

2ej. 8



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**" RELEVADORES ELECTROMECAÑICOS
PARA PROCESOS INDUSTRIALES "**

S E M I N A R I O

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n :

ANTONIO ROBERTO ANDREWS GONZALEZ

FRANCISCO JAVIER GUZMAN RODRIGUEZ

JORGE HORACIO MORALES TOPETE

VICTOR MANUEL FLORES SALGADO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAG.
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. RELEVADORES.....	3
1.1. Funcionamiento del relevador.....	3
1.1.1. Fuerza magnetomotriz para que el relevador opere y suelte.....	5
1.1.2. Tiempo de operación.....	6
1.1.3. Tiempo del relevador para soltar.....	7
1.2. Contactos.....	9
1.3. Contactores.....	12
1.4. Relevadores de tiempo.....	13
1.5. Relevadores de protección.....	17
1.5.1. Relevadores de sobrecorriente, baja corriente, so- bretensión v baja tensión.....	18
1.5.2. Relevador diferencial.....	22
1.5.3. Relevadores térmicos.....	30
1.6. Otros sistemas de protección.....	31
1.6.1. Interruptores.....	31
1.6.2. Fusibles.....	40
CAPITULO II TRANSDUCTORES.....	52
11.1. Transductor de presión.....	52
11.2. Transductor de flujo.....	54
11.3. Transductor de nivel.....	56
11.4. Transductor de temperatura.....	58
11.5. Transductor de posición.....	59
CAPITULO III MOTORES.....	60
111.1. Introducción.....	60

	PAG.
III.2. Motores de corriente continua.....	61
III.2.1. Motor serie.....	52
III.2.2. Motor shunt o derivación.....	67
III.2.3. Motor compuesto.....	69
III.3. Motores de corriente alterna.....	72
III.3.1. Motor jaula de ardilla.....	74
III.3.2. Motor con rotor devanado.....	77
III.3.3. Motor síncrono.....	82
III.4. Motores monofásicos.....	88
III.4.1. Motores de colector.....	89
III.4.1.1. Motor serie de corriente alterna.....	89
III.4.1.2. Motores tipo repulsión.....	95
III.4.2. Motores de inducción.....	104
III.4.3. Motores síncronos.....	115
 CAPITULO IV. DIAGRAMAS Y SIMBOLOS ELECTRICOS.....	 119
IV.1. Introducción.....	119
IV.2. Diagramas esquemáticos.....	120
IV.2.1. Diagramas de control.....	120
IV.2.2. Diagramas de fuerza	122
IV.3. Diagramas de alambrado.....	122
IV.4. Diagramas de interconexión.....	125
IV.5. Nomenclatura de equipo.....	125
IV.6. Símbolos eléctricos.....	129
 CAPITULO V. DIAGRAMAS DE SECUENCIA.....	 140
V. 1. Introducción.....	140
V.2. Compuerta 'AND'.....	142
V.3. Compuerta 'OR'.....	146
V.4. Compuerta de negación.....	149
V.5. Memoria.....	152
V.6. Compuertas con respuesta diferida en el tiempo.....	167

CAPITULO VI. APLICACIONES.....	176
VI.1. Circuito para control automático de un sistema de bombeo.....	176
VI.2. Circuito de control para un sistema de filtrado de lubricante de corte.....	193
VI.3. Circuito de control para un cuadro de alarmas	202
VI.4. Circuito de control para una intercomunicación telefónica.....	208
VI.5. Circuito de control para una revolvedora.....	225
 BIBLIOGRAFIA.....	 234

I N T R O D U C C I O N

En la actualidad casi todos los procesos industriales que se -- realizan tienen una gran parte de automatización y en ciertos casos ésta abarca por completo ese proceso.

Dicha automatización se logra básicamente con dispositivos que mandan y controlan procesos diversos sin la intervención de personas.

Con esp se logra un aumento en la velocidad y la precisión con- que se cumplen las operaciones a realizar, y trae además una elevación en el rendimiento del proceso.

En determinados casos la automatización hace posible el funcio- namiento de obras cuyo servicio directo por el hombre sería imposible, de_ bido a la nocividad (instalaciones químicas, energía nuclear, etc.), peli_ grosidad (aeronaves de prueba sin piloto), gran rapidez en que los proce- sos transcurren (mantener constante la tensión eléctrica).

Ahora bien cada elemento del dispositivo de automatización al igual que cualquier construcción o proceso técnico debe ser examinado y apreciado desde varios puntos de vista, para la creación del enlace funcional necesario entre el parámetro en un proceso dirigente (señal de entrada) y el parámetro en un proceso dirigido (señal de salida).

Para la automatización en los procesos industriales existen diversos sistemas: electrónicos, flúidicos, electromecánicos, etc.; en la actualidad el uso de los sistemas que funcionan a base de reveladores -- electromecánicos es el mas económico, por lo que ellos son usados básicamente para la realización de la gran mayoría de procesos, auxiliándose de los otros sistemas de automatización en los puntos críticos del mismo.

CAPITULO I

RELEVADORES

1.1. FUNCIONAMIENTO DEL RELEVADOR

Un relevador es un dispositivo que por la acción de una corriente eléctrica, provoca el cierre o la apertura de contactos eléctricos que conmutan un determinado circuito.

El relevador se compone de cinco partes principales: la bobina R, el puente B, la armadura A, un grupo de contactos K, y un material aislante C, como lo muestra la figura 1.1.1.

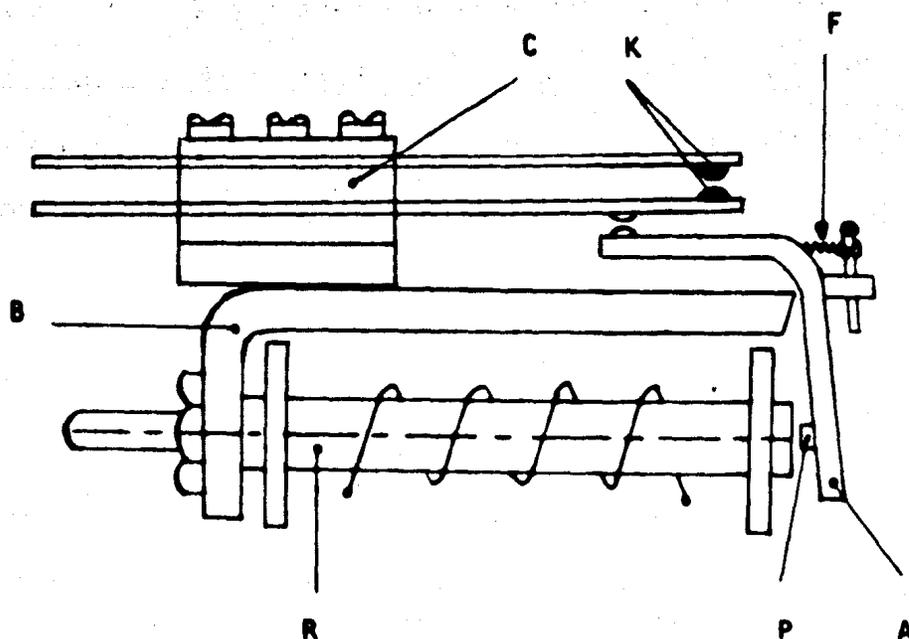


Fig. 1.1.1. Partes principales de un relevador.

La bobina está formada por un núcleo laminado de hierro con un devanado magnético que se fija a la parte de atrás del puente. La armadura va colgada en la parte delantera de la bobina, manteniéndose separada de ella (armadura suelta) mediante un resorte F. Cuando se produce el movimiento de la armadura hacia la bobina se operan los contactos muelle de los diversos grupos.

El núcleo de hierro de la bobina, el puente y la armadura forman el circuito magnético del relevador. Al pasar la corriente por el embobinado se produce un campo magnético cuyas líneas de fuerza atraen la armadura, el relevador acciona, y los grupos de contactos son operados, abriéndose o cerrándose los circuitos conectados a los contactos.

Al interrumpir la corriente que pasa a través del devanado magnético, cesa el campo magnético, la armadura regresa a su posición de reposo, el relevador suelta y los contactos vuelven a su posición de reposo, produciéndose cierres o aperturas de circuitos en orden inverso a cuando fueron operados los contactos.

Para que la armadura al operar no pegue en contacto directo con el núcleo de la bobina, hierro contra hierro y evitar que se pegue por el magnetismo remanente, está provista en su parte inferior de una pieza de latón P, conocida como tope de entrehierro, la cual sólo es necesaria cuando se usa corriente directa.

Para los núcleos de las bobinas se usan dos clases de hierro.- Normalmente se usa el llamado hierro antimagnético o sea que el hierro tiene muy baja remanencia. Y para los relevadores que requieren un tiempo corto para soltar, o se necesita una alta impedancia, se usa el hierro K, que es hierro con silicio.

La construcción del relevador enunciada anteriormente es una construcción básica pero puede tener ligeras variantes, dependiendo del fabricante puede haber relevadores con ocho o diez contactos.

1.1.1. Fuerza magnetomotriz para que el relevador opere y suelte.

Para que el relevador opere con cierta carga y determinada distancia entre los polos, es indispensable que tenga una fuerza magnetomotriz, lo suficientemente grande para producir el campo magnético que atraiga la armadura, esta fuerza se expresa en ampervueltas.

Como la distancia entre los polos es la resistencia principal en el campo magnético, un aumento o disminución de esta distancia se traduce en un aumento o disminución equivalente en el número de ampervueltas necesarias para que el relevador opere. Como la distancia entre los polos es igual a la suma del movimiento libre de la armadura y el tope de entrehierro, es obvio que un aumento en el grueso del tope de entrehierro, sin variar el movimiento libre de la misma, da por resultado un au-

mento en el número de ampervueltas.

El número de ampervueltas necesarias para la operación depende además del tipo de relevador, del diámetro del núcleo del carrete y de la calidad del hierro, este número de ampervueltas se denomina "O", o sea límite para la operación.

Para que los relevadores trabajen con cierta seguridad con las tensiones que normalmente rigen, es necesario que el número de ampervueltas en esas tensiones sean mayores que "O". El número de ampervueltas para la tensión normal de servicio se denomina "N" y es aproximadamente un 40 por ciento mayor que "O".

1.1.2. Tiempo de operación:

Por tiempo que un relevador necesita para operar, se le llama al tiempo que transcurre desde el momento en que la bobina es energizada por la corriente hasta el momento en que la armadura haya operado los grupos de contactos para que estos efectúen su función.

Por lo tanto en un relevador, un tiempo corto de operación es muy importante. Los factores que afectan al tiempo de operación de un relevador son principalmente:

1. La constante de tiempo del circuito eléctrico

2. El factor de seguridad de corriente.

3. La potencia.

Podemos decir que un relevador tendrá un tiempo más corto de operación si hay una sobreintensidad de corriente momentánea, ya que la intensidad del campo magnético está en función de la intensidad de corriente, $B \sim i/r$, la cual está dada por la relación $i = E/R (1 - e^{-t/\tau_L})$, siendo $\tau_L = L/R$, la constante de tiempo del circuito, o sea que si la autoinducción aumenta, la corriente disminuye y el tiempo de operación aumenta.

El factor de seguridad de corriente "S" se entiende como la relación entre las ampervueltas en el momento, N, y la fuerza magnetomotriz requerida para el límite de operación, O.

Y la potencia de operación es la potencia en todo el circuito que causa la operación del relevador.

1.1.3. Tiempo del relevador para soltar:

Se le llama así al tiempo que transcurre desde el momento que la corriente en la bobina del relevador es interrumpida, hasta el momento en que la armadura haya caído para dejar los grupos de contactos en su posición de reposo.

El tiempo para soltar de un relevador es menor al tiempo de --
operación, porque al desenergizarse la bobina el resorte ayuda a la arma-
dura a regresar a la posición inicial.

El tiempo de soltar depende principalmente de los siguientes -
factores:

1. Las condiciones de flujo en el circuito magnético.
2. Las corrientes de Eddy en el hierro.
3. La constante de tiempo del circuito eléctrico.

Las condiciones de flujo en el circuito magnético, son el flu-
jo en el momento cuando la corriente en la bobina es interrumpida y la -
concentración del flujo baja a un valor mínimo, en donde la armadura es
soltada.

Este intervalo de tiempo depende principalmente de la reluctan-
cia o resistencia magnética del circuito magnético, tiempo corto para una
reluctancia grande, y además por la carga del contacto.

La reluctancia depende de la permeabilidad del núcleo de hie--
rro, del entrehierro y de las dimensiones del circuito magnético.

Los cambios de flujo son acompañados por las corrientes de ---

eddy en el hierro. Estas demoran la disminución del flujo después de que el embobinado magnético ha sido interrumpido.

Las corrientes de eddy aumentan con la disminución de la reluctancia del circuito magnético.

1.2. CONTACTOS:

Una parte fundamental de los relevadores son los contactos, por lo que debe tenerse en cuenta la erosión de ellos, debida a los arcos, la transferencia metálica y las microsoldaduras.

Un contacto antes de fallar puede sufrir una erosión apreciable. Los factores que contribuyen a determinar la vida de un contacto incluyen la forma y tamaño del mismo, la naturaleza de los materiales, la presión del contacto, condiciones atmosféricas.

El deterioro de los contactos debido al arco, es mayormente ocasionado por los transitorios de tensión e intensidad que se presentan en el cierre. Al empezar a cerrar los contactos la distancia de separación se va haciendo más pequeña y se forman arcos invisibles debido a la tensión de ruptura del campo eléctrico. Durante el primer instante de cierre, el contacto se realiza a través de las irregularidades de las superficies, las altas densidades de corriente pueden causar la fusión y -

quizá la ebullición del metal.

El deterioro causado en los contactos por esa ruptura se acentúa por la descarga del condensador formado por las dos láminas del contacto.

La intensidad transitoria es a menudo varias veces la de régimen y se forma una microsoldadura o un puente microscópico entre los contactos.

En la apertura de los contactos también se presentan los transitorios de tensión e intensidad que causan el deterioro.

Al abrirse los contactos, los últimos momentos de conducción - metálica tienen lugar de nuevo a través de pequeñas áreas de contacto bajo presión reducida. Se forma un puente, en forma de dos conos unidos - por el vértice de metal fundido que eventualmente se rompe y se convierte en una fuente de emisión electrónica.

La primera solución para reducir al mínimo el problema de los arcos y la erosión resultante sería:

1. Contactos resistentes y gran fuerza de contacto.
2. Material de contacto con la mayor conductibilidad eléctrica y térmica posible, por lo general plata.

3. Aditivos en el material de los contactos, como cadmio u óxido de cadmio, para impedir las soldaduras.
4. Mecanismos de actuación de relevadores, diseñados para aumentar la capacidad de los contactos para romper las soldaduras.

La segunda mejora en el problema de los arcos es usar componentes adicionales para quitar los transitorios de conmutación.

Hay dos tipos de contactos que se usan con frecuencia mayor que otros, ellos son: los normalmente abiertos y los normalmente cerrados que se especifican en la siguiente forma:

Contactos normalmente abiertos. - Son aquéllos que están abiertos cuando la bobina del relevador está desenergizada y al operar el relevador, cierran.

Contactos normalmente cerrados. - Son aquéllos que están cerrados cuando la bobina del relevador está desenergizada y al energizarse la bobina, el relevador opera y se abren.

Tiempo de Traslape

Para lograr ciertas condiciones de operación indispensables en un proceso, es necesario en ocasiones que dos o más contactos, uno (s) -

normalmente cerrado y uno (s) normalmente abierto, accionados por un mismo relevador permanezcan un cierto instante cerrados, a ese instante en el cual permanecen cerrados se le llama tiempo de traslape de contactos.

Una aplicación del tiempo de traslape es en la conmutación de ampérmétros.

Los relevadores de uso común generalmente no tienen tiempo de traslape.

1.3. CONTACTORES

El contactor es un dispositivo eléctrico compuesto de varios elementos que al ser accionados conecta o desconecta la línea con un banco de capacitores, resistencias de calefacción o con motores.

Para elegir adecuadamente los contactores es necesario conocer ciertas características de los motores con los que van a trabajar, como es la potencia del motor, su carga, trabajo del par resistente, arranque, inversiones, etc.

El contactor presenta notables ventajas, como la de poderlo accionar a diferentes distancias, empleando línea con hilos muy delgados y de poco costo, desde el contactor hasta el pulsador instalado en un pues

to de mando, centralizado con otros; pueden enclavarse varios motores - que se corresponden en un proceso de fabricación, operaciones conjuntas - o aisladas, de tal forma, que un sólo operario realice los movimientos - más complicados o en otros casos estos contactores pueden ser acciona-- dos sin la intervención de personas, esto es con auxilio de otros elemen-- tos que controlen su excitación, ya sea con un nivel de líquido, una tem-- peratura límite, un final de carrera, una celda fotoeléctrica, etc.

Un contactor funciona de la misma manera que un relevador, lo-- cual ya enunciamos antes, sólo que tiene un juego de contactos robustos, tantos como fases, llamados principales o de trabajo, uno o varios con-- tactos auxiliares de mando, realimentación, etc., que pueden ser normal-- mente abiertos y/o normalmente cerrados.

En la tabla 1.1 se muestran la capacidad, consumo y tiempo de operación de contactores.

1.4. RELEVADORES DE TIEMPO.

En determinadas ocasiones hay circunstancias y necesidades de que dada la orden de mando, es preciso que el circuito o máquina trans-- curra cierto tiempo sin actuar, tanto para la puesta en marcha como para el paro, también son precisas programaciones a tiempos distintos, contac

Características de operación.			Tamaño del contactor según la capacidad de sus contactos principales.											
			7A	12A	16A	32A	40A	60A	45A	100A	140A	200A	300A	400A
Consumo de bobinas al operar	Transitorio (Al arrancar)	VA	52	52	70	106	200	275	135	740	740	1430	3250	4500
		W	40	40	55	70	125	145	97	500	500	910	2300	1500
	Estado Estable	VA	8	8	10	14	20	30	175	44	44	84	125	150
		W	3.3	3.3	4	5	8	12	4.5	11	11	21	40	53
Tiempo de apertura, milisegundos			10-25	10-25	10-25	15-30	12-20	12-20	20-30	40-65	40-65	40-65	35-75	40-100
Tiempo de cierre, milisegundos			5-15	5-15	5-15	5-15	10-15	12-20	7-15	25-30	25-30	25-35	30-40	30-40

Tabla 1.1.- Capacidad, consumo y tiempo de operación de contactores.

tos que deben conectarse o desconectarse en un tiempo prefijado, que -- pueden actuar sobre circuitos secundarios de mando y contactores de trabajo.

Para obtener estas condiciones se emplean los relevadores de tiempo, que ajustan períodos de tiempo muy cortos o largos, desde décimas de segundos o impulsos, a minutos, encontrándose de varios tipos y formas de aplicación.

Los relevadores de tiempo pueden ser: relevadores de tiempo -- por inercia mecánica, relevadores de tiempo tipo neumático, etc.

Relevadores de tiempo por inercia mecánica.

Estos relevadores tienen sus armaduras lastradas en ambos extremos y están provistos de un ancho arco de balanceo.

Puede acoplarse la armadura a un volante que gira a través de un arco, tras el cierre o apertura de los contactos. El tiempo puede -- ajustarse regulando la tensión en la bobina. El impulso será más largo de lo normal cuando la tensión de accionamiento sea baja y más corto --- cuando la tensión sea mayor de lo normal.

Relevadores de tiempo tipo neumático:

En este relevador se conecta la armadura o la barra móvil a -- una cámara de aire. Esta cámara está formada generalmente por un cilindro con un pistón muy ajustado y un orificio ajustable, el cual permite la entrada o salida del aire al cilindro con una velocidad que es controlada.

Al energizarse el relevador comienza la transferencia lenta -- del volumen de aire, que regula la velocidad con la que se mueve el pistón, este a su vez controla el movimiento de la armadura, la cual no se moverá hasta no ser accionada por el pistón.

Al desenergizarse el relevador, opera una válvula de reposición permitiendo que el cilindro se llene o vacíe rápidamente, quedando listo para ser nuevamente operado. Los tiempos pueden ser desde 0.1 segundos a 5 minutos o más. El relevador puede ser de tiempo al energizarse y de tiempo al desenergizarse.

Relevador de tiempo al energizarse es aquel que al energizarse la bobina tarda un cierto tiempo prefijado en ser accionada la armadura que abre o cierra sus contactos y al desenergizarse la bobina regresa inmediatamente la armadura y los contactos a la condición de reposo.

Relevador de tiempo al desenergizarse es el que al energizarse, opera inmediatamente la armadura cerrando o abriendo sus contactos y al

desenergizarse tarda un tiempo prefijado en retornar a las condiciones -
iniciales de reposo.

1.5. RELEVADORES DE PROTECCION

La función de los relevadores de protección, es hacer el reti
ro rápido del servicio de cualquier elemento de un sistema de potencia, -
cuando éste sufre un corto circuito o empieza a funcionar en cualquier -
forma anormal, que pueda originar daño o interfiera de otra manera con -
el funcionamiento eficaz del resto del sistema. El equipo de protección
es ayudado en esta tarea por interruptores que son capaces de desconec--
tar el elemento defectuoso cuando el equipo de protección se los manda.

Una función secundaria de los relevadores de protección, es in
dicar el sitio y el tipo de falla. Dichos datos no sólo ayudan en su re
paración oportuna, sino también evitan que la falla se repita por dicha-
causa.

Cualquier equipo de protección debe ser suficientemente sensi-
ble para que funcione en forma segura cuando sea necesario, debe ser ca-
paz de seleccionar entre aquellas condiciones en las que se requiere un
funcionamiento rápido y las de acción retardada, además debe funcionar -
a la velocidad requerida.

