0$

Cuando  $a = -12 V$

y  $b = -12 V$

La configuración es la siguiente:



$$i_{b2} = \frac{-12V + 0.2}{10k}$$

$$i_{b2} = \frac{-11.8V}{10k}$$

$$i_{b2} = 1.18 \text{ mA}$$

$$i_{c2} = -118 \text{ mA}$$

$$i_{b1} = \frac{-12 + 0.2}{10k}$$

$$i_{b1} = -1.18 \text{ mA}$$

$$i_{c1} = -118 \text{ mA}$$

$$i_{c1} = i_{e1} = i_{c2}$$

$$V_{CE2} = -12 - 15k(-118 \text{ mA})$$

$$V_{CE2} = -12 + 1770$$

$$V_{CE2} = 1758 \text{ V}$$

Resultado imposible por lo que  $T_1$  está saturado y  $V_{o1} = 0$

Al no existir voltaje de base de  $T_2$ , éste estará cortado y

$$V_s = -12V$$

De los análisis anteriores se tiene la siguiente tabla de verdad.

a	b	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

0 = 0 volts

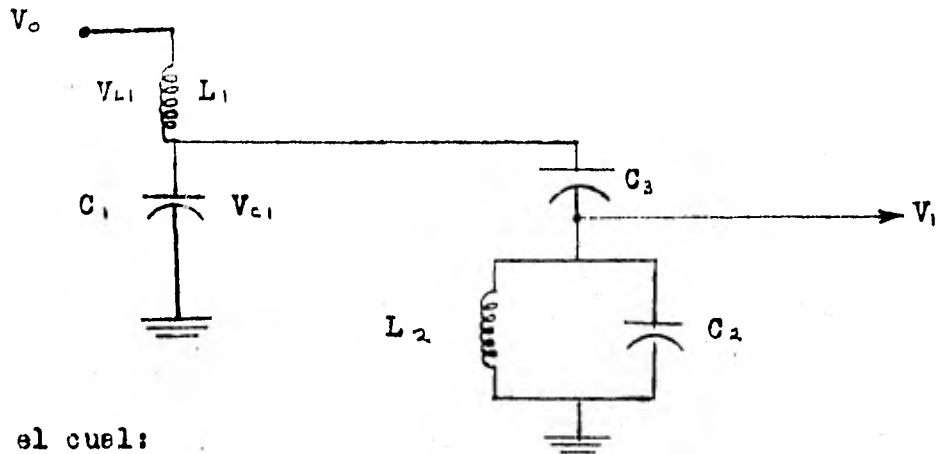
1 = -12 volts

La cual nos comprueba que efectivamente se trata de una compuerta AND, la cual solamente funcionará cuando se tengan voltajes adecuados en las bases de los dos transistores.



## Diseño de los Filtros

Para tal caso se utiliza un circuito como el mostrado en la figura siguiente.



En el cual:

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_2 C_2}}$$

En resonancia el circuito  $L_2/C_2$  tiene alta impedancia.

En estas condiciones el voltaje  $V_o$  cae casi a cero volts pero  $V_{L1}$  y  $V_{C1}$  son muy grandes.



El voltaje de salida será prácticamente el existente en el capacitor  $C_3$ , descontando la caída en  $C_3$ . Fuera de resonancia, cualquier voltaje existente en  $C_1$  se distribuye entre  $C_3$  y  $L_2/C_2$ , que trabajan como divisor de voltaje. La impedancia del circuito  $L_2/C_2$  es baja y la impedancia de  $C_3$  es moderadamente alta por lo tanto el voltaje de salida es prácticamente nulo. En estos casos, las bobinas se construyeron en el laboratorio porque es más conveniente fijar el valor de los capacitores y ajustar las inductancias.

#### IV.-REALIZACION DEL PROYECTO

##### 4-1.-Detalles del Montaje

Para la hechura y montaje del aparato se tuvieron restricciones respecto al espacio y forma que debía tener, debido a que este aparato tiene un enfoque hacia el aspecto didáctico y por consiguiente debe ser de dimensiones adecuadas para que lo puedan ver un máximo de 15 personas a la vez (Fig. 1)