Algunos relevadores de protección del tipo de corriente alterna, están accionados por corriente y tensión, suministradas por transformadores de corriente y de potencial. Estos transformadores proporcionan aislamiento contra la tensión del circuito de potencia y alimentan también a los relevadores con magnitudes proporcionales a aquellas del circuito de potencia, pero lo suficientemente reducidas en magnitud para que puedan utilizarse relevadores pequeños, a un voltaje seguro; tan seguro que permite en la mayoría de los casos reajustarlas durante condiciones de operación.

1.5.1. Relevadores de sobrecorriente, baja corriente, sobretensión y baja tensión.

Estos relevadores son del tipo de atracción electromagnética, accionados por una sola magnitud, es decir, por una sola fuente de corriente o de tensión. El prefijo "sobre", significa que el relevador entra en operación, cuando la magnitud de influencia excede a la cantidad para la cual está ajustado para funcionar. Igualmente, el prefijo "baja" significa que el relevador opera cuando la magnitud de influencia disminuye de la cantidad para la cual está ajustado.

Principio de funcionamiento

Funciona en virtud de un émbolo que es atraído dentro de un solenoide, o una armadura que es atraída por los polos de un electroimán.

La fuerza electromagnética ejercida en el elemento móvil, es proporcional al cuadrado del flujo en el entrehierro y despreciando el efecto de la saturación puede expresarse como:

$$F = K_1 I^2 - K_2$$

F = Fuerza Neta.

K_1 = Una constante de conversión de la fuerza.

I = La magnitud eficaz de la corriente en la bobina actuante.

K_2 = La fuerza de retención (incluye la fricción).

Cuando el relevador está en el límite de operación, la fuerza es igual a cero y entonces tendremos que:

$$K_1 I^2 = K_2; I = \sqrt{\frac{K_2}{K_1}}$$

Ajuste

Los relevadores de sobrecorriente tienen una zona de ajuste para hacerlos adaptables a diferentes circunstancias, sin embargo, la zona de ajuste está condicionada por los límites de espacio de la bobina. De aquí que existan en el mercado diversos tipos de relevadores con ajustes diferentes. El ajuste de relevadores de solenoide o de armadura atraída, puede ser por ajuste de entrehierro inicial, de la tensión del-

resorte de retención, de los pesos ajustables, o de los taps de la bobina.

Los relevadores de tensión y de baja corriente, no tienen una zona de ajuste tan amplia, debido a que funcionan dentro de los límites de la magnitud de influencia normal del relevador.

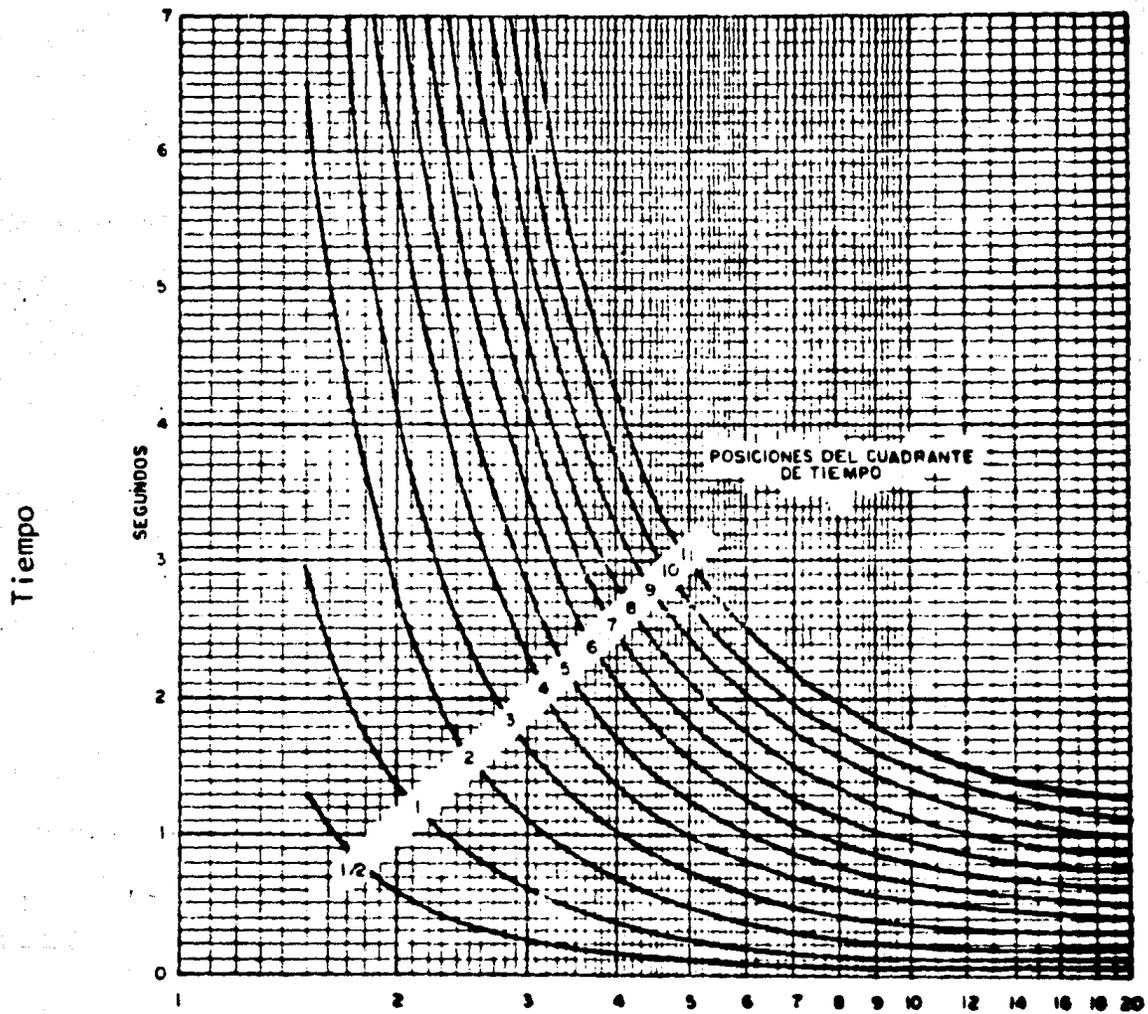
Característica: Tiempo-Magnitud de influencia.

Las curvas que definen esta característica son de dos tipos:

1. de tiempo inverso.
2. de tiempo definido.

1. La curva de tiempo inverso, es aquella en la cual el tiempo para que funcione el relevador, es menor a medida que el valor de la magnitud de influencia se incrementa, como se muestra en la figura. 1.5.1.

2. La curva de tiempo definido, es aquella en la cual el tiempo para que funcione el relevador, solo es afectado por pequeñas variaciones de la magnitud de influencia, (1 a 3 veces la magnitud de arranque). Para variaciones mayores no



Magnitud de influencia.

Fig. 1.5.1. Curva de tiempo inverso

afecta el tiempo para que funcione el relevador, como se --
muestra en la figura. 1.5.2

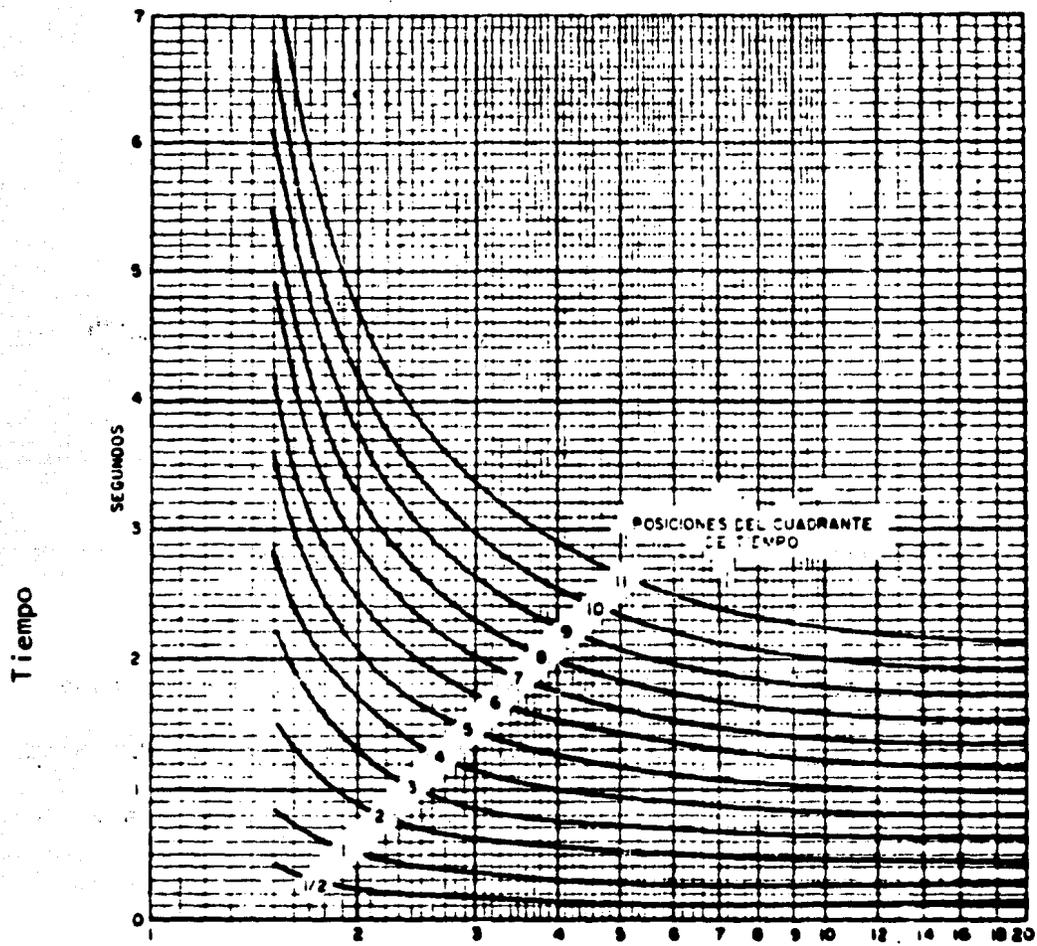
1.5.2. Relevador diferencial

El relevador diferencial funciona cuando el vector diferencial de dos o más magnitudes eléctricas similares, exceden una cantidad predeterminada.

Generalmente cualquier tipo de relevador puede funcionar como un relevador diferencial, si se conecta adecuadamente, es decir, no es -- tanto la construcción del relevador como su forma de conexión, lo que le hace ser un relevador diferencial.

La mayoría de las aplicaciones del relevador diferencial son del tipo diferencial de corriente. En la figura 1.5.3. se muestra el arre-- glo más simple.

En la figura 1.5.3. el cuadro A representa el elemento del sistema que está protegido por el relevador diferencial. Este elemento del sistema puede ser un generador, un motor, un transformador, etc.



Magnitud de influencia.

Fig: 1.5.2. Curva de tiempo definido.

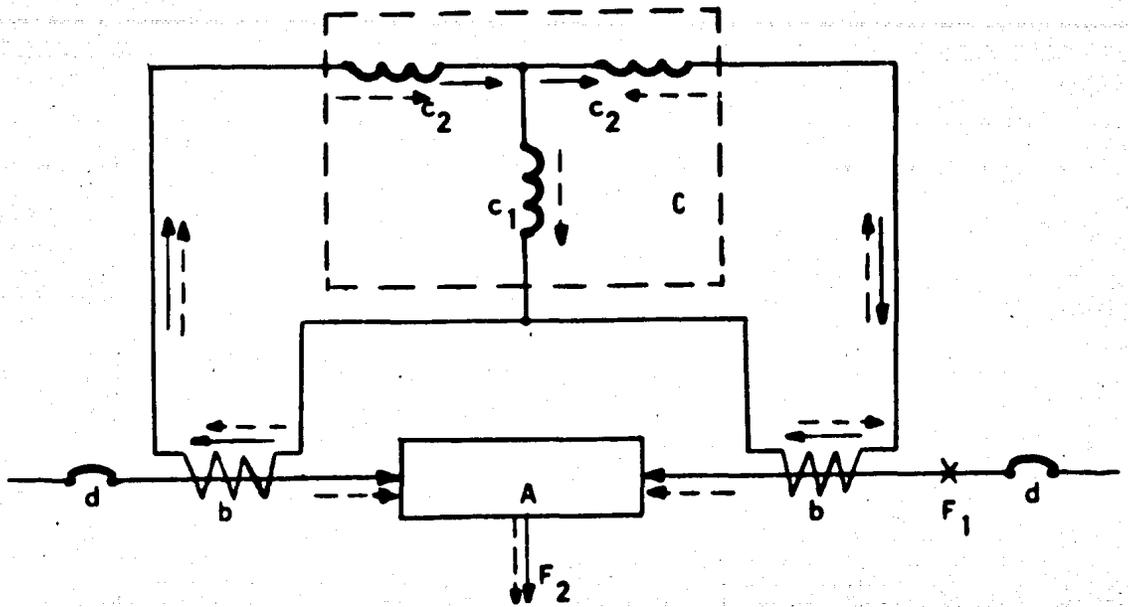


Fig. 1.5.3. Relevador diferencial de corriente

En cada conexión al elemento a proteger, se muestra un transformador de corriente (b), los cuales están conectados a través de la bobina del relevador (c), (c_1 : bobina de funcionamiento, c_2 : bobina de retención).

Suponiendo que la corriente fluye por el circuito primario a una carga o corto circuito en F_1 , también que los dos transformadores de corriente tienen la misma relación de transformación, sus corrientes secundarias, circularán como lo muestran las flechas con línea completa en la figura 1.5.3. y no hay circulación de corriente por la bobina de funcionamiento c_1 , ya que los secundarios de los transformadores, son ajustados.

tados para obtener la misma corriente que las bobinas de retención del relevador diferencial y no hay diferencia de potencial a través de la bobina de funcionamiento.

Ahora, si la falla se encuentra entre los dos transformadores de corriente (F_2), en los secundarios de estos se inducirán voltajes de polaridades contrarias, las cuales producirán corrientes secundarias como lo muestran las flechas con línea punteada, por lo cual circulará corriente por la bobina de funcionamiento y el relevador opera, enviando la orden para que abran los interruptores (d) aislando el elemento protegido de toda alimentación, evitando así daños mayores. En el caso de transformadores, los fabricantes recomiendan esta protección para transformadores de potencia de más de 1,000 KVA de capacidad trifásica, así como para generadores mayores de 10,000 KVA.

El relevador diferencial deberá hacer funcionar un relevador auxiliar de reposición manual, que manda abrir los interruptores que pueden en un momento dado seguir alimentando la falla presente en el equipo dañado, esto es, para disminuir la probabilidad de que un interruptor que alimenta al equipo, se cierre en forma inadvertida, sujetando así al equipo a un daño adicional innecesario.

Conexión de los relevadores diferenciales para protección de un transformador.

Generalmente los transformadores son conectados estrella-delta o delta-estrella, por lo cual existe un defasamiento de 30° entre los voltajes al neutro del lado conectado en estrella y los voltajes al neutro conectados en delta, una regla es; que los transformadores de corriente en cualquier arrollamiento en estrella de un transformador de potencia, deberán conectarse en delta y en cualquier arrollamiento en delta deberán conectarse en estrella.

Para la protección de transformadores, sin importar cual sea su conexión es necesario tomar en cuenta la relación de transformación, para poder seleccionar los transformadores de corriente, y obtener corrientes de la misma magnitud en los secundarios de estos, evitando así el funcionamiento del relevador en condiciones normales de trabajo.

El procedimiento para hacer la conexión apropiada de los relevadores diferenciales es como sigue: El primer paso, es suponer las corrientes que fluyen en los arrollamientos del transformador en cualquier dirección que se desee. Se hace la suposición de que la suma vectorial de las corrientes en el lado de la estrella, es igual con cero, por lo cual no fluye corriente por el neutro.

El segundo paso, es conectar uno de los conjuntos de transformadores de corriente en delta o en estrella de acuerdo con la regla ya mencionada, después, debe conectarse el otro conjunto de transformadores también de acuerdo con la misma regla. Al hacer las conexiones del segundo conjunto de transformadores de corriente, se debe de verificar la circulación de las corrientes en el primario y secundario de los mismos.

En la figura 1.5.4. se muestra la conexión completa de los relevadores diferenciales para la protección de un transformador trifásico, las flechas muestran la operación normal. Al ocurrir una falla a tierra en uno de los embobinados del primario del transformador (F_1 de la figura 1.5.5.), no habrá inducción en el secundario y no circulará corriente por él, lo que provocará una diferencia de corriente en las bobinas de retencción del relevador diferencial y como consecuencia, circulará una corriente a través de la bobina de funcionamiento estableciendo una diferencia de potencial, que hace operar el relevador como lo muestran las flechas de la figura 1.5.5., en este tipo de falla, como circula una corriente de corto circuito también operan los fusibles de protección de la línea de alimentación.

Cuando se produce una falla parcial a tierra habrá una inducción en el secundario, dependiendo de la cantidad de vueltas afectadas del embobinado, lo que produciría una corriente menor dependiendo del voltaje inducido, en este caso existirá también una diferencia de co---

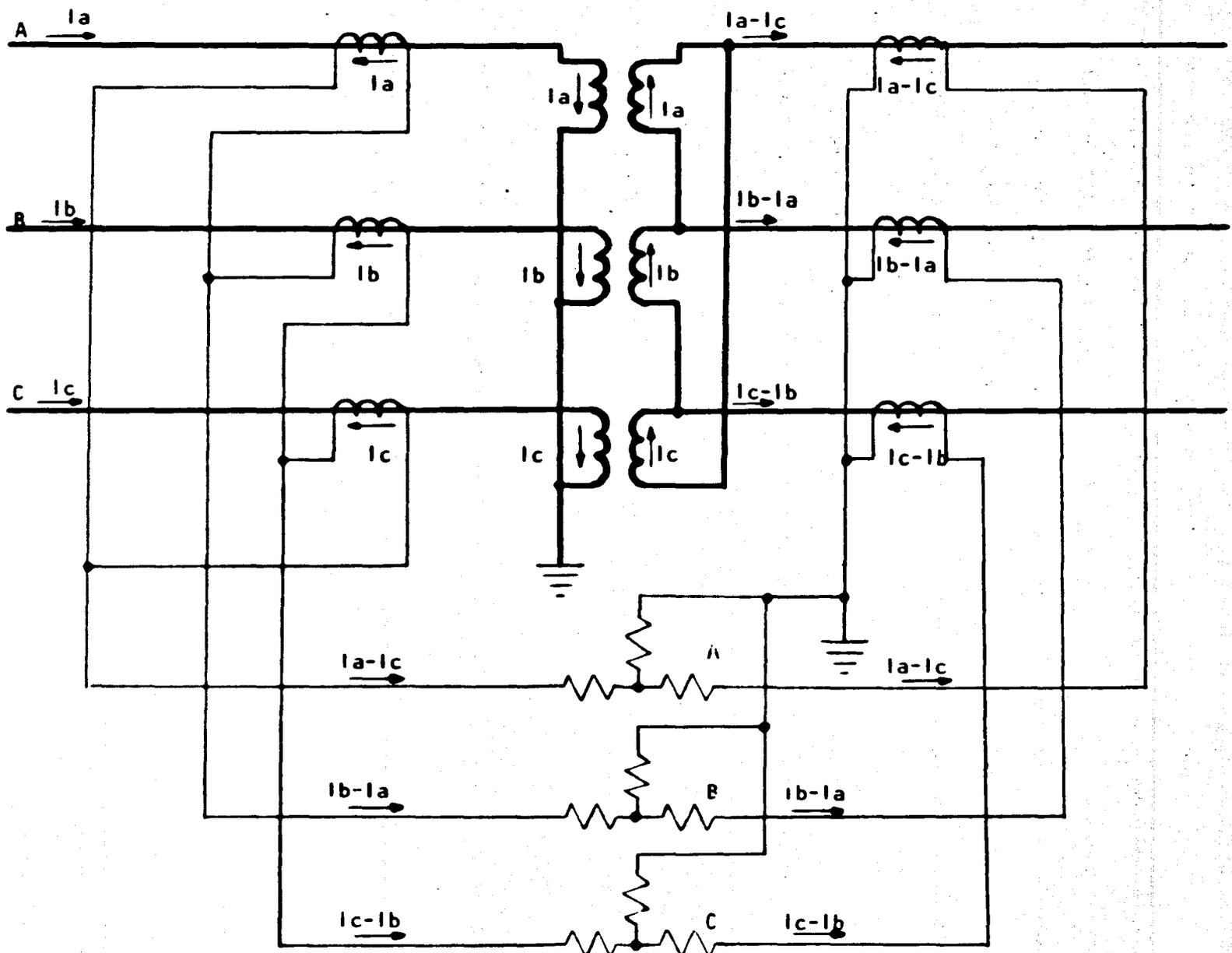


Fig. 1.5.4. Relevador diferencial para la protección de un transformador trifásico.

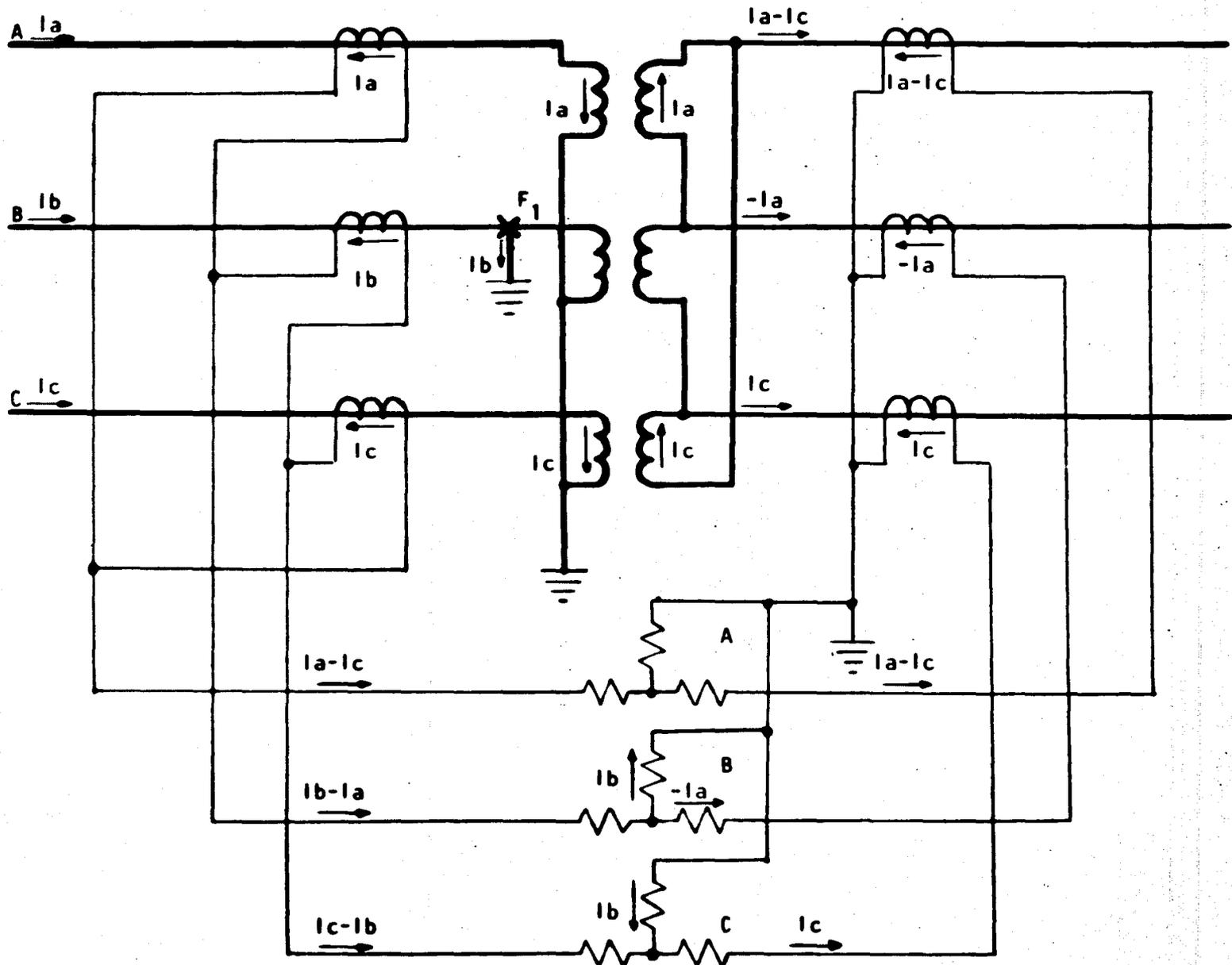


Fig. 1.5.5. Operación del relevador diferencial por falla a tierra.

rrientes en el relevador diferencial y operará, como la corriente de falla es menor, los fusibles de protección no se fundirán.

1.5.3. Relevadores térmicos.

Tienen su fundamento en la deformación sufrida por unas láminas de distinto material unidas firmemente entre sí, las que al dilatarse de sigualmente por poseer diferentes coeficiente de dilatación y debido al calor producido por la corriente, sufrirán una deformación en sentido perpendicular a sus ejes, al curvarse las láminas bimetálicas accionan un sencillo mecanismo de palancas desconectando el contacto que abre el circuito de alimentación de las bobinas: ahora bien, mientras pasa la corriente normal del motor el calor producido es limitado, equilibrándose con el que se disipa, esto es posible debido a que los materiales seleccionados para la fabricación de elementos térmicos; son los que simulan la temperatura del objeto a proteger, llegando al valor prefijado, sube la temperatura curvando las láminas, dispara el relevador y el motor no se pone en marcha si no se le vuelve a rearmar, pues está bloqueado.

En casos de arranques fuertes, los relevadores se colocan en corto circuito mientras dura el arranque y después se incorporan al circuito de mando para seguir su función, así el relevador se protege de la corriente de arranque y no provoca una desconexión no justificada o innecesaria que además no permitiría nunca poner el motor en marcha.

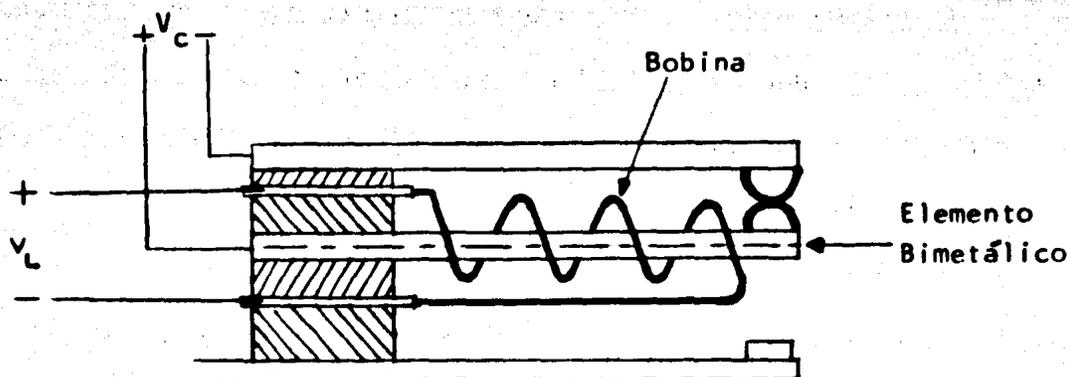


Fig. 1.5.6. Relevador térmico

En la figura 1.5.6. se muestra un relevador térmico que funciona de la siguiente manera: Al circular una sobrecorriente de línea por el elemento bimetálico del relevador, éste se calienta y abre el contacto por el cual circula la corriente de la bobina de control, lo que provocará que abra el sistema de contactores por el cual circula la corriente de línea.

1.6. OTROS SISTEMAS DE PROTECCION.

1.6.1. Interruptores.

El interruptor es un aparato destinado a cortar o establecer la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga.

La corriente que tiene que cortar el interruptor puede ser la corriente normal del circuito o una corriente que puede ser mucho mayor, debido a una situación anormal producida por un corto circuito o una corriente mucho menor que la normal, por ejemplo al desconectar una línea de transmisión.

Arco eléctrico: Al separarse los contactos de un interruptor, se forma un arco eléctrico entre ellos que mantiene la continuidad del circuito y permite que siga circulando una corriente.

El arco eléctrico produce una ionización del espacio comprendido entre los contactos y está constituido por electrones y gas ionizado a temperaturas muy altas (2,500 a 10,000°C), el arco es por lo tanto un conductor gaseoso, al contrario que en los conductores metálicos ordinarios, la caída de potencial a través del arco varía en proporción inversa a la intensidad de corriente.

Diferentes procedimientos en la extinción del arco en los interruptores.

1. Interruptores en los que el arco se alarga y se enfría, aumentando grandemente su resistencia, lo que reduce la corriente hasta -- que el arco se extingue. En este tipo, la corriente que se va a interrumpir se utiliza para crear un campo magnético, que impulse el arco --

contra un laberinto de celdas de material cerámico, donde el arco se ---
alarga y se enfría hasta apagarse.

2. Interruptores en los que se aprovecha la energía desprendida
da por el arco mismo para apagarlo. Este tipo corresponde a los inte---
rruptores en aceite. Al realizar la separación de los contactos en un -
baño de aceite, en lugar de hacerlo en el aire a la presión atmosférica,
la capacidad interruptiva se aumenta debido a dos razones principales; -
la rigidez dieléctrica del aceite es mayor que la del aire a la presión-
atmosférica. El arco descompone el aceite, generando hidrógeno y este -
gas es un medio refrigerante superior al aire.

3. Interruptores en los que se utiliza una energía exterior -
para soplar y apagar el arco. Este tipo corresponde a los interruptores
neumáticos de aire o hexafluoruro de azufre a presión. El aire comprimi-
do a una presión de 15 kg/cm^2 sopla el arco, generalmente circulando a -
lo largo del eje del mismo, adelgazándolo primero e interrumpiéndolo después.

Selección de los interruptores

Para seleccionar un interruptor de corriente alterna, es neces-
sario especificar las siguientes características.

- 1) Intemperie: Condiciones climatológicas del lugar y altura

sobre el nivel del mar.

- 2) Número de polos: (unipolar o multipolar)
- 3) Corriente nominal: corriente que puede circular permanentemente, sin que exceda la temperatura máxima aceptable de las partes conductoras del interruptor.
- 4) Voltaje nominal y nivel de aislamiento.
- 5) Frecuencia
- 6) Capacidad interruptiva
- 7) Capacidad de cierre nominal
- 8) Sobrecorriente admisible durante un corto circuito.
- 9) Mecanismo de operación: debe especificarse el tipo del mecanismo de operación tanto para el cierre como para la --- apertura.
- 10) Tiempo de apertura y cierre y si existe recierre automático.

Capacidad interruptiva

La capacidad interruptiva de un interruptor se define como la máxima intensidad de corriente medida en el instante en que se separan los contactos que el interruptor puede cortar.

La capacidad interruptiva está definida por dos valores:

1. La capacidad interruptiva simétrica, expresada por el valor eficaz de la componente de corriente alterna de la corriente total interrumpida por el interruptor.

$$I_s = \frac{I_{ca}}{\sqrt{2}} \quad \text{Amperes.}$$

2. Capacidad interruptiva asimétrica o total; expresada por el valor eficaz de la corriente total interrumpida por el interruptor.

$$I_{as} = \sqrt{\frac{I_{ca}^2}{2} + I_{cc}^2} \quad \text{Amperes}$$

Interruptores termomagnéticos.

Los interruptores termomagnéticos son dispositivos de protección que efectúan dos funciones principales.

- 1) Operación manual para abrir y cerrar un circuito por medio de una manija.
- 2) Abrir automáticamente el circuito bajo sobrecarga sostenida.

da y/o bajo condiciones de corto circuito. Cuando abre -- el interruptor para eliminar una falla, la manija de operación se desplaza a la posición de "disparado", localizada entre las posiciones de "dentro" y "fuera" logrando así la indicación clara de que el interruptor ha abierto debido a una falla.

Cuando se ha eliminado la causa de la falla, el interruptor -- puede cerrarse nuevamente moviendo la palanca de operación a la posición de "restablecer" cerca de la posición fuera y luego llevandola a la posición "dentro".

Para condiciones de sobrecarga entra en función el elemento bi metálico que corresponde a la parte térmica. Para condiciones de corto-circuito entra en función la parte magnética, en ambos casos éstos actúan sobre un trinquete que dispara el interruptor. En la figura 1.6.1. se muestra un interruptor termomagnético.

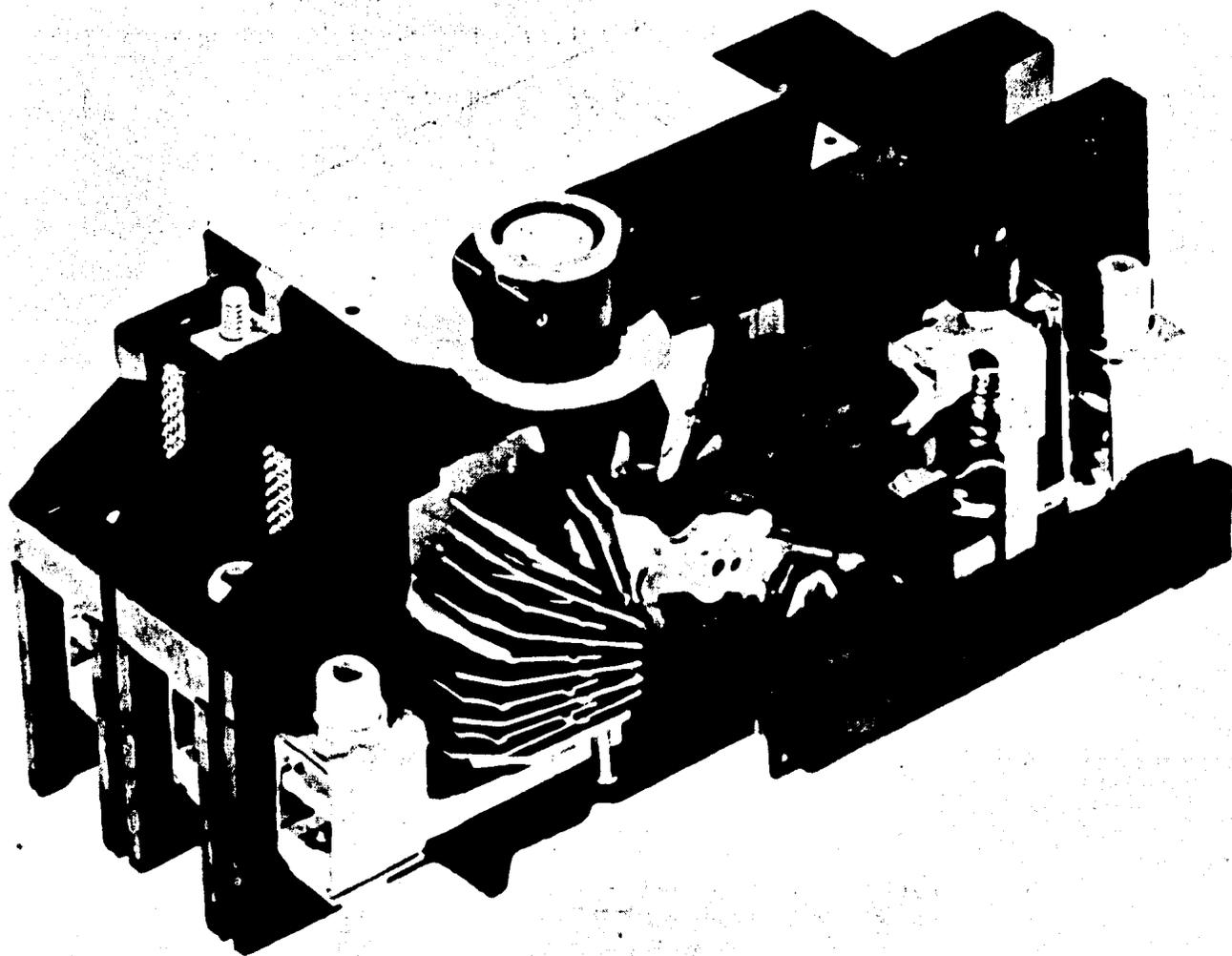


Fig. 1.6.1. Interruptor termomagnético

Los interruptores termomagnéticos tienen una ventaja sobre los elementos fusibles, consiste en que si se presenta una falla en uno de los polos de un interruptor multipolar, actúa sobre una barra de disparo, que abre todos los polos simultáneamente, evitando así la operación monofásica de un circuito para alimentar un motor, tal como ocurriría con un dispositivo de fusibles. Además el interruptor no podrá mantenerse cerrado a menos que se retire la causa de la condición anormal.

Para la selección de la capacidad del interruptor termomagnético se deben tener en cuenta los siguientes factores:

1. Determinar la corriente máxima del circuito, sumando los amperes de todas las cargas conectadas al mismo, así como la capacidad de corto circuito del sistema.
2. Temperatura ambiente.
3. Clasificación de la carga o ciclo de trabajo.
4. Frecuencia del sistema.
5. Altura sobre el nivel del mar.

Para la determinación de estos factores se dispone de las siguientes tablas:

Temp.	Amb.	10-100 Amp.	10-100 Amp.	70-600 Amp.
°C	°F	240-480 V.	600 V.	600 V.
0	32	0.92	0.84	0.85
10	50	0.96	0.87	0.90
15	59	0.99	0.89	0.92
25	77	1.04	0.93	0.97
40	104	1.15	0.99	1.05
50	122	1.27	1.15	1.21

Tabla 1.2. Corrección por temperatura

Carga fija continua (incluyendo alumbrado)	1.00
Capacitores	1.35
Motores	2.00
Soldadoras por resistencia	3.00

Tabla 1.3. Corrección por carga o ciclo de trabajo

Frecuencia en ciclos.	15-100 Amp.	70-225 Amp.	125-400 Amp.
60	1.00	1.00	1.00
120	1.02	1.02	1.02
180	1.05	1.05	1.04
240	1.10	1.09	1.06
300	1.14	1.11	1.10

Tabla 1.4. Corrección por efecto de la frecuencia

Del nivel del mar hasta 1830 m.	1.00
De 1830 m. a 3,000 m.	1.04

Tabla 1.5. Corrección por efecto de la altura.

Una vez obtenidos todos estos factores se deben de multiplicar por la corriente máxima y escoger el interruptor con capacidad inmediata superior al valor obtenido.

1.6.2. Fusibles.

Fusible es el dispositivo que se emplea para proteger las instalaciones eléctricas contra sobrecorrientes y cortocircuito, esto se efectúa intercalándolo en un circuito eléctrico, de tal manera que cuando

TIPO	POLOS	CAPACIDAD DE AMPERES	TENSION		CAPACIDADES INTERRUPTIVAS ASIMETRICAS - AMPERES.					AJUSTE DEL DISPARO-MAGNETICO	UNIDAD DE DISPARO INTERCAMBIABLE
					VALORES SIMETRICOS ENTRE ()						
			C.A.	C.C.	C. A.				C.C.		
					120	240	480	600			
I N T E R R U P T O R E S N O R M A L E S											
A	1	15-50	120/240	_____	5M(10M)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	2	15-100	120/240	_____	5M(10M)	_____	_____	_____	_____	_____	_____
	3	15-100	240	_____	_____	5M(10M)	_____	_____	_____	_____	_____
B	2	10-100	480	125/250	_____	20M(18M)	15M(14M)	_____	10 M	_____	_____
	3	10-100	480	125/250	_____	20M(18M)	15M(14M)	_____	10 M	_____	_____
C	2,3	70-225	600	250	_____	25M(22M)	20M(18M)	15M(14M)	10 M.	SI	_____
D	2,3	70-500	600	250	_____	50M(42M)	35M(30M)	25M(22M)	20 M	SI	_____
E	2,3	125-1000	600	250	_____	50M(42M)	35M(30M)	25M(22M)	20 M	SI	SI
I N T E R R U P T O R E S D E A L T A C A P A C I D A D I N T E R R U P T I V A .											
F	2,3	15-100	600	250	_____	75M(65M)	30M(25M)	20M(18M)	10 M	_____	_____
G	2,3	70-225	600	250	_____	75M(65M)	30M(25M)	20M(18M)	10 M	SI	_____
H	2,3	70-500	600	250	_____	75M(65M)	40M(35M)	30M(25M)	20 M	SI	_____
I	2,3	125-1000	600	250	_____	75M(65M)	40M(35M)	30M(25M)	20 M	SI	SI

M.- mil.

pasa una corriente a través de éste, cuya intensidad excede un valor pre fijado, interrumpe el circuito al que esta conectado al fundirse el elemento calibrado del dispositivo, el cual puede tener la forma de un alambre, una cinta, etc.

Cuando los fusibles se instalan en lugares con alta temperatura ambiente su capacidad de conducción se reduce, como se observa en la gráfica de la figura 1.6.2.

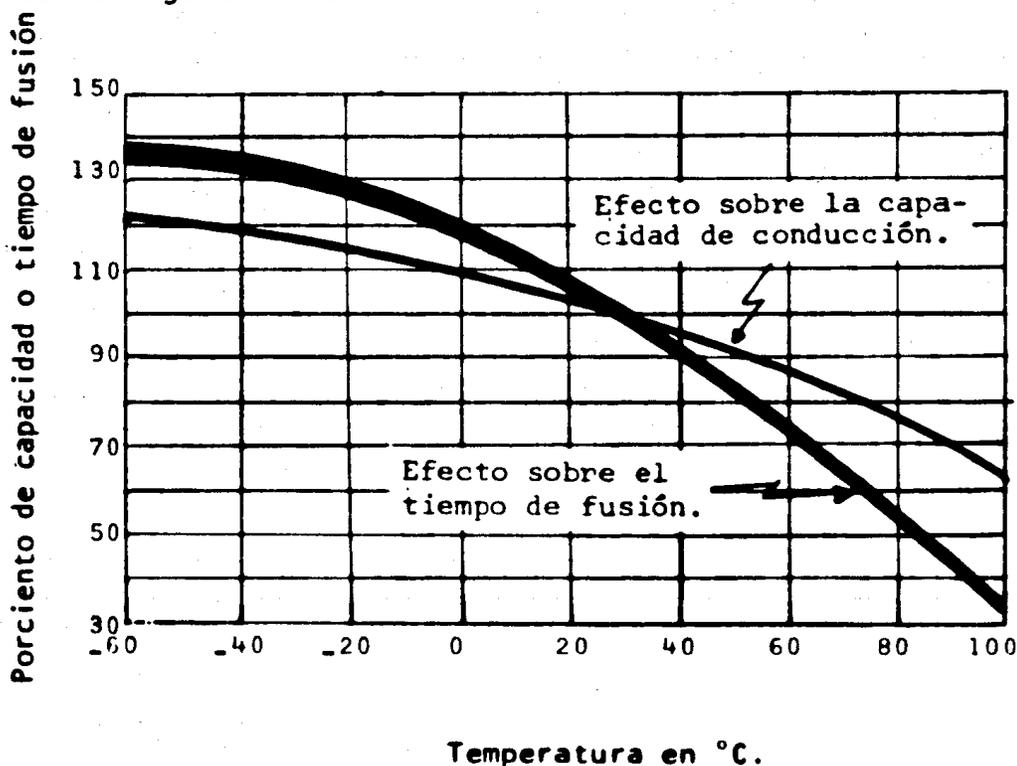


Fig. 1.6.2. Capacidad de conducción a diferentes temperaturas.