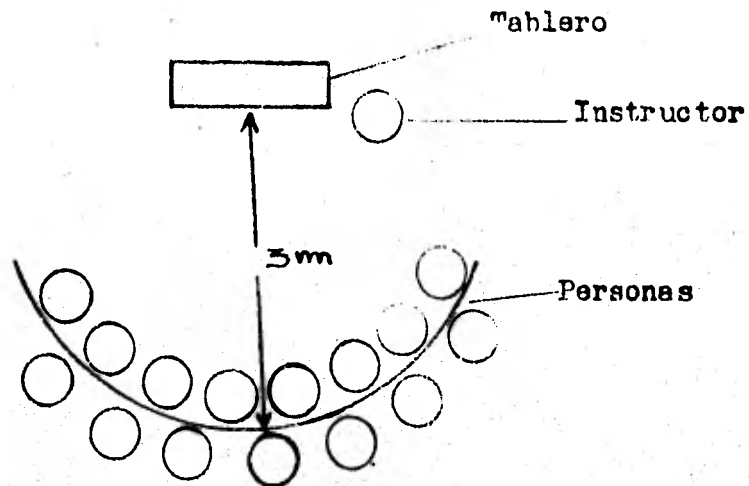


Fig.1

Por esto debe ser aproximadamente del tamaño de una pantalla de cine familiar. Pero no debe ser tan grande que cause problemas de almacenamiento. Por lo tanto se ha pensado que las dimensiones adecuadas son las mostradas en la Fig.2

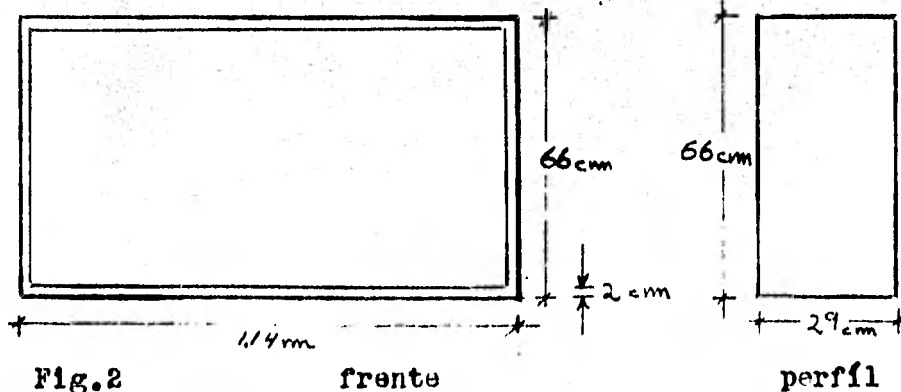


Fig.2

Por principio de cuentas se construyó una caja de madera que resultaba económica, practica y resistente (Fig. 2).

En esta caja se acomodó el bastidor de solera de aluminio anodizado para soportar los módulos de nuestro aparato.

Este bastidor tiene la forma y dimensiones mostradas en la Fig. 3.

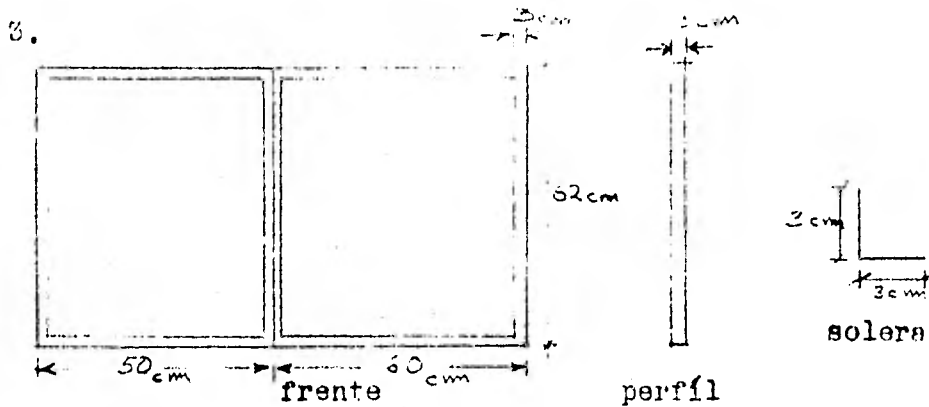


Fig. 3

En éste soporte se acomodaron las siguientes partes.

Nueve cajas modulares de aluminio anodizado (que ya se encontraban en el Laboratorio de Comunicaciones) en donde se alojan las tablas de circuito impreso.

Un selector del tipo Cross-Bar con capacidad de 10 verticales y 10 horizontales del cual ya también se disponía de antemano.