Un fusible que a una temperatura de 25°C conduce el 100% de su corriente nominal, al instalarse en un lugar con temperatura de 60°C reduce su capacidad de conducción un 15%.

En la tabla 1.7 se muestra la capacidad de conducción de fusibles a diferentes temperaturas.

TEMPERATURA.		CAPACIDAD DEL FUSIBLE EN %
°C	°F	
-60	-76	120
-40	-40	117
-20	- 4	113
0	32	108
20	68	103
25	77	100
30	86	98
40	104	95
60	140	85
80	176	75
100	212	60

Tabla 1.7. Capacidad de conducción de fusibles a diferentes temperaturas.

Selección de fusibles

Los fusibles se deben de seleccionar de acuerdo con el tipo de carga y condiciones de operación, los tipos de carga pueden ser básicamente: Motores, Circuitos de Distribución, Transformadores, Capacitores.

La capacidad interruptiva debe ser igual o mayor que el máximo valor de corriente simétrica de cortocircuito en el punto de instalación del fusible.

Motores:

Para la protección de motores existen fusibles que soportan sobrecorrientes momentáneas de hasta 400% de la corriente nominal del fusible, evitando así la interrupción en el arranque y en sobrecorrientes instantáneas.

En la tabla 1.8 se muestra la capacidad del fusible necesaria para motores de diferente potencia.

H.P.	220 VOLTS		440 VOLTS	
	CORRIENTE A PLENA CARGA	CAPACIDAD DEL FUSIBLE	CORRIENTE A PLENA CARGA	CAPACIDAD DEL FUSIBLE
1	3.5	15	1.8	15
1 1/2	5.0	15	2.5	15
2	6.5	20	3.3	15
3	9.0	30	4.5	15
5	15.0	40	7.5	20
7 1/2	22.0	60	11.0	30
10	27.0	60	14.0	40
15	40.0	100	20.0	60
20	52.0	150	26.0	60
25	64.0	150	32.0	80
30	78.0	200	39.0	100
40	104.0	400	52.0	150

Tabla 1.8. Capacidad de fusibles para motores.

Circuitos de distribución

Para la protección de estos circuitos se utilizan ordinariamente fusibles que actúan al circular una corriente del 150% de la corriente nominal del circuito.

Circuitos con transformadores:

En el lado primario del transformador se recomienda que la capacidad nominal del fusible sea 200% de la corriente nominal primaria.

Circuitos con capacitores:

Debido al efecto de calentamiento provocado por la corriente reactiva, la capacidad del fusible debe ser aproximadamente del 130 al 150% de la nominal del circuito.

En general los fusibles son los elementos de protección de mayor capacidad interruptiva.

Fusible de doble elemento:

Estos fusibles fueron diseñados principalmente, para la protección de motores, interrumpen por medio de uno de sus dos elementos; uno de ellos funciona para sobrecorrientes sostenidas y peligrosas, cuando la sobrecarga excede límites de calor y de tiempo que se determinan de antemano. Esto se logra al cambiar de sólido a líquido la aleación con la cual están fabricados. El otro elemento funciona para corrientes de corto circuito fundiendo inmediatamente el elemento.

La capacidad del fusible en amperes no debe ser menor que la -

corriente nominal esperada de carga total. Las características de capacidad interruptiva de diferentes fusibles de doble elemento se pueden observar en las figuras 1.6.4., 1.6.5.

En la fig. 1.6.4. se muestran las características de fusibles para 250 volts o menos.

En la fig. 1.6.5. se muestran las características de fusibles para 600 volts o menos.

En la fig. 1.6.3. se pueden observar los fusibles de doble elemento.

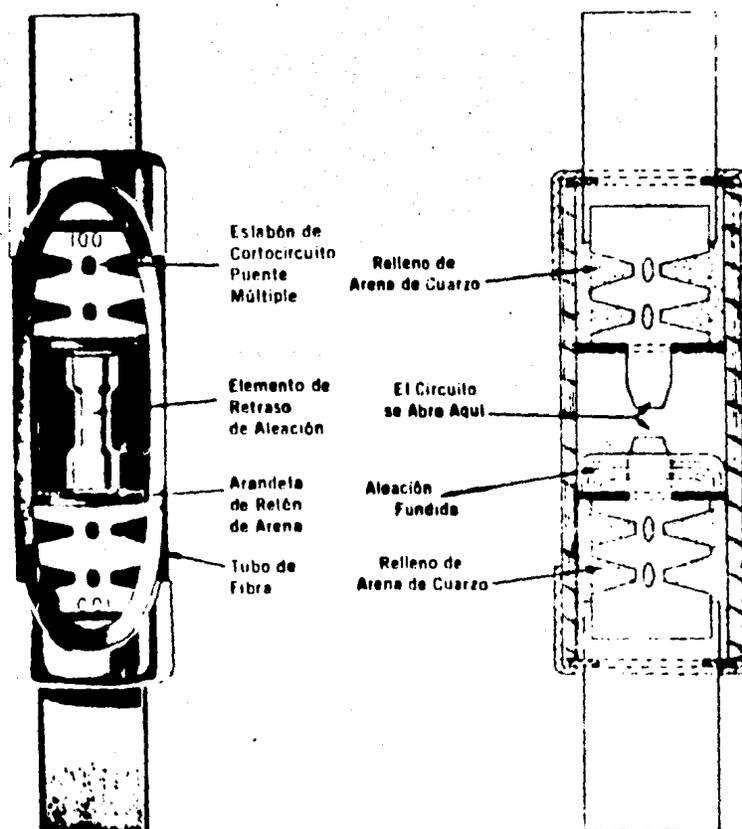


Fig. 1.6.3. Fusibles de doble elemento

CURVAS CARACTERISTICAS PROMEDIO TIEMPO-CORRIENTE - 0 a 600 Amp. 250 Volts.

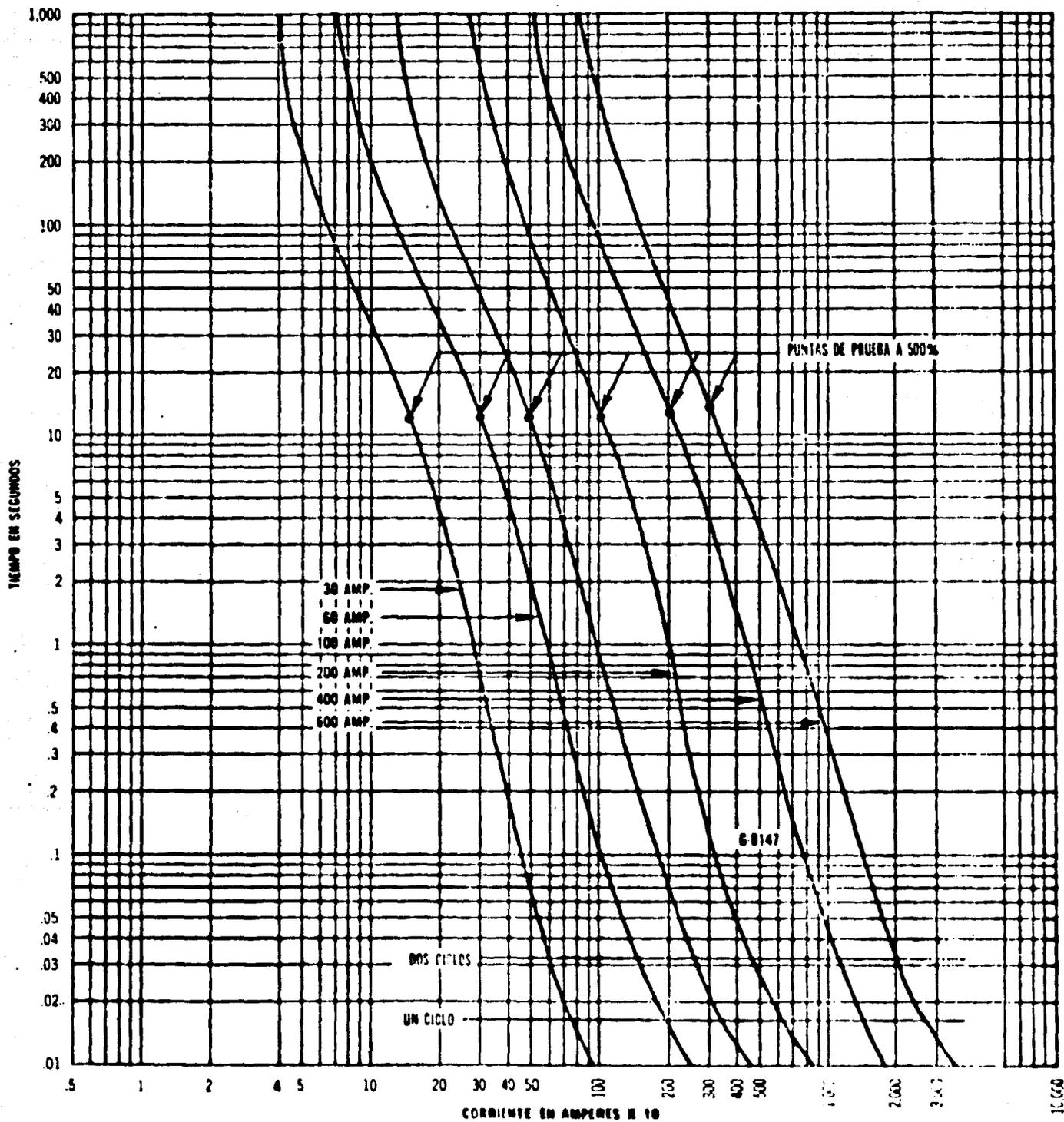


Fig. 1.6.4.- Fusible de doble elemento con retraso de precisión.

CURVAS CARACTERISTICAS PROMEDIO TIEMPO-CORRIENTE - 0 a 600 Amp. 600 Volts.

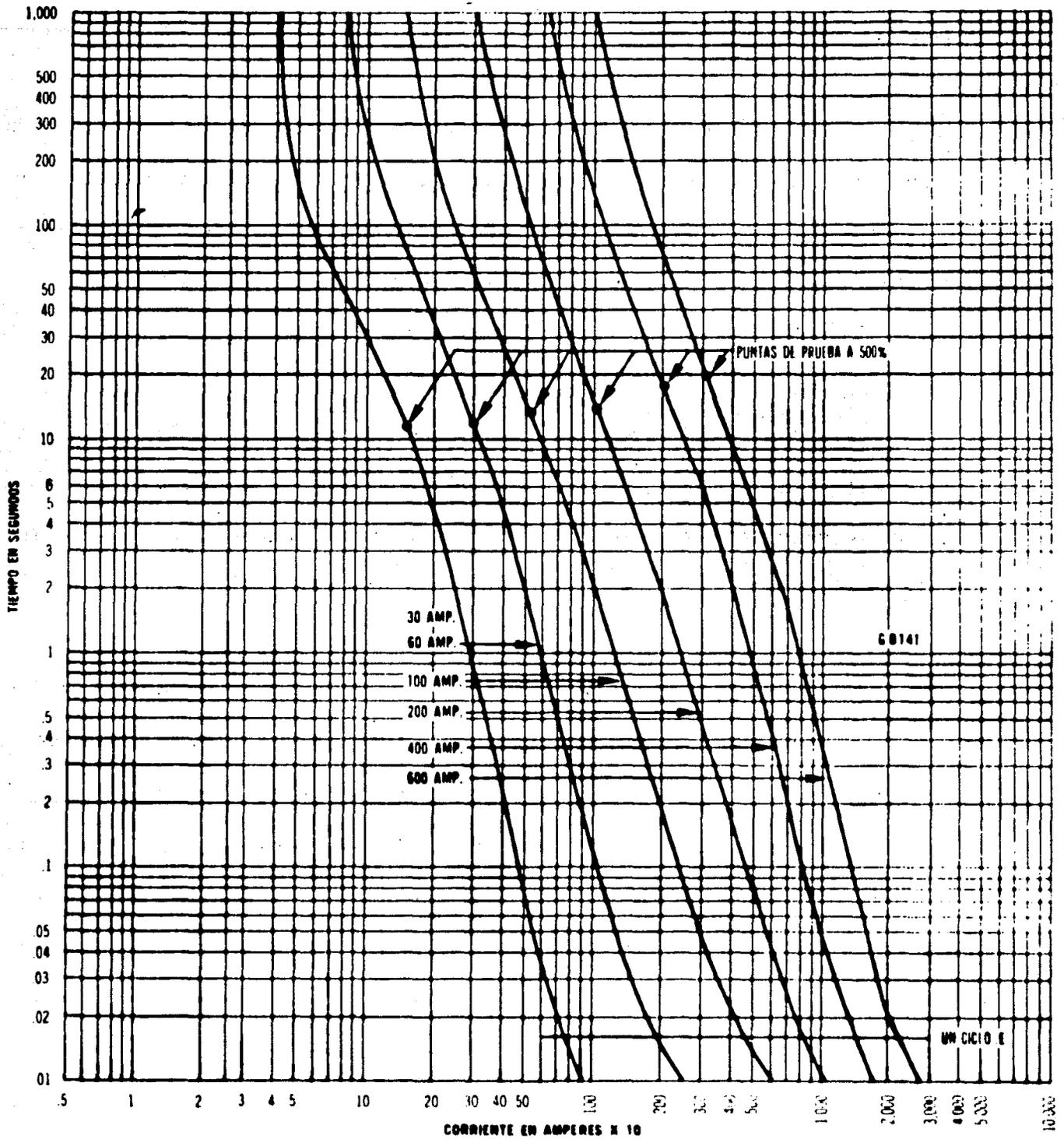


Fig. 1.6.5.- Fusible de doble elemento con retraso de precisión.

Comparación de fusibles de doble elemento con interruptores termomagnéticos y fusibles normales.

Poseen ambos un elemento gracias al cual funcionan prácticamente de modo instantáneo en falla de corto circuito, pero con un retardo definido para las sobrecargas. Se construyen fusibles con un aumento de retardo para los circuitos de pequeños motores, donde un fusible normal se quemaría debido a la corriente de arranque.

Una diferencia para determinar cuando escoger un fusible de doble elemento o un interruptor termomagnético, es la capacidad interruptiva de uno y de otro y en caso de tener la misma se puede tomar en cuenta la diferencia en tiempo para restablecer el servicio.

Otro factor que se debe de tomar en cuenta, es el costo, ya -- que los fusibles son dispositivos diseñados para protección a bajo costo inicial pero a alto costo de operación, debido a que una vez que el fusible ha operado es necesario reponerlo por uno nuevo, lo que implica tener fusibles de repuesto y por consiguiente una inversión en refacciones por este concepto, no así el interruptor termomagnético, ya que cuando opera, únicamente es necesario restablecerlo por medio de su palanca de operación.

En algunos casos la capacidad interruptiva necesaria, excede la capacidad para la que son fabricados los interruptores termomagnéticos y

fusibles de doble elemento, por lo cual es necesario usar fusibles normales que son los que actualmente se fabrican de mayor capacidad interruptiva.

Selección de fusibles de doble elemento.

Estos fusibles se utilizan generalmente para la protección de motores y la capacidad del fusible recomendable es de 115 a 120% de la corriente nominal a plena marcha del motor, existe una gran diferencia con los fusibles normales, ya que éstos se seleccionan para una corriente de 400% de la corriente nominal para evitar la apertura en el arranque del motor.

C A P I T U L O I I

TRANSDUCTORES.

El transductor es un dispositivo que transforma un efecto físico en otro, la mayoría de las veces, el efecto físico es transformado en una señal eléctrica por su facilidad para ser medida o detectada.

Se conocen diferentes tipos de transductores, como son:

- 1.- Transductor de presión.
- 2.- Transductor de flujo.
- 3.- Transductor de nivel.
- 4.- Transductor de temperatura.
- 5.- Transductor de posición.

II. 1.- TRANSDUCTOR DE PRESION.-

Tubo de Bourdon. El mecanismo más conocido para medir presión es el tubo bourdon, tiene una configuración en forma de "C", con un extreo

mo sellado, como se muestra en la figura 11.1.1, cuando la presión es aplicada a la entrada del tubo, se produce una deformación elástica que es proporcional a la presión ejercida. Esta deformación puede ser una expansión o contracción dependiendo de que la presión sea mayor o menor respectivamente que la presión atmosférica.

Los tubos de bourdon se construyen de diferentes materiales dependiendo del fluido y de la presión para las cuales se van a usar. Los más frecuentes son: fosforo-bronce, aleaciones de acero, aceros inoxidables, monel y cobre-berilio.

Una forma de convertir la deformación en una señal eléctrica, es por medio de un transformador, que consiste de una bobina primaria y dos secundarias interconectadas. El núcleo del transformador está suspendido de la punta del tubo bourdon y se mueve hacia arriba o hacia abajo, en respuesta a los cambios de presión, lo que provoca, que se induzcan voltajes diferentes en las bobinas secundarias proporcionales a los cambios de presión.

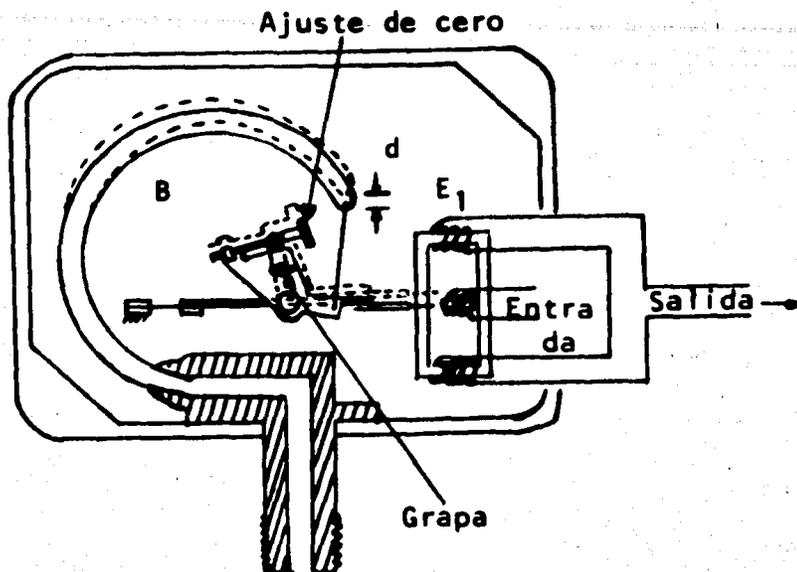


Fig. 11.1.1. Tubo de Bourdon.

En la figura 11.1.1. la entrada es el suministro de corriente alterna a la bobina primaria del transformador, y la salida es el voltaje inducido en las bobinas secundarias dependiendo de la posición del núcleo del transformador y como este voltaje secundario depende de la presión existente, se puede utilizar para energizar o desenergizar la bobina de un relevador y así controlar la presión.

11.2. TRANSDUCTOR DE FLUJO.-

Presión diferencial.- El principio básico de operación está basado en la relación que existe entre la velocidad del flujo y la caída de

presión, es decir, la pérdida de presión causada por la restricción del diámetro, es proporcional al cuadrado de la velocidad del fluido.

La restricción, conocida como elemento primario de medición, hace que el fluido se contraiga y una vez que el flujo permanece constante, la velocidad de éste aumenta al pasar por la restricción disminuyendo la presión estática; según el teorema de Bernoulli, la diferencia entre las presiones antes y después de la restricción, (presión diferencial), representa un índice de la velocidad del flujo.

La presión diferencial es medida y convertida a unidades de flujo por medio de un tubo de vidrio en forma de "U", donde el flujo se determina midiendo la diferencia de altura entre dos columnas de mercurio.

Para convertir esta medición en señal eléctrica, se puede emplear una resistencia colocada en la pierna de baja presión del tubo, la cual variará conforme suba o baje el nivel de mercurio.

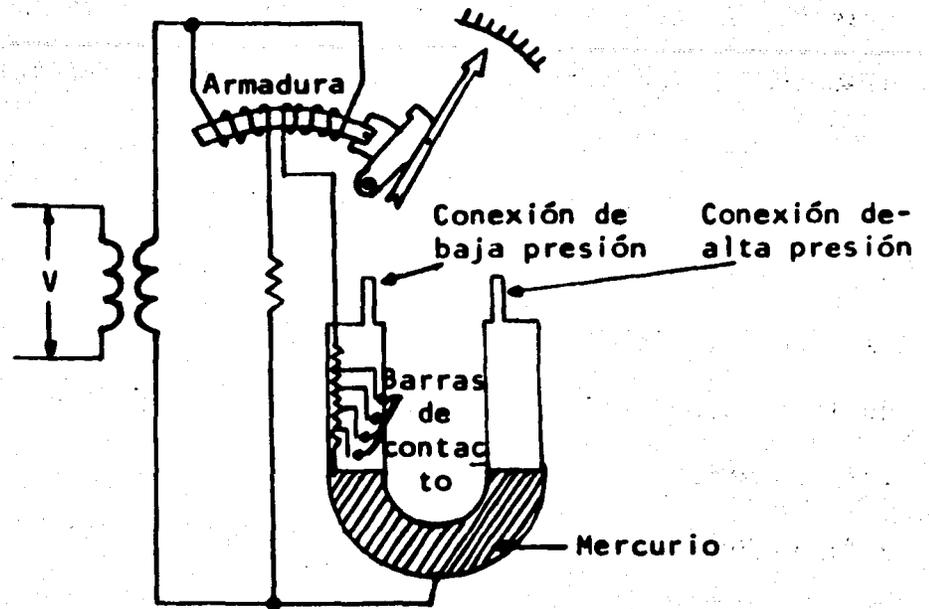


Fig. 11.2.1. Transductor de Flujo.

11.3. TRANSDUCTOR DE NIVEL.-

El método más simple para determinar el nivel de un líquido es por medio de un flotador, y se puede convertir este nivel en una señal eléctrica por medio de una acción magnética, como se muestra en la figura 11.3.1.

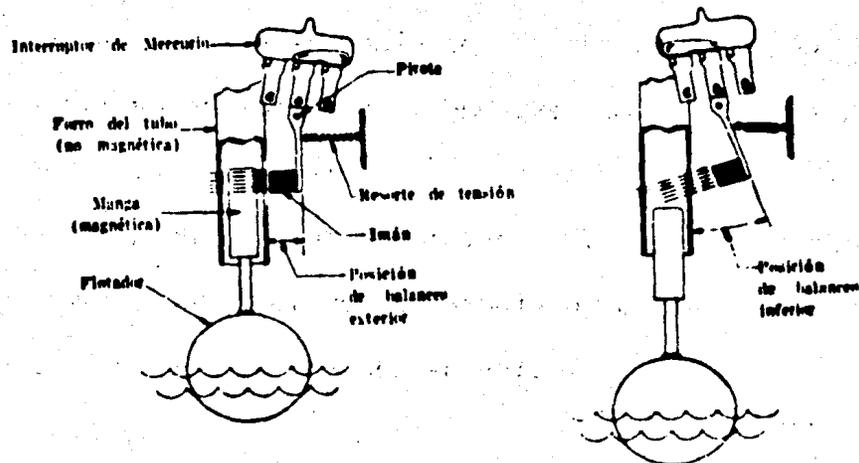


Fig. 11.3.1. Transductor de Nivel.

El flotador tiene un cilindro magnético en una barra de extensión, éste se mueve dentro de un tubo no-magnético que sella el ensamble del flotador de la atmósfera exterior, con un nivel normal de operación, el cilindro magnético está en el campo magnético del imán permanente como se muestra en la figura 11.3.1.

El imán es atraído hacia el cilindro y en esta posición el interruptor de mercurio mantiene un circuito eléctrico cerrado. Si éste se encuentra entre A y B y abierto entre A y C; cuando el nivel es bajo las condiciones anteriores se invierten.

11. 4. TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA.

Termopar: Su principio de funcionamiento es el efecto termo-eléctrico, que se presenta cuando dos alambres de diferentes materiales se unen rigidamente por ambos extremos. Si éstos se mantienen a diferentes temperaturas, se producirá una diferencia de potencial que es función de la diferencia de temperaturas entre las dos uniones, la unión que se encuentra a una temperatura constante se le llama de referencia y la unión que esta sometida a variación de temperatura se le llama termopar.

Existen publicaciones para calibraciones estándar de los termopares. Estos estándares se refieren, a las salidas de fem contra la diferencia de temperatura entre la medición y la junta de referencia. Estas características dependen de la composición metalúrgica de los alambres del termopar.

Existen diferentes combinaciones de metales dependiendo de la temperatura a la cual se quiera trabajar:

ALEACION	RANGO TEMPERATURA, °C
1) Hierro - Constantan	- 17.8 a 760.0
2) Cromo - Alumel	- 17.8 a 1260.0
3) Radio - platino 10%	- 17.8 a 1485.0
4) Radio - platino 13%	- 17.8 a 1485.0
5) Cobre - constantan.	- 184.0 a 370.0

11.5. TRANSDUCTOR DE POSICION.-

El principio básico de funcionamiento de este tipo de transductor es por medio de un switch que abre o cierra un circuito al estar el sistema en una posición determinada, convirtiendo de esta forma una señal de posición en una señal eléctrica, que se puede emplear para diferentes usos.

Los dispositivos más conocidos de este tipo de transductor son los interruptores de límite y los microswitchs. Un ejemplo es el que se muestra en la figura 11.5.1.



Fig. 11.5.1. Interruptor de límite.

CAPITULO III

MOTORES

III.1. INTRODUCCION.

En los capítulos anteriores se ha hablado de dispositivos que controlan, protegen y supervisan los procesos que se realizan, pero para que se lleven a cabo esos procesos es necesario tener dispositivos llamados actuadores que hagan funcionar a cada uno de los elementos del proceso: mover una banda transportadora, operar una trituradora, funcionamiento de una grúa, etc.

La gran mayoría de los actuadores son motores eléctricos, por lo que se explica en este capítulo, el funcionamiento de los principales tipos de motores.

Motor Eléctrico: Máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica.

Principio de Funcionamiento:

Si existe un campo magnético de intensidad \vec{B} , y colocamos dentro de él una espira de longitud l , por la cual circula corriente, se ejerce una fuerza de origen magnético sobre esa espira cuya magnitud es $\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}$ ésta fuerza produce un par sobre la espira igual a $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{b}$, resultando el par como $\vec{\tau} = i\vec{A} \times \vec{B}$, siendo $A=lb$, y si esa espira la colocamos sobre un eje, debido al par girará en un cierto sentido.

Si tenemos "n" espiras, habrá sobre cada una de ellas un par y el par resultante será la suma de ellos o sea $\vec{\tau} = Ni\vec{A} \times \vec{B}$. Un motor eléctrico está formado por "n" espiras por las cuales circula corriente y que están bajo la influencia de un campo magnético.

Las partes principales que constituyen el motor son: el estator o inductor, el rotor o inducido, escobillas, conmutador, flecha o eje, etc..

Dependiendo del tipo de corriente con la cual trabajan, los motores se pueden dividir en dos clases: Motores de corriente continua y motores de corriente alterna.

III.2.- MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.

Analizaremos primero los de corriente continua, en los que de acuerdo con su conexión hay tres tipos.

- 1) Serie
- 2) Shunt o derivación.
- 3) Compuesto.

III.2. 1.- Motor Serie:

Es aquel en el que el devanado del rotor o inducido está conectado en serie con el devanado del estator o inductor, su diagrama se muestra en la figura III.2.1.

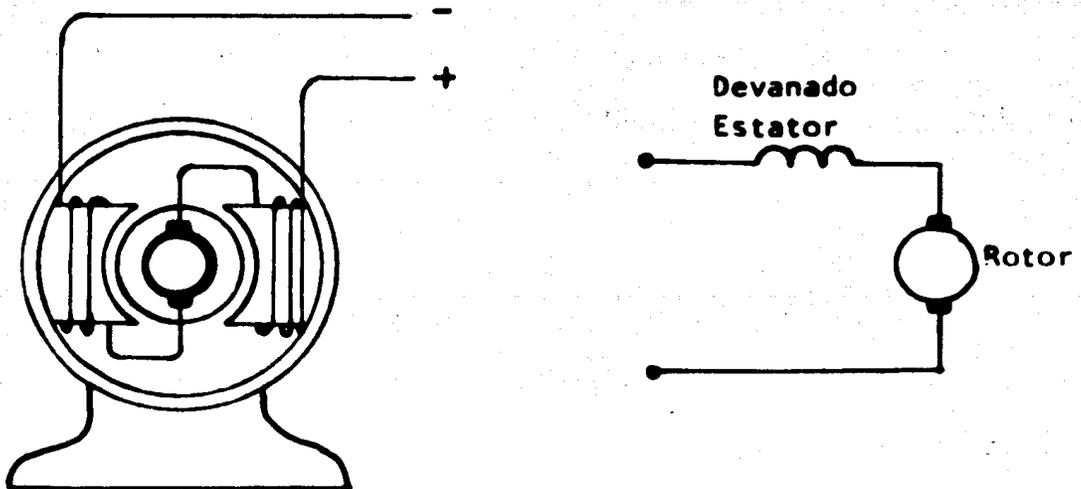


Fig. III.2.1. Conexiones del motor serie.

En un motor podemos aplicar un voltaje en sus terminales y al aplicarlo circulará una corriente por la armadura, de un valor I_a y la fuerza electromotriz aplicada a la armadura será: $I_a R_a$.

En el momento en que el motor esté girando los conductores cortarían el campo magnético y tendremos una fuerza electromotriz inducida a la que se le llama fuerza contraelectromotriz.

La velocidad (N) de la máquina será igual a:

$$N = \frac{E}{K\phi} = \frac{V - I_a R_a}{K\phi} \quad \text{donde: } K = \text{constante de construcción.}$$

$\phi = \text{flujo magnético.}$

Despejando: I_a :

$$I_a = \frac{V - E}{R_a}$$

Cuando el motor está parado, la armadura no gira y los conductores no cortan líneas de campo, por lo cual $E = 0$, la corriente en el momento de arranque será entonces:

$$I_a = \frac{V}{R_a}$$

y como R_a es muy pequeña, la corriente será muy elevada, teniendo prácticamente un cortocircuito.

Para reducir esa corriente empleamos el reostato de arranque -- que tendrá un valor que sumado a R_a hace que circule una corriente no mayor a seis veces la corriente nominal de dicho motor.

Conforme el motor arranque, ξ crece y podemos ir disminuyendo el valor del reostato.

Es muy peligroso que el motor serie trabaje sin carga, porque si la corriente disminuye, la velocidad aumenta y el motor se puede "desbobocar", como protección se usa el interruptor centrífugo, el cual desconecta la energía eléctrica al motor cuando la velocidad excede un rango del 10 al 20% de su velocidad nominal.

Hay dos tipos de reostato de arranque para motor serie y son:

a) Reostato de arranque con protección contra baja tensión:

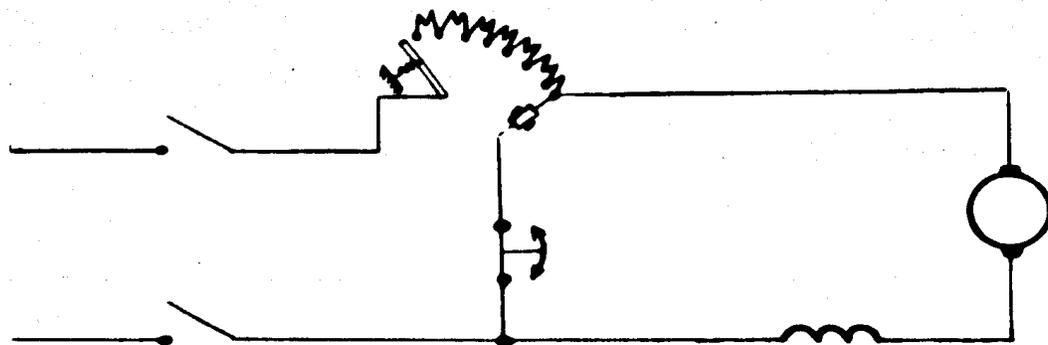


Fig. III.2.2.- Diagrama del reostato de arranque con protección contra baja tensión.

Su forma de operar es: cerramos el switch de operación, el brazo móvil gira en el sentido de las manecillas del reloj, al tocar el primer punto del reostato alimentamos al motor, arrancándolo, comienza a girar y a medida que adquiere velocidad se crea la fuerza contraelectromotriz E que hace disminuir la corriente de arranque, permitiéndonos esto - seguir alimentando al motor moviendo el brazo para ir disminuyendo la resistencia del reostato hasta llegar al electroimán, el cual sujetará la palanca, quedando el motor conectado directamente a la línea.

Si hay una falla en la alimentación, se corta la alimentación - del electroimán, que deja de funcionar soltando la palanca, ésta cae y se desconecta el motor.

b) Con protección contra baja carga:

Su diagrama se muestra en la figura III.2.3.

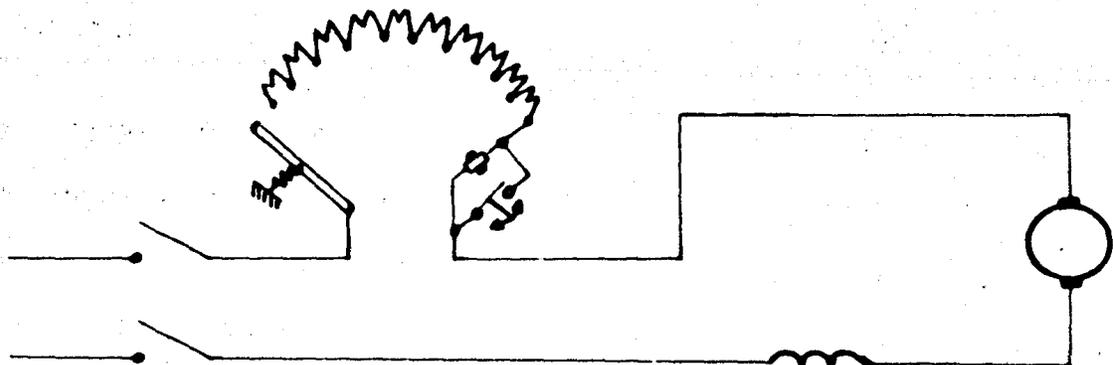


Fig. III.2.3.- Diagrama del reostato de arranque con protección contra baja carga.

Su funcionamiento es similar al anterior: En el momento en que baja la carga del motor la corriente que toma el motor disminuye, la corriente que circula por el electroimán disminuye hasta que llega el momento en que ya no tiene la fuerza necesaria para detener la palanca y la suelta.

Las curvas características de un motor serie de 5.H.P., 220 V, - 1000 RPM, se muestran en la figura III.2.4.

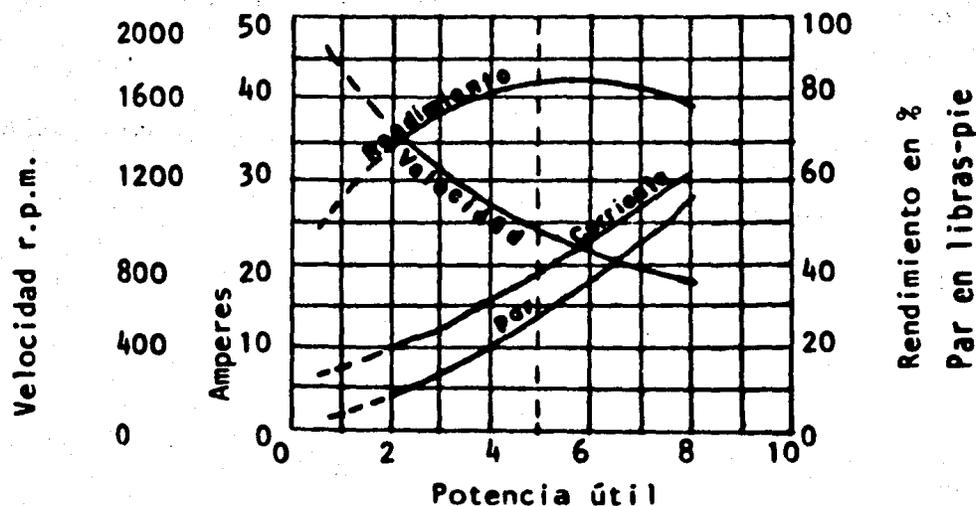


Fig. III.2.4. Curvas características del motor serie.

La velocidad varía prácticamente en sentido inverso al de la intensidad de corriente. El par es función de la corriente de armadura y del flujo, $M=I_a\phi$, por lo tanto se tendrá par grande para corrientes altas o sea par de arranque muy elevado, que es la característica de los motores serie.

El rendimiento crece rápidamente al principio, alcanza un máximo y luego decrece.

Por las características mencionadas, el motor serie es usado en elevadores, grúas, montacargas, tranvías, etc.

III.2.2.- Motor Shunt o Derivación:

En este motor el devanado del rotor está conectado en paralelo al devanado del estator, como se muestra en la figura III.2.5.

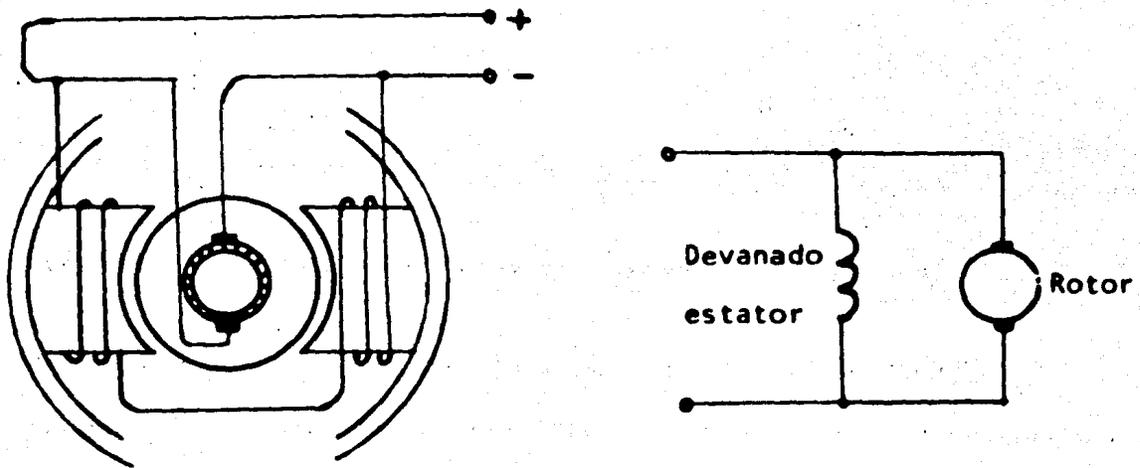


Fig. III.2.5. Conexiones del motor shunt.

La característica de estos motores es que hay poca variación de la velocidad al aumentar la carga al motor, mas bien por la caída del potencial en la armadura que por variación de flujo, aunque la reacción de armadura puede causar alguna disminución de flujo y compensar en parte la disminución de fuerza electromotriz.

Las curvas características de un motor derivación se muestran en la figura III.2.6.

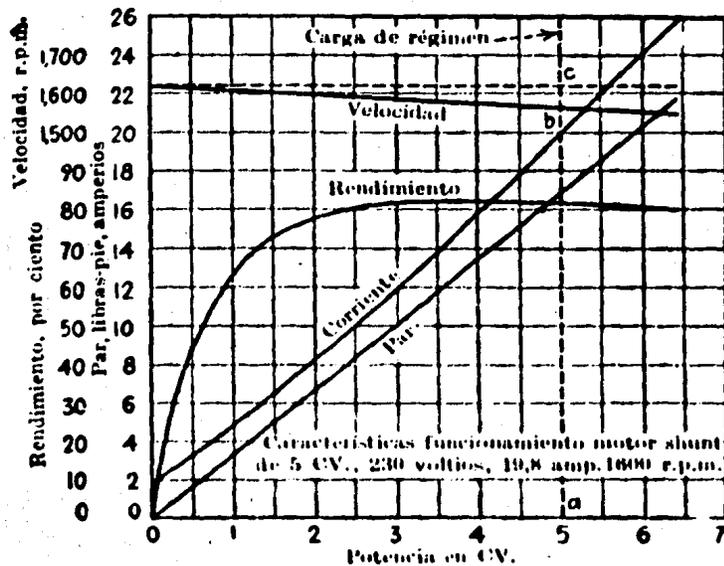


Fig. III.2.6. Curvas características del motor derivación.

En el motor con excitación en derivación, el flujo inductor permanece constante y la reducción de velocidad disminuye la fuerza contraelectromotriz. Si la fuerza contraelectromotriz baja, fluye más corriente al inducido hasta producir un par suficiente para equilibrar la demanda del aumento de carga.

Debido a esto el motor shunt está en condiciones de equilibrio estable, y su empleo es cuando se requiere una velocidad casi constante.

Para arrancar los motores de este tipo se usa un reostato de arranque, cuyo diagrama se muestra en la figura III.2.7.

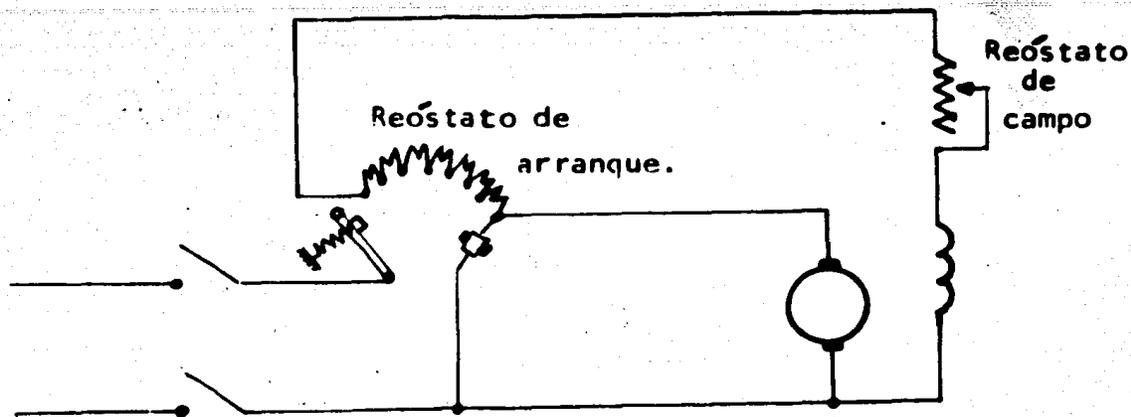


Fig. III.2.7. Diagrama del reostato para motor shunt.

Cuya forma de operar es la siguiente:

Cerramos el switch de operación, el brazo móvil se gira manualmente en el sentido de las manecillas del reloj, al tocar el primer punto alimentamos el campo de la máquina, tenemos toda la resistencia en serie con la armadura y así sucesivamente hasta llegar al electroimán. Al existir una falla se corta la alimentación del electroimán, éste deja de funcionar soltando la palanca, la cual cae y se desconecta el motor. Con el reostato de campo se ajusta la velocidad.

III.2.3.- Motor Compuesto:

El estator tiene dos devanados, uno se conecta en serie con el rotor y otro en paralelo con el mismo, como se muestra en la figura III.2.8.