(ver Fig. 4)

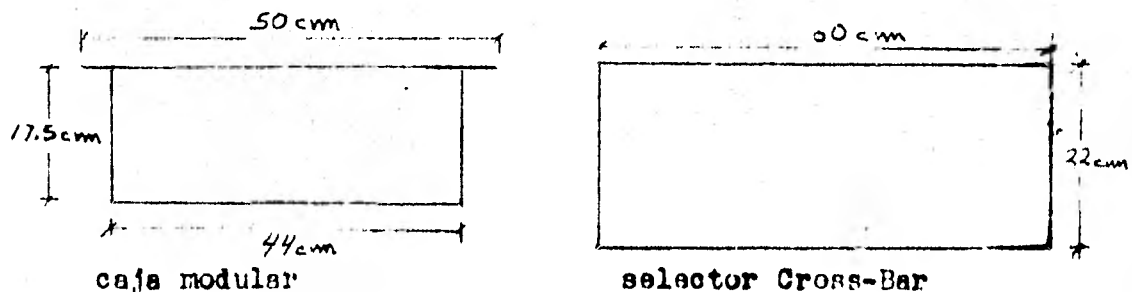
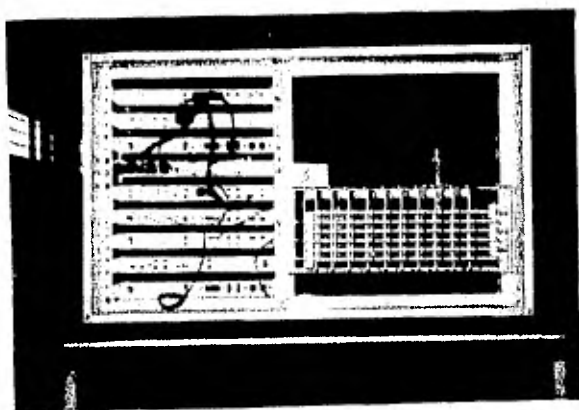
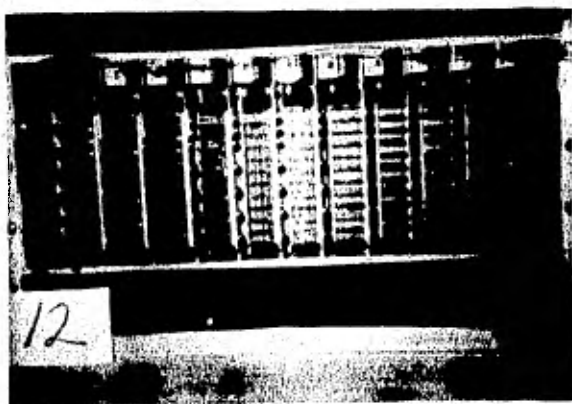


Fig. 4

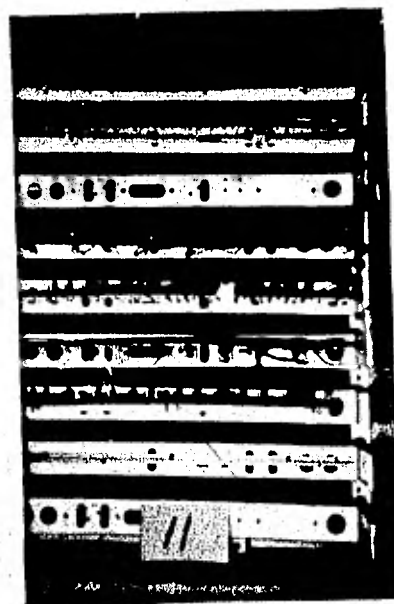
Las fotografias de esta pagina nos muestran lo anteriormente dicho.



Vista General



Selector Cross-Bar



Módulos

La cubierta de la caja es de lámina de aluminio de 1/16" de -- grueso la cual se despulio a mano con lija de agua para más tarde dibujar sobre ella el diagrama de bloques del sistema.

Para mostrar el funcionamiento del sistema se requieren por lo menos cuatro teléfonos ligeramente diferentes a los usados comunmente en la red pública de nuestro país.

La diferencia estriba en que para marcar un número, en vez de hacerlo con disco se hace con teclado y en lugar de túbre tiene una pequeña bocina.

Dabido a que los teclados existentes en nuestro mercado ( ITT, Ericsson, etc.) no se adaptan a nuestros requerimientos de frecuencia, fué necesario modificar el circuito electrónico de un aparato marca Federal Telephone Inc.