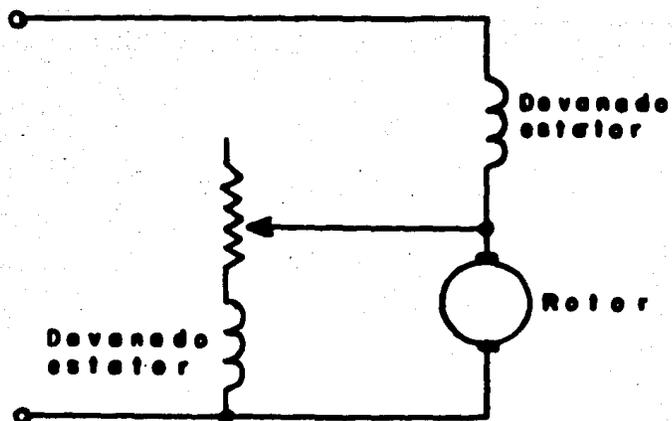


Fig. III.2.8. Diagrama del motor compuesto.

En la figura III.2.9. se pueden apreciar las diferencias entre los motores compuesto y derivación en la velocidad y el par.

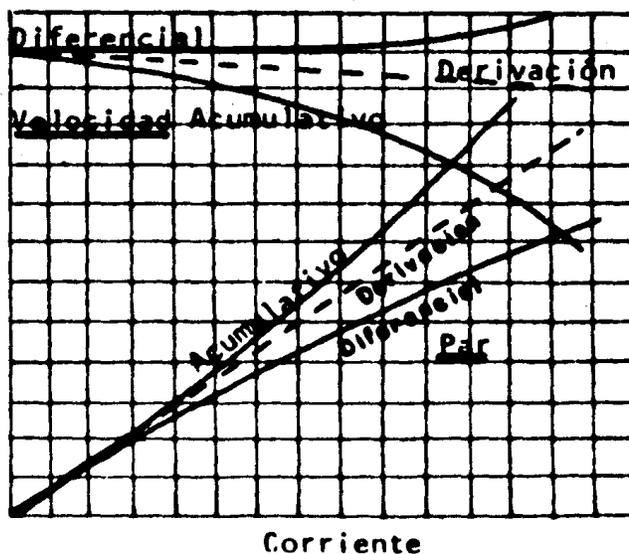


Fig. III.2.9. Curvas características del motor compuesto.

Las principales ventajas del motor compuesto sobre el motor serie y derivación son:

1) El compuesto no se "desboca" como el serie y no está expuesto a destrucción por este motivo, aunque la carga se reduzca a cero.

2) El compuesto desarrolla un par de arranque más poderoso que el derivado, con igual corriente en la armadura.

El devanado en serie puede conectarse de tal forma que su acción se sume o reste a la acción del devanado en paralelo, lo cual produce los motores llamados compuesto acumulativo y compuesto diferencial.

El compuesto acumulativo desarrolla un par elevado cuando aumenta súbitamente la carga; es usado en máquinas laminadoras, cizallas, etc.

El compuesto diferencial tiende a aumentar su velocidad cuando aumenta la carga, dimensionando correctamente el campo serie se logra un motor de velocidad constante independiente de la carga, siempre que ésta sea del rango de operación del motor.

De acuerdo a las condiciones de operación se presentan casos en los cuales es necesario invertir el sentido de giro del motor, como en: grúas, montacargas, ascensores, etc.

El cambio del sentido de rotación se logra, cambiando las conexiones del devanado de la armadura o las del devanado de campo.

Sólo que al cambiar la conexión del devanado de campo, los campos en serie también deben cambiarse. Si se cambia la conexión del devanado de la armadura, hay que cambiar la conexión en las escobillas y no en las terminales, que incluyen, tanto bobinas de campo en serie, como de la armadura.

III.3. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.

MOTOR DE INDUCCION.

Principio de funcionamiento: El funcionamiento de estos motores se basa en la inducción de corrientes en el rotor, producidas por un campo magnético variable.

Un disco de metal de cualquier material conductor como hierro, cobre o aluminio, es colocado de manera que pueda girar alrededor de un eje vertical. Un imán, que también puede girar sobre el mismo eje, está colocado encima del disco, con sus polos colocados hacia éste, para que el flujo magnético lo corte. Cuando el imán gira, las líneas magnéticas-

cortan el disco e inducen corrientes en él, y el disco es arrastrado en el sentido de rotación del imán.

En la fig. III.3.1. se muestran las partes principales de un motor de inducción.

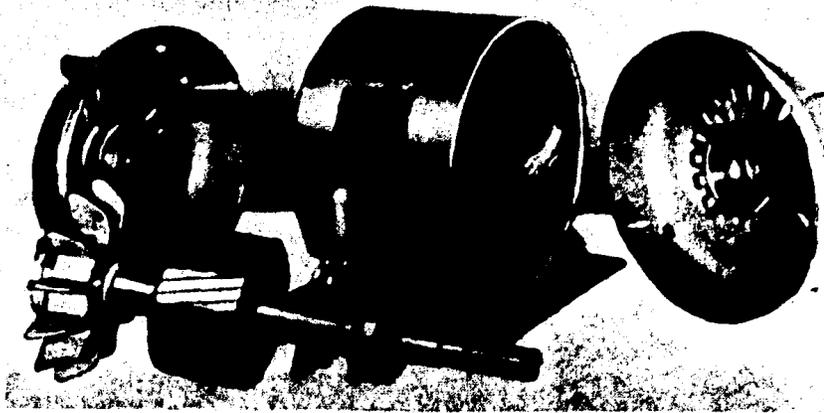


Fig. III.3.1. Motor de inducción.

Por la construcción del rotor los motores de inducción pueden ser de dos tipos:

- 1.- Jaula de ardilla.
- 2.- Rotor devanado.

III.3.1.- Motor jaula de ardilla.

Es el más sencillo de los motores de inducción y el de utilización más general. El núcleo del rotor es construido con ranuras longitudinales en las cuales se colocan barras de cobre para formar el devanado, estas barras se conectan unas con otras en los extremos por medio de unos anillos conductores, llamados anillos extremos que cortocircuitan el devanado del rotor.

Características de funcionamiento.

El rotor no puede nunca alcanzar la velocidad del campo giratorio, porque si llegara a alcanzarla no habría movimiento relativo entre el rotor y el estator y en consecuencia no se induciría f.e.m. en el rotor y no podría desarrollarse par alguno, como el rotor no puede alcanzar la velocidad del campo giratorio en el estator, existe siempre entre ambos una diferencia de velocidad que se conoce con el nombre de "deslizamiento".

En vacío el deslizamiento es muy pequeño, al aplicar la carga al rotor se requiere un aumento de la densidad de corriente que pasa por él para desarrollar el par necesario para vencer el aumento de carga, en consecuencia, el campo magnético debe cortar los conductores del rotor a mayor velocidad, para que se produzca el aumento de corriente necesario. En este caso aumentará el deslizamiento y se reducirá la velocidad del rotor.

En la fig. III.3.2. se representan las curvas características -

de un motor jaula de ardilla.

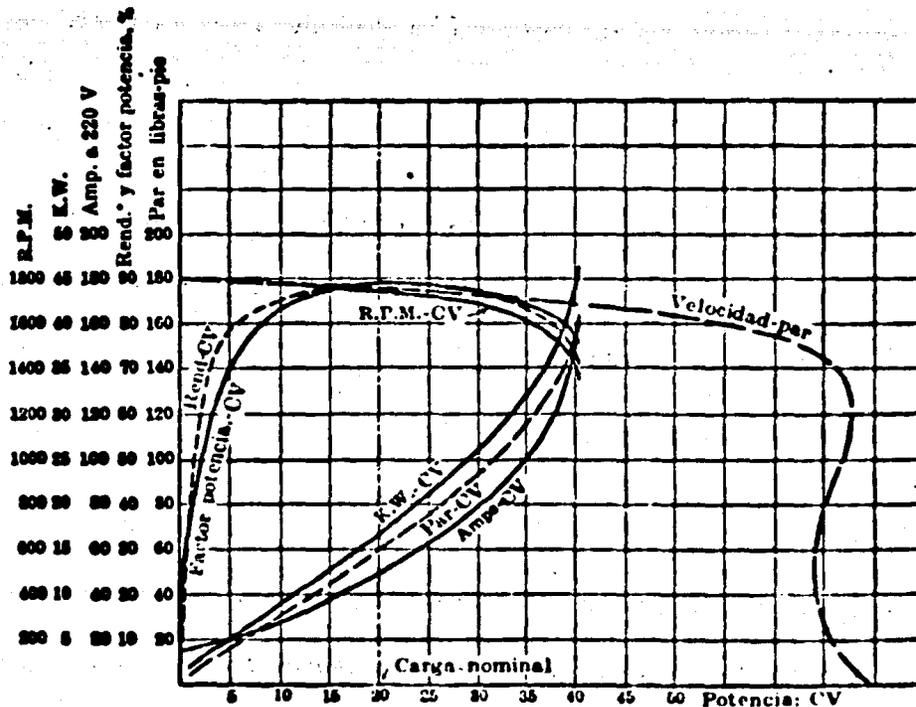


Fig. III.3.2. Curvas características del motor "jaula de ardilla"

(20CV, 1745 R.P.M.)

En la curva de velocidad-potencia se puede observar que conforme aumenta la carga se reduce la velocidad. En la curva de factor de potencia este factor aumenta con la carga hasta un valor máximo que es cercano a la carga nominal del motor, con mayores incrementos de carga, el factor de potencia se reduce.

La baja resistencia del rotor hace que los motores de jaula de ardilla tengan excelentes características para marchar con poca variación de velocidad. El deslizamiento es pequeño y la regulación de veloci-

dad buena. Además el motor es sencillo y resistente y requiere poco mantenimiento, por lo cual tiene una infinidad de usos comerciales e industriales.

Como este tipo de motor desarrolla un par de arranque pequeño-comparado con el motor de rotor devanado no puede emplearse cuando deba arrancar con carga considerable.

Arranque de los motores jaula de ardilla.

a) Arranque a voltaje directo.- Como los motores jaula de ardilla son equivalentes en el arranque a un transformador en corto circuito, la corriente de arranque es de 5 a 6 veces la corriente nominal, lo cual en los sistemas que no tienen la capacidad adecuada provocaría un trastorno al sufrir una caída de voltaje excesiva, por lo cual es necesario reducir esta corriente de arranque.

b) Arranque Estrella-Delta.- Un método sencillo para reducir la corriente de arranque consiste en emplear motores con conexión nominal en delta y por medio de switch y/o sistema de contactores, conectarlo durante el arranque en estrella, con lo cual se aplica $1/\sqrt{3}$ de la tensión nominal a cada uno de los devanados, y la corriente de línea será $1/\sqrt{3}$ del valor que tendría si se hubiera conectado directamente a la línea. Cuando el motor tiene velocidad suficiente, se cambia la conexión y el motor queda-

aumentará, como el deslizamiento es constante la f.e.m. inducida en el rotor es constante, entonces, la corriente en el inducido que es igual a la f.e.m. dividida entre la impedancia del rotor decrece y entonces el par debe disminuir ya que este es proporcional a la corriente del inducido.

Para hacer que el par vuelva a adquirir su valor original, debe aumentarse la intensidad de la corriente en el inducido, para aumentar esta corriente es necesario aumentar la f.e.m. en el inducido, como el flujo es constante, el aumento de f.e.m. solo se puede obtener aumentando la velocidad con que los conductores del rotor cortan el flujo. Por lo tanto, para un valor dado del par, el deslizamiento debe aumentar cuando se intercala una resistencia al rotor. En la fig. 111.3.4 se pueden ver sus características de funcionamiento.

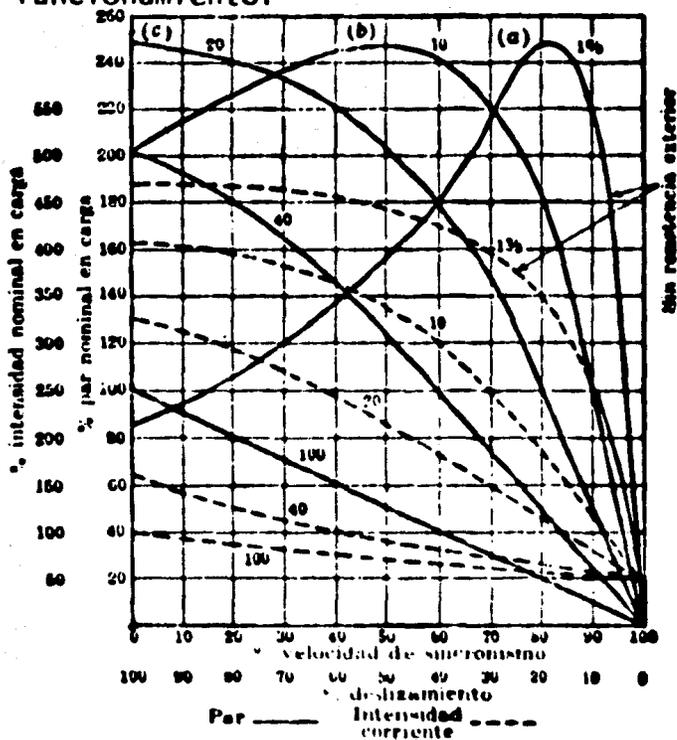


Fig. 111.3.4. Curvas características del motor de inducción con rotor devanado .

En la Fig. III.3.4. se pueden ver las curvas de par - velocidad y de par - deslizamiento. Cuando se intercala una resistencia en el circuito del rotor, El par esta dado en función de la velocidad expresada en por ciento de la de sincronismo, lo mismo que el deslizamiento cuyos valores en abscisas se leen de derecha a izquierda. El número dispuesto sobre las curvas de la resistencia del circuito del rotor en tanto por ciento del valor necesario para obtener el par en reposo a la carga nominal.

La curva (a) corresponde al caso en que la resistencia exterior en el circuito del rotor sea nula, en este caso el par máximo se obtiene con 80% de deslizamiento.

La curva (b) representa el resultado obtenido al intercalar un 10% de resistencia, en este caso el par máximo se obtiene aproximadamente al 50 % de deslizamiento.

La curva (c) corresponde al caso de intercalar un 20% de resistencia, este 20% produce el máximo par en el arranque pero con 40 y 100% de resistencia no se llega al par máximo ni con rotor parado (100% de deslizamiento).

En las curvas se puede apreciar que cuando se aumenta la resistencia del rotor éste gira a velocidad reducida pero esto se logra a ex-

pensas del rendimiento porque se han aumentado las pérdidas I^2R en el rotor.

De esta forma, es decir, intercalando resistencia en el circuito del rotor se puede regular la velocidad, pero esto implica una pérdida en el rendimiento ya que éste es la relación entre la velocidad efectiva y la velocidad de sincronismo.

En la fig. III.3.4. se pueden observar con línea punteada las -- curvas de corriente - velocidad y corriente - deslizamiento.

Cuando no se tiene resistencia la intensidad de corriente en el arranque es de 470% de su valor a plena carga y el par de arranque es el 86% del valor nominal. Con 10% de resistencia se obtiene el 205% del par con sólo 160% de intensidad.

Arranque del motor con rotor devanado.

En la fig. III.3.5. se puede ver el rotor devanado con los -- tres anillos de contacto a los que van conectados las tres fases de los -- embobinados.

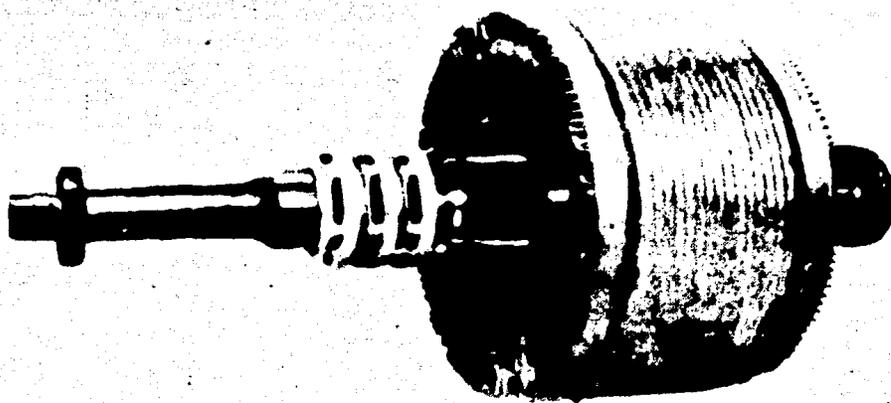


Fig. III.3.5. Rotor devanado.

Para arrancar un motor de inducción de rotor devanado, las esco billas correspondientes a los tres anillos se conectan a las resistencias externas conectadas en estrella, por medio de un reóstato. Se coloca el reóstato de manera que toda la resistencia correspondiente a cada fase es té conectada para el arranque, de modo que se tiene un par grande con una intensidad de corriente moderada, cuando la velocidad del rotor aumenta - se suprime la resistencia exterior y el motor funciona según la curva (a) de la fig. III.3.4.

En la fig. III.3.6. se muestra el circuito de arranque para un motor de inducción con rotor devanado.

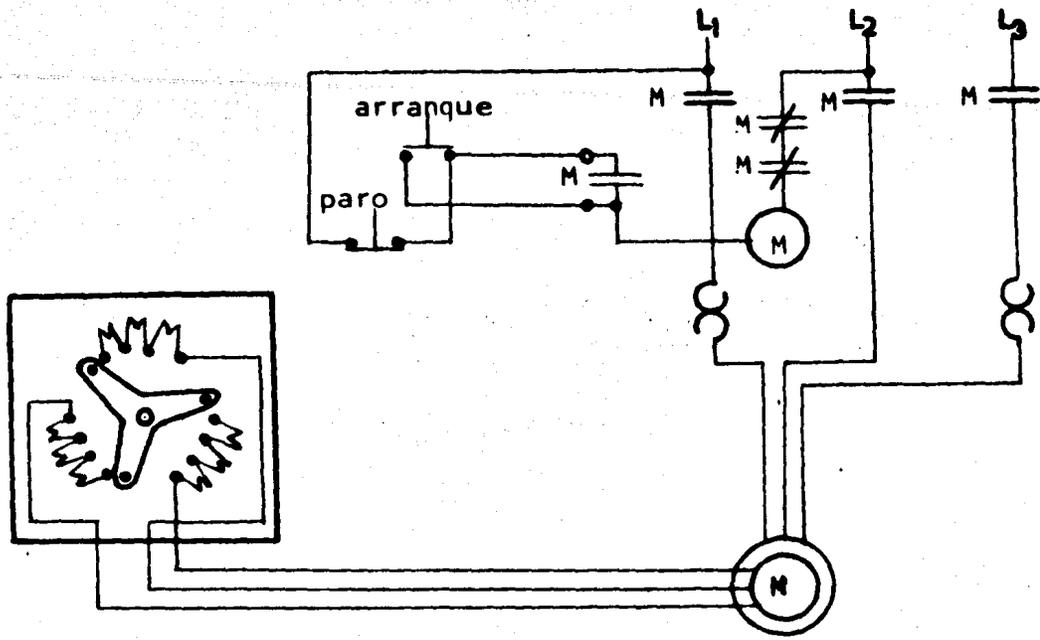


Fig. III.3.6. Circuito de arranque para un motor de inducción con rotor - devanado.

III.3.3. Motor síncrono.

El motor síncrono es un motor de velocidad constante, que opera en absoluto sincronismo con la frecuencia de la línea y como el motor de inducción su velocidad depende del número de pares de polos.

$$N = \frac{60 f.}{P}$$

N = velocidad síncrona, r.p.m.

f = frecuencia, Hz.

P = número pares de polos.

El motor síncrono se construye en todos los tamaños, desde potencia fraccionaria hasta potencias muy grandes, para usos industriales.

El de potencia fraccionaria se utiliza básicamente para mover aparatos estroboscópicos y cronométricos a la velocidad de sincronismo.

Los motores síncronos de gran potencia utilizados para cargas industriales tiene dos importantes funciones:

- 1.- Es una manera muy eficiente de convertir la energía eléctrica en potencia mecánica.
- 2.- Puede trabajar con un factor de potencia unitario, adelantado o atrasado. Cuando no tiene carga mecánica y actúa con factor de potencia adelantado se comporta como un capacitor síncrono que corrige el factor de potencia del sistema. Aún con carga puede corregir el factor de potencia si actúa sobreexcitado. El factor de potencia del motor se puede adelantar aumentando la corriente de excitación en el rotor y se atrasa disminuyendo dicha corriente.

Las partes principales del motor síncrono son las siguientes:

Estator. - Consiste de un núcleo armado de chapas de acero laminado, de un devanado alojado en ranuras que se encuentran en la superficie interior del núcleo y de una carcasa de hierro fundido.

Rotor. - El rotor de polos salientes es una pieza maciza forja-

da de acero. Sobre los polos del rotor se colocan las bobinas de excitación que se unen entre sí y son conectadas a dos anillos fijos en la flecha del rotor, sobre los cuales están puestas las escobillas que se conectan a una fuente de corriente directa.

Escobillas.- La función primordial de las escobillas es hacer contacto con los anillos colectores y proporcionar la excitación de corriente directa a los devanados del rotor.

Este tipo de motor síncrono no arranca, ya que los polos del rotor de corriente continua que están en reposo son atraídos y repelidos -- alternativamente por el campo giratorio del motor. Lo anterior se soluciona con un devanado de arranque insertado en las expansiones polares -- del rotor, el cual es semejante al del motor jaula de ardilla, diseñado con una sección transversal pequeña que proporciona los esfuerzos necesarios durante el arranque y aceleración, también amortigua las oscilaciones durante la marcha, a este devanado se le conoce como devanado amortiguador.