Montando el conjunto sobre un tablero (Fig. 5) que se puede conectar a cualquiera de los teléfonos que se han preparado para tal caso.

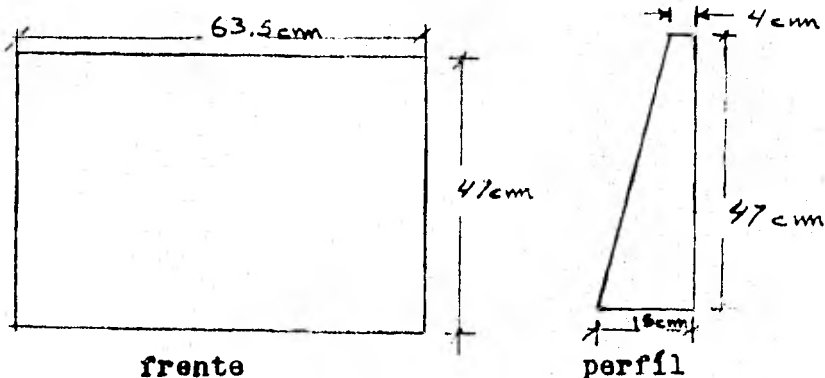


Fig. 5

La fabricación de los circuitos impresos se llevo a cabo mediante procedimientos manuales, debido a que no se tuvo acceso a equipo fotográfico para simplificar el proceso.

Este procedimiento manual se efectuó de la siguiente manera. Primeramente basados en el diagrama electrónico del circuito se procedió a trazar un bosquejo de las trayectorias del impreso en papel, acto seguido se calcó sobre la capa de cobre de una placa de baquelita y cobre usada para circuitos impresos. (Fig. 6).

En dicha placa cada una de las líneas trazadas se cubrió con cinta adhesiva y luego una vez terminada, se sumergió en una solución de cloruro ferrico teniendo así después de algunos minutos la placa con el circuito deseado terminada.

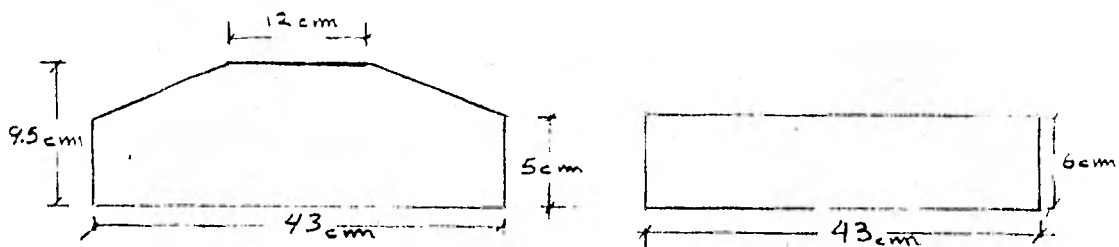


Fig. 6

Para la distribución de los módulos y el selector Cross-Bar se dividió la caja en dos partes quedando de un lado el Cross-Bar y del otro los 9 módulos dispuestos uno sobre otro como se muestra en la Fig. 7

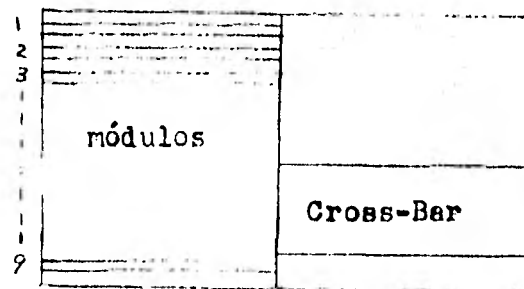


Fig. 7

#### 4-2.-Especificaciones

Fuente de Alimentación primaria 125 Vcd. 1 Amp.

Fuente de Alimentación secundaria 12 y 24 Vcd.

Solo puede funcionar con el teclado diseñado para el sistema.

La resistencia óhmica de la línea que une al teléfono con el conmutador debe ser menor de 40 ohms, lo cual con un conductor duplex del No. 18 de cobre con una resistividad de :

$$\frac{6.51 \Omega}{1000 \text{ ft}} = 8 \text{ por hilos}$$

nos da una longitud máxima de la línea de:

$$R_{\text{TOT}} = 40 \Omega$$

$$8_{\text{hilos}} = \frac{13.02}{1000} \frac{\Omega}{\text{ft}}$$

$$L = \frac{40 \times .304}{13.02 / 1000} = 933.95 \text{ m} \approx 1000 \text{ mts.}$$

Capacidad máxima teórica del sistema 10 líneas y 5 conversaciones simultáneas.

Capacidad instalada 4 líneas y solo una conversación a la vez. En caso de requerirse más conversaciones simultáneas se tienen dos posibilidades:

- 1.-Instalar más de un control central
- 2.-Idear un sistema para que el control central una vez atendida una llamada se transfiera automáticamente a otra vertical para atender otra solicitud.

#### Precauciones Especiales.

Limpiar periódicamente con un soplador de aire a presión los contactos del selector Cross-Bar.

Nunca usar lubricantes en los ejes de las barras móviles del

selector.

Al energizar la central encender primero la fuente y después conectarla al circuito debido a que aparece un transitorio de voltaje al principio del funcionamiento de ésta.

Obviamente los impactos dañarán al sistema.

La superficie de la cubierta puede ser limpiada con una tela humedecida en agua y no usar solventes químicos.

Atmosferas húmedas o corrosivas pueden dañar las placas de circuito impreso así como a los contactos del selector.



## V.-CONCLUSIONES

Después de haber llevado a cabo el proyecto y durante él, hubo que tener en cuenta diversos factores previstos y tratar de solucionar otros imprevistos.

Como consecuencia de estos se pueden anumerar algunas de las características que tuvo la elaboración de nuestro proyecto, estas son:

1.-El sistema no está optimizado, por que se realizó con exceso de material y de espacio, además como tiene por finalidad servir para la enseñanza, se tuvo que hacer muy objetivo, resultando demasiado grande.

2.-No se puede aumentar la capacidad del sistema, debido al principio fundamental utilizado, que nos permite una capacidad máxima de 10 teléfonos.

3.-Posiblemente lo único que se demuestra en el trabajo, es la capacidad para plantear y resolver un problema. Quizás profundizando en el sistema se encuentre en él ideas nuevas, mejor dicho, útiles, que puedan servir para la realización de sistemas con mayor capacidad.

4.-En el fondo teníamos la esperanza de que nuestro trabajo -- pudiera ser comercializado, pero nos faltó tiempo para la investigación de mercados, necesidades, etc., así como capital para continuar la investigación, pues posiblemente en principio si tenga algunas ideas comercializables.

5.-Como se aprecia en el trabajo, se estudiaron los sistemas electrónicos existentes, los cuales desafortunadamente emplean --

principios fundamentales muy complejos, razón por la cual optamos por idear un sistema totalmente nuevo, y como consecuencia nuestro aparato resultó original, ya que no nos basamos en ningún circuito existente, sino en principios fundamentales de conmutación electromecánica y electrónica.

b.-La ejecución del trabajo se llevo a cabo en pequeños grupos encontrandose que no hubo suficiente intercomunicación por lo que el tiempo precalculado no fue suficiente, y tuvo que ser ampliado un semestre más.

Se puede considerar que la realización de éste trabajo tiene trascendencia debido a que

Primero.-Los que lo llevamos a cabo adquirimos practica en el manejo y diseño de circuitos electrónicos que en ninguna asignatura dentro de la carrera habíamos adquirido.

Segundo.-Las generaciones subsiguientes pueden adquirir algo positivo de este proyecto debido a que al ser utilizado en alguna parte del temario del Laboratorio de Comunicaciones tendrá alguna utilidad en la enseñanza de dicha materia.

principios fundamentales muy complejos, razón por la cual optamos por idear un sistema totalmente nuevo, y como consecuencia nuestro aparato resultó original, ya que no nos basamos en ningún circuito existente, sino en principios fundamentales de conmutación electromecánica y electrónica.

6.-La ejecución del trabajo se llevo a cabo en pequeños grupos encontrandose que no hubo suficiente intercomunicación por lo que el tiempo precalculado no fue suficiente, y tuvo que ser ampliado un semestre más.

Se puede considerar que la realización de éste trabajo tiene trascendencia debido a que

Primero.-Los que lo llevamos a cabo adquirimos practica en el manejo y diseño de circuitos electrónicos que en ninguna asignatura dentro de la carrera habíamos adquirido.

Segundo.-Las generaciones subsiguientes pueden adquirir algo positivo de este proyecto debido a que al ser utilizado en alguna parte del temario del Laboratorio de Comunicaciones tendrá alguna utilidad en la enseñanza de dicha materia.