Principio de operación.- La mayoría de los motores síncronos se arrancan como motores de inducción auxiliados por el devanado amortiguador, siendo las curvas típicas en el período de arranque las que se muestran en la fig. III.3.7., en el arranque alcanzan una velocidad de aproximadamente el 95%, de la velocidad síncrona. Una vez alcanzada esa

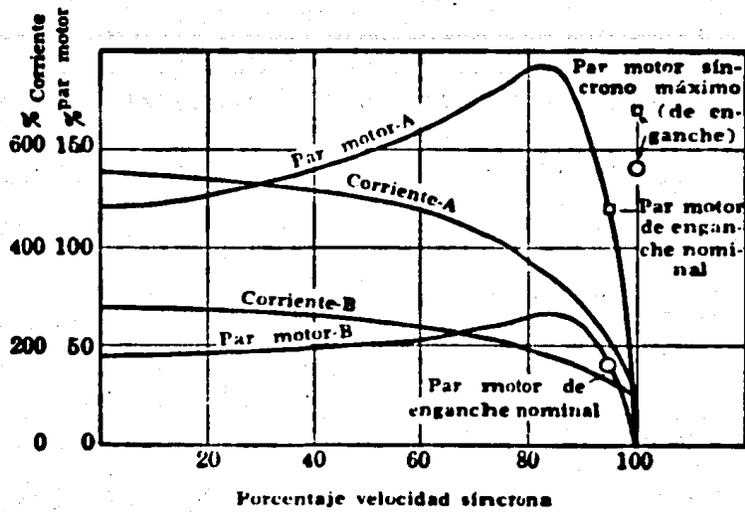
velocidad se excita el devanado del rotor con una fuente de corriente directa lo que origina polos magnéticos de polaridad fija en los núcleos -- del campo del rotor. Estos polos magnéticos fijos del rotor, se enlazan -- con los polos originados por el campo magnético giratorio del estator, lo -- grándose de esta manera que el rotor gire a la velocidad de sincronismo.

Las curvas V del motor síncrono y las curvas características -- carga - corriente se muestran en las fig. III.3.8 y III.3.9.

Cuando se pone carga al motor síncrono, los polos del rotor se -- retrasan con relación a los polos del estator, existiendo un desplazamien -- to en las posiciones relativas de los polos, pero permaneciendo la veloci -- dad constante, a dicho desplazamiento angular se le denomina ángulo del -- par.

Si se sobrecarga al motor síncrono se verá que éste sale de sin -- cronismo y se detiene, dejando de existir fuerza contraelectromotriz y -- elevándose apreciablemente la corriente de armadura.

En la Fig. III.3.8, I_L es la corriente de línea e I_c es la co -- rriente de campo, estas curvas V se realizan manteniendo constante el vol -- taje de al[imentación].



Curvas par motor velocidad para el período de arranque de
 A-Motor síncrono de alta velocidad factor de potencia unitario
 B-Motor síncrono de baja velocidad factor de potencia unitario

Fig. III.3.7. Curvas típicas para el período de arranque de un motor síncrono.

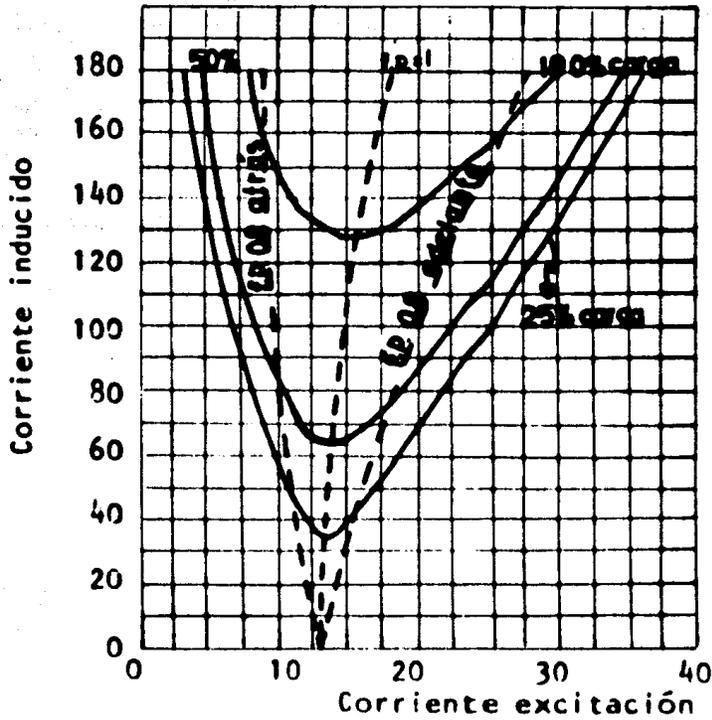


Fig. III.3.8. Curvas V de un motor síncrono.

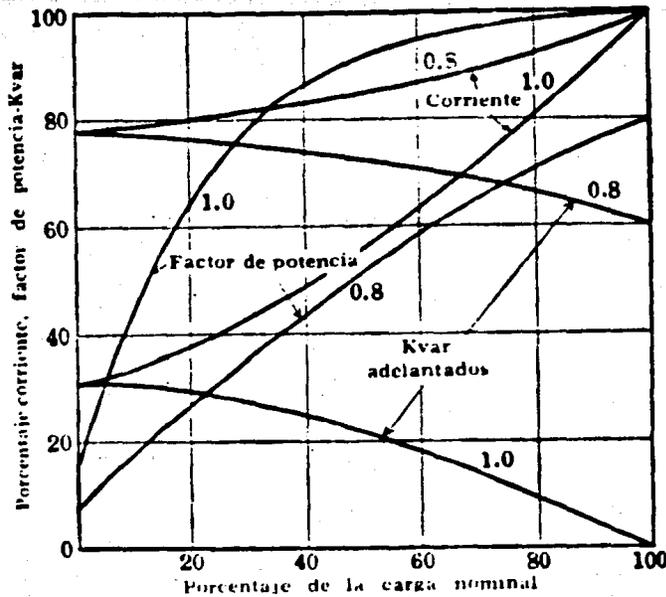


Fig. III.3.9. Curvas características de motores síncronos de factor de potencia unitario y 0.8 .

Motores síncronos sin escobillas:

La construcción de estos motores es igual a los antes mencionados, con la diferencia de que se tiene un generador de corriente alterna acoplado al final de la flecha del motor (en el lado opuesto de la carga), su salida es rectificadora por un puente formado por diodos o SCR que están fijados a la flecha del motor y proporcionan la excitación del campo.

La ventaja de este sistema es la eliminación de los anillos rozantes y escobillas, facilitando el mantenimiento del motor.

El diagrama simplificado del motor síncrono sin escobillas se muestra en la fig. III.3.10.

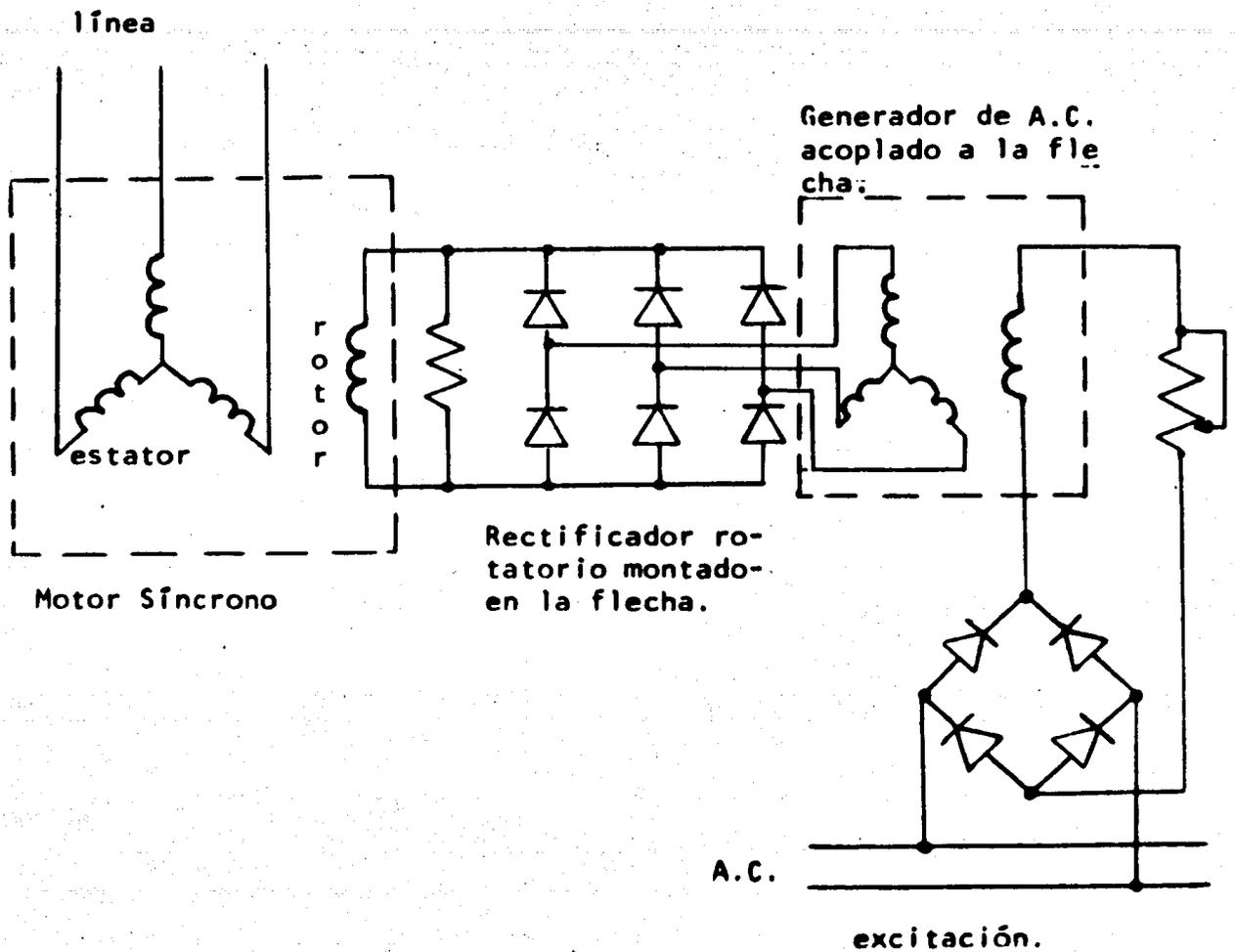


Fig. III.3.10. Diagrama simplificado del motor síncrono sin escobillas.

III.4. MOTORES MONOFÁSICOS.

Los motores monofásicos se pueden clasificar en:

- 1.- Motores de colector
- 2.- Motores de inducción
- 4.- Motores síncronos.

III.4.1. Motores de colector:

Los motores de colector más comunes son:

- 1.- El motor serie
- 2.- El motor de repulsión.

Usándose varias modificaciones y combinaciones de estos tipos.

III.4.1.1.- Motor serie de corriente alterna.

Los motores serie y shunt de corriente continua en principio -- pueden funcionar con una fuente de corriente alterna, ya que al invertir la polaridad se invierte también la corriente y el flujo magnético en los circuitos del campo y la armadura, el par resultante tiene la misma dirección.

Sin embargo, en los motores shunt de corriente continua, alimentados con una fuente de corriente alterna el par resultante es pequeño, - debido a la alta inductancia del campo en derivación, que hace que la corriente y el flujo se retrasen de la tensión de línea casi 90 grados, esto hace que el motor no sea práctico.

El motor serie de corriente continua, tampoco funciona satisfactoriamente con una fuente de corriente alterna, debido al excesivo calor desarrollado por las corrientes parásitas en los polos del campo y a la - excesiva caída de tensión en los devanados del campo en serie, debido a - la elevada reactancia, estos dos inconvenientes reducen la potencia del -

motor.

Para eliminar las dificultades de las corrientes parásitas, se laminan los polos del campo como se muestra en la fig. III.4.1.

Las inductancias de las bobinas de campo y de los devanados de la armadura, son aproximadamente iguales, de tal modo que el flujo de campo y el conjunto de la armadura están en fase.

Al motor de este tipo que funciona con C.A. y C.C. se le llama motor universal.

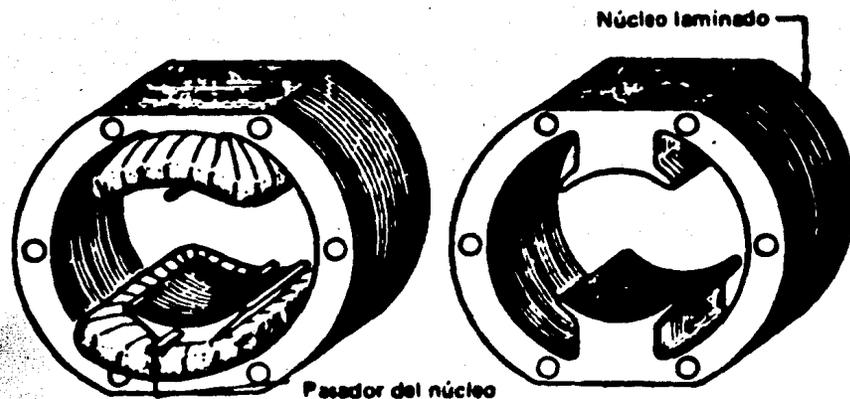


Fig. III.4.1.- Núcleo del campo de un motor universal de dos polos.

El devanado de los campos de un motor puede ser concentrado o distribuido.

Un motor con campo concentrado es, generalmente, una máquina de polos salientes con dos polos y un devanado de relativamente pocas

vueltas conectados de manera que su polaridad sea opuesta, esto es debido a que la corriente alterna que circula por el inducido originaría un campo alterno que desplazaría al campo principal y produciría una tensión de autoinducción en el arrollamiento, para compensar esta acción se hace lo enunciado anteriormente.

En la fig III.4.2 se muestra como se conectan en serie los devanados del campo y de la armadura de los motores universales.

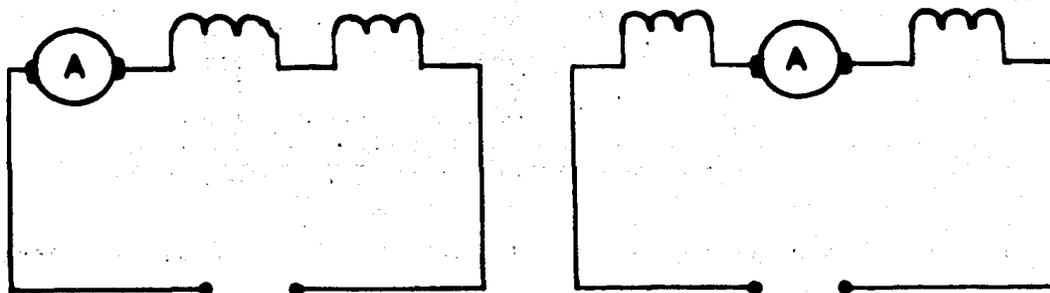


Fig. III.4.2.- Conexiones del campo distribuido y de la armadura en un motor universal.

Los motores universales de campo distribuido se hacen en dos tipos. Uno es el motor compensado de campo sencillo y el otro es el motor-compensado de dos campos.

El motor compensado de dos campos tiene un estator que contiene un devanado principal y un devanado compensador, separados 90 grados eléctricos. Estas bobinas moderan la conmutación neutralizando la reacción -

de la armadura y generan un voltaje en la bobina en cortocircuito que - -
opone voltajes de autoinducción.

Las curvas características del motor monofásico serie se mues--
tran en la fig. III.4.3. donde "I" es la corriente, "n" es la velocidad -
y "V" es el voltaje de alimentación.

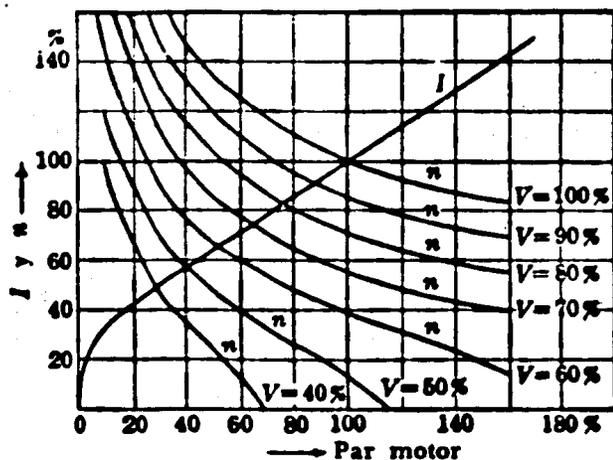


Fig. III.4.3.- Características par motor-velocidad y par motor-corriente-
de un motor monofásico serie.

Las características de un motor serie de C.A. son:

La velocidad aumenta hasta un valor elevado cuando disminuye --
la carga y están conectados generalmente en forma permanente a los aparatos que impulsan.

Se regula la velocidad insertando resistencias en serie con el motor, son de uso común resistores con derivaciones, reostatos y bobinas de alambre nicromo con derivaciones arrolladas sobre un sólo polo del cam

po, también se controla la velocidad variando la inductancia usando derivaciones en uno de los polos del campo.

El sentido de rotación de cualquier motor serie puede invertirse cambiando la dirección de la corriente en el circuito del campo o en el de la armadura.

En el motor compensado conductivamente se coloca un devanado compensador adicional, en ranuras cortadas directamente en las caras de los polos como se muestra en la fig. III.4.4. La potencia de este campo crece al aumentar la corriente en la carga, disminuyendo así la deformación de flujo del campo principal por el flujo de la armadura.

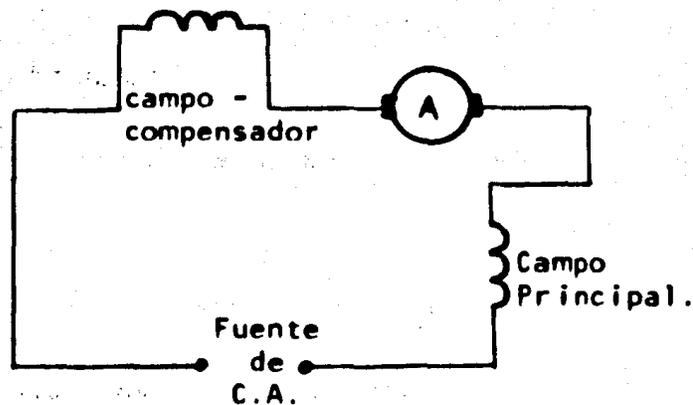


Fig. III.4.4. Diagrama esquemático de un motor universal.

El devanado compensador se conecta en serie con el devanado en serie del campo y la armadura, aunque los motores de este tipo tienen un-

elevado par de arranque, la regulación de velocidad es mala.

La reacción de la armadura en los motores serie de corriente -- alterna, se compensa también con un devanado acoplado inductivamente que funciona de la misma manera, que, acoplar el flujo magnético cruzado de la armadura, que actúa como el devanado primario de un transformador. -- Este tipo de motor no puede usarse con corriente continua (ver fig. III.- 4.5.)

Sus características de operación son semejantes a la del motor-compensado conductivamente.

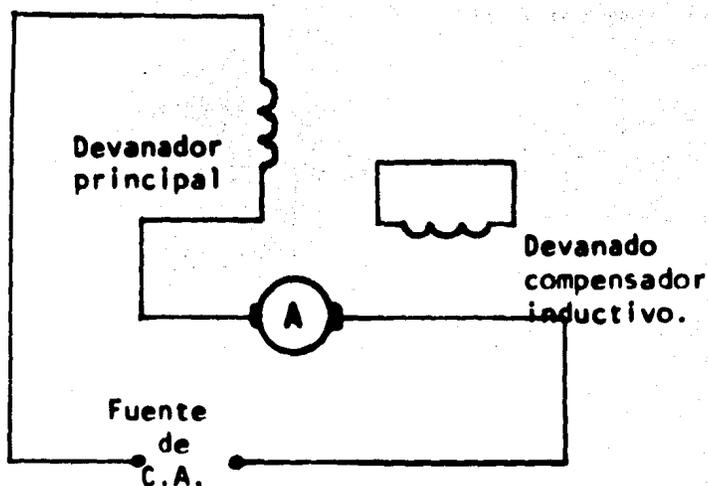


Fig. III.4.5. Conexiones para un motor compensado Inductivamente.

Como la reactancia inductiva es directamente proporcional a la frecuencia, las características de funcionamiento de un motor serie de co rriente alterna son mejores a bajas frecuencias.

Estos motores se llaman universales y sus aplicaciones son en aparatos domésticos como aspiradoras, máquinas de coser y herramientas portátiles.

III.4.1.2. Motores tipo repulsión:

Los motores de tipo repulsión pueden dividirse en tres clases:

- 1.- El motor de repulsión.
- 2.- El de arranque por repulsión.
- 3.- El de inducción repulsión.

Motor de repulsión:

Las partes esenciales de un motor repulsión son:

- a) Un estator laminado completo, con devanados semejantes al de trabajo de un motor de fase dividida, usualmente está devanado con cuatro, seis u ocho polos.
- b) Un rotor que consta de un núcleo ranurado dentro del cual se coloca el devanado. A este rotor se le llama armadura, las bobinas que lo forman están conectadas al conmutador, que es axial.
- c) Dos escudos de acero fundido que alojan a los cojinetes del motor.

d) Escobillas de carbón, en contacto con la superficie del conmutador. El conjunto de portaescobillas puede moverse de manera que las escobillas puedan en diferentes puntos hacer contacto con la superficie del conmutador para obtener la rotación correcta y el par máximo. Las escobillas se conectan juntas mediante un alambre de baja resistencia.

Principio de operación del motor repulsión:

La excitación o devanado del estator se conecta a una línea monofásica, cuando las escobillas están en línea con los centros de los polos de campo, como se muestra en la figura III.4.6, se induce corriente en la armazón por acción transformadora. Las polaridades del armazón son las mismas que las de los polos de campo adyacentes. La repulsión entre polos semejantes establece fuerzas en una dirección vertical, pero no existe fuerza horizontal que origine la rotación, en este caso se dice -- que las escobillas descansan en el eje neutro.

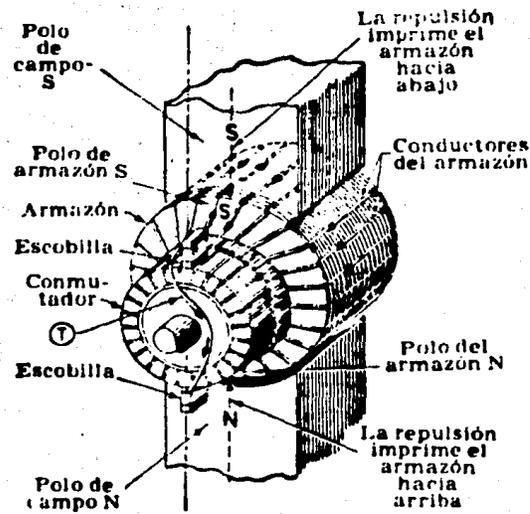


Fig. III.4.6, Las escobillas están puestas en el eje neutro.

Si se mueven a cualquiera de los lados de dicho eje, fig. III.-4.7., se establece una fuerza giratoria grande en la dirección de la desviación de las escobillas, esto es porque la polaridad instantánea de los polos del rotor es la misma que la de los polos adyacentes del estator.

En el caso de que las escobillas se moviesen a una posición a mitad del camino entre los polos del campo, fig. III.4.8., se dice que --descansan en el eje neutro blando.

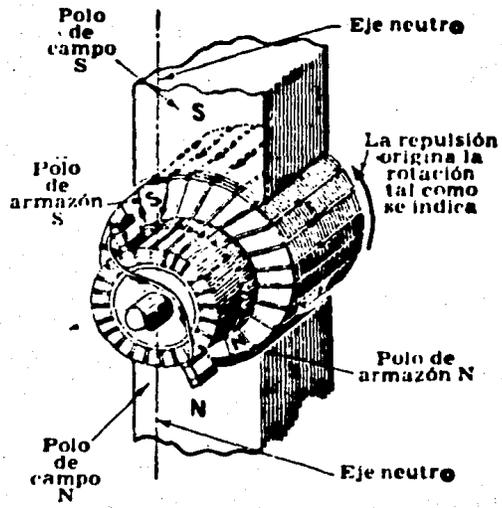


Fig. III.4.7. Escobillas desviadas del eje neutro.

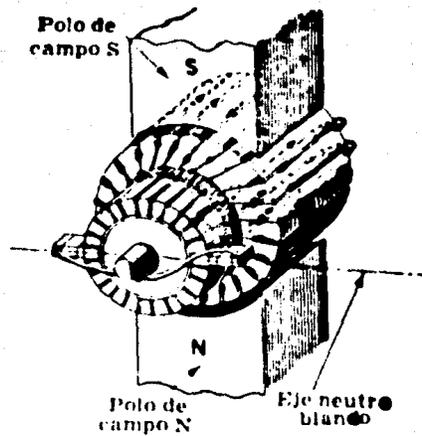


Fig. III.4.8. Escobillas que descansan en el eje neutro blanco.

No ocurre ninguna rotación en esta posición, porque, existe la misma tendencia a girar en una dirección y en otra. Cuando se mueven ligeramente, se produce un esfuerzo rotativo débil, pero en una dirección-opuesta a la de la desviación de las escobillas.

Las curvas características del motor de repulsión se muestran en la fig. III.4.9.

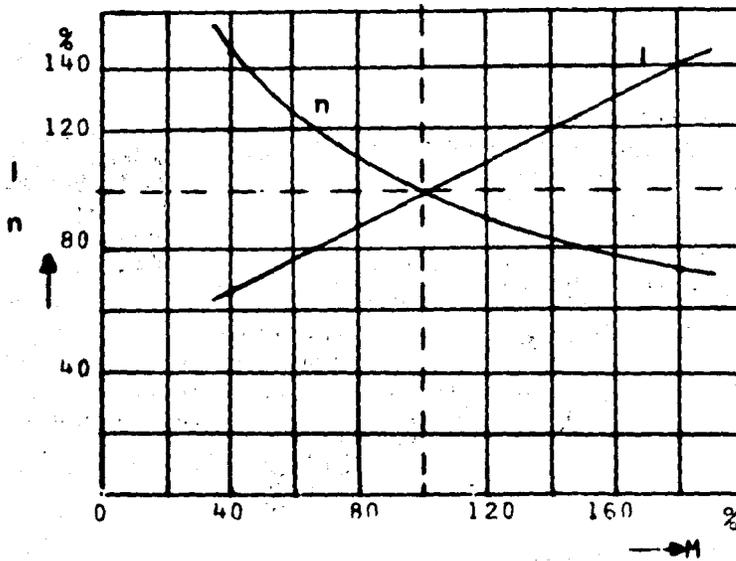


Fig. III.4.9. Curvas características de un motor monofásico de repulsión

El motor de repulsión tiene excelente par de arranque, características de velocidad inestable y puede desbocarse a una velocidad excesivamente elevada, si se le quita toda la carga. Otro defecto consiste en la tendencia a producir chispas en las escobillas. Por estas razones no se utiliza comercialmente.

No ocurre ninguna rotación en esta posición, porque, existe la misma tendencia a girar en una dirección y en otra. Cuando se mueven ligeramente, se produce un esfuerzo rotativo débil, pero en una dirección opuesta a la de la desviación de las escobillas.

Las curvas características del motor de repulsión se muestran en la fig. III.4.9.

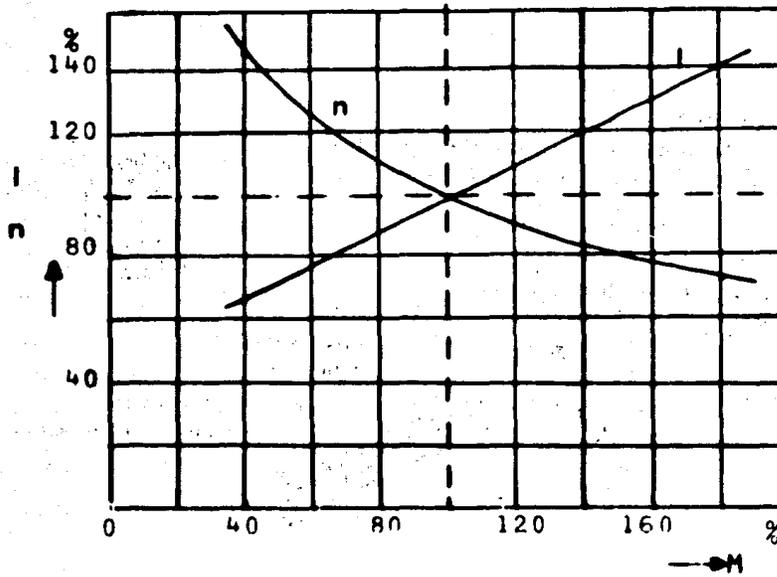


Fig. III.4.9. Curvas características de un motor monofásico de repulsión

El motor de repulsión tiene excelente par de arranque, características de velocidad inestable y puede desbocarse a una velocidad excesivamente elevada, si se le quita toda la carga. Otro defecto consiste en la tendencia a producir chispas en las escobillas. Por estas razones no se utiliza comercialmente.

Motor de inducción con arranque de repulsión:

Este motor arranca de la misma manera que el motor repulsión, pero con la diferencia que cuando ha acelerado aproximadamente el 75% de su velocidad de régimen, el motor empieza a funcionar como motor de inducción. La fig. III.4.10, muestra por piezas, la armadura, el conmutador radial y el dispositivo centrífugo que levanta las escobillas.

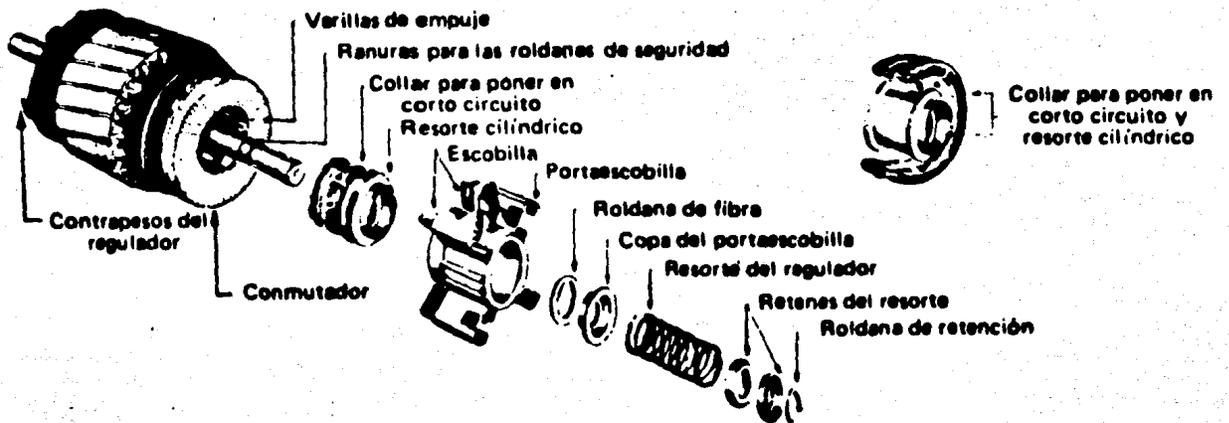


Fig. III.4.10.- Conmutador radial y dispositivo centrífugo levantador de escobillas.

Al moverse hacia adelante el mecanismo centrífugo empuja el resorte cilíndrico hacia adelante, el collar pone en cortocircuito todas las barras del conmutador, al mismo tiempo se mueven las escobillas y --

portaescobillas de la superficie del conmutador, evitando ruido y desgaste en el conmutador y escobillas.

Al estar en corto circuito el mecanismo regulador, los segmentos del conmutador convierten la armadura en una especie de rotor de jaula de ardilla, funcionando así como motor de inducción monofásico.

En el motor del tipo escobillas montadas, se usa un conmutador axial, el mecanismo centrífugo consiste en varios segmentos de cobre que se mantienen en su lugar con un resorte, en la figura III.4.11 se muestra este tipo de dispositivo centrífugo.

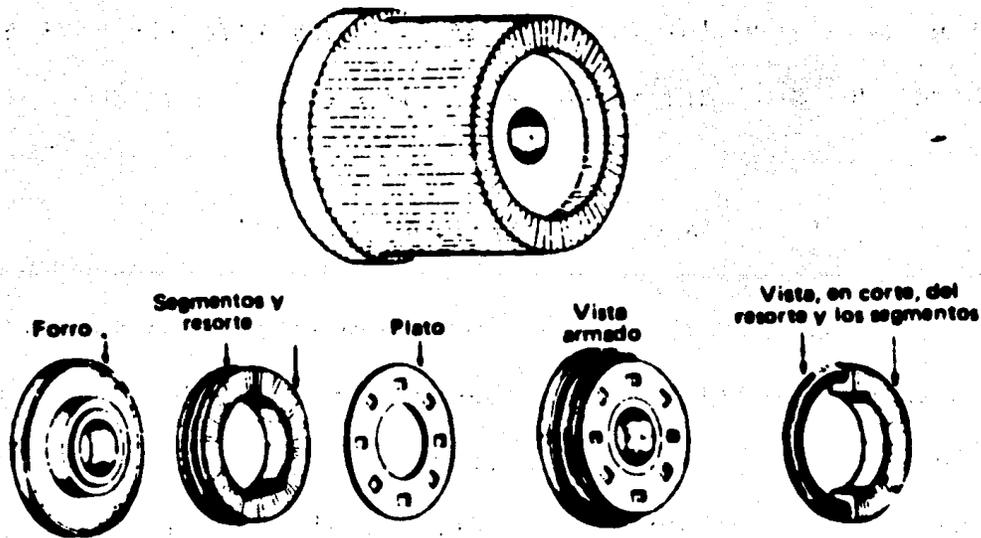


Fig. III.4.11.- Dispositivo centrífugo para poner en cortocircuito en un motor de inducción arranque por repulsión.

Se coloca en una posición adyacente al conmutador y aproximadamente al 75% de su velocidad de régimen, la fuerza centrífuga ocasiona que el collar ponga en cortocircuito todos los segmentos del conmutador y ahora el motor funcionará como motor de inducción.

Las características de velocidad y par de arranque son buenas, y debido a esto es usado en varias aplicaciones industriales, estas aplicaciones incluyen refrigeradores comerciales, compresoras, bombas y -- otras que requieren fuerte par de arranque y velocidad relativamente -- constante de sin carga hasta carga plena.

Para invertir el sentido de giro se cambia como en el motor de repulsión, desviando las escobillas 15 grados eléctricos al otro lado de los centros del polo del campo del estator.

Motor de inducción repulsión:

Las características de funcionamiento del motor inducción repulsión son prácticamente las mismas que un motor de inducción con arranque de repulsión, tiene el mismo tipo de armadura y conmutador que el motor repulsión, pero el motor inducción repulsión tiene un devanado jaula de ardilla debajo de las ranuras de la armadura, en la fig. 111.4.12, se muestra una armadura completa.

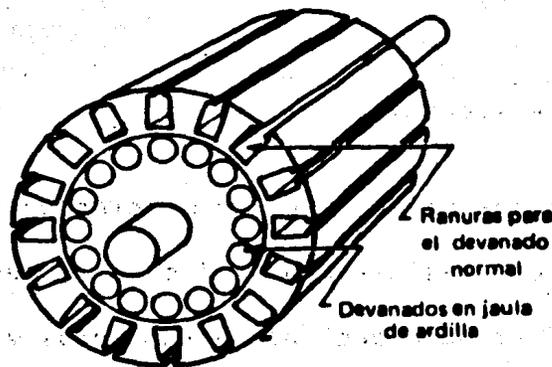


Fig. III.4.12. Armadura del motor inducción-repulsión.

Como en este tipo de motor no existe mecanismo centrífugo, elimina el mantenimiento y reparaciones que requiere dicho mecanismo.

Este motor debido al devanado jaula de ardilla tiene muy buen par de arranque, una regulación de velocidad bastante constante de sin carga a carga plena.

Las características par - velocidad de un motor inducción repulsión son parecidas a las del motor de doble excitación de corriente continua.

Usualmente este motor se proyecta para funcionar con 110 o 220 volts, el estator tiene en su devanado dos secciones que se conectan en-

paralelo para 110 volts. y en serie para 220 volts, los tamaños comunes son de 1/4 a 5H.P. aunque se construyen algunos mayores.

111.4.2. Motores de Inducción.

Los dos tipos principales de motores de Inducción monofásicos son el de arranque con resistencia y el de arranque con capacitor. El de arranque con resistencia acciona herramientas y otras cargas relativamente pequeñas en las que no se requiere fuerte par de arranque. El de arranque con capacitor puede usarse en aparatos que requieren un par de arranque mayor, como refrigeradores, compresoras y tipos de carga semejantes.

Motor de Inducción con arranque por resistencia:

En este motor el estator se compone de dos devanados separados 90-grados eléctricos, se encuentran en las ranuras de un núcleo laminado de hierro, uno de estos devanados es el principal o de trabajo y el otro es el de arranque o auxiliar. El devanado de arranque se hace de un tamaño de cable mucho menor que el devanado de trabajo, ya que este cable posee una resistencia mucho mayor. Además el número de giros del devanado de arranque es aproximadamente la mitad del devanado de trabajo. Esta disminución en el número de giros acoplada con la mayor resistencia del devanado de arranque produce un desplazamiento de fase razonablemente --

bueno entre las corrientes de arranque y de trabajo. Esta diferencia de fase es suficiente para lograr un par de arranque bueno.

En el momento del arranque, ambos devanados se conectan en paralelo a la línea monofásica, cuando el motor ha acelerado hasta que su velocidad es de $2/3$ a $3/4$ de la velocidad de régimen el devanado de arranque se desconecta automáticamente de la línea por medio de un interruptor centrífugo.

El rotor es de la misma construcción que el motor de inducción jaula de ardilla trifásico.

El interruptor centrífugo se monta dentro del motor. La función del interruptor es desconectar el devanado de arranque después que el rotor ha alcanzado una velocidad predeterminada, en la fig. III.4.13. se muestra el funcionamiento del interruptor centrífugo típico que se usa en los motores de inducción con arranque por resistencia.

El funcionamiento del motor comienza en el instante en que se cierra el circuito del motor, activándose los devanados de arranque y de trabajo. El devanado de trabajo se coloca al fondo de las ranuras del estator, este devanado de trabajo tiene por ser un alambre grueso. El devanado de arranque se coloca en la parte superior de las ranuras del estator.

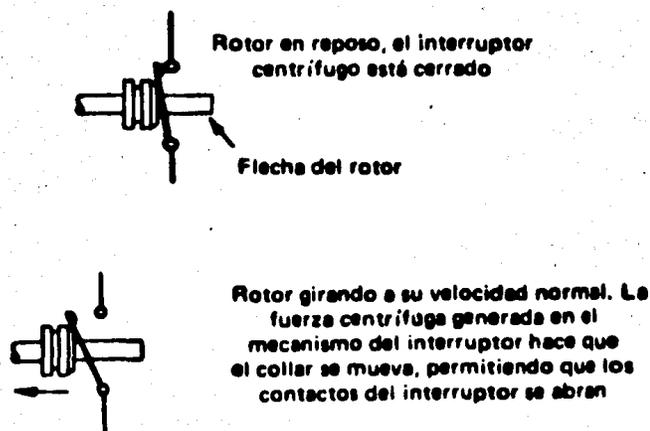


Fig. III.4.13 Funcionamiento de un interruptor centrífugo para motor de inducción arranque con resistencia.

En la fig. III.4.14 se nota que la corriente del devanado principal (IM) se retrasa de la corriente del devanado de arranque (IS) aproximadamente 90 grados eléctricos. Cuando las dos corrientes separadas - 90 grados eléctricos pasan por estos dos devanados, el efecto pulsante - en el campo de cada una de las dos corrientes se combina creando un efecto de campo giratorio alrededor del núcleo interior del estator.

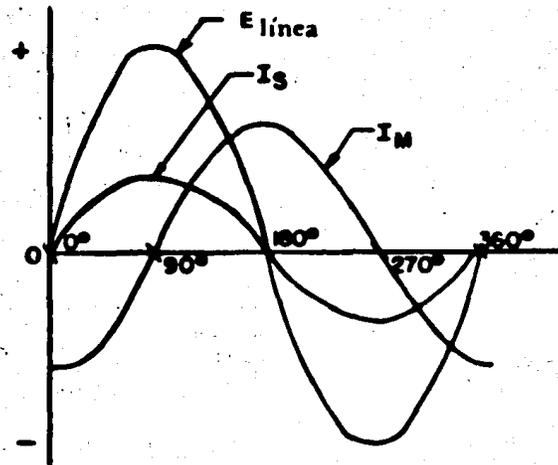


Fig. III.4.14. Relaciones de fase entre corrientes de los devanados de arranque y de trabajo.

Conforme el rotor se acelera a la velocidad de régimen, el interruptor centrífugo desconecta el devanado de arranque de la línea, la figura III.4.15., muestra al interruptor centrífugo cerrado, y cuando el motor ha acelerado a la velocidad normal de trabajo y se ha abierto el interruptor centrífugo el motor continúa usando solamente el devanado de trabajo.

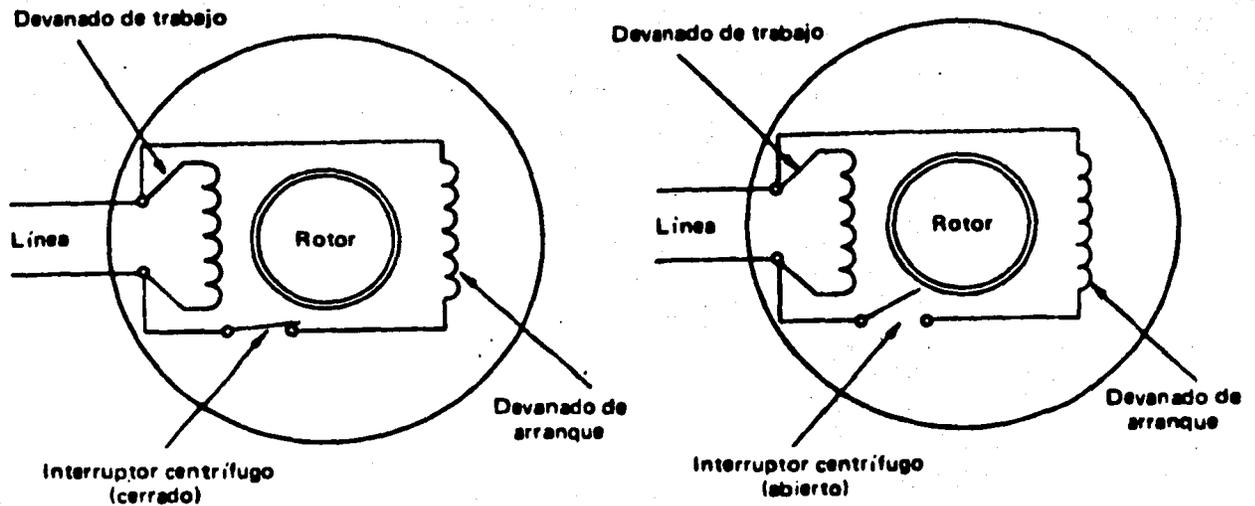


Fig. III.4.15.- Conexiones del interruptor centrífugo en el - arranque y trabajando, de un motor de inducción de arranque con resistencia.

Una vez que está funcionando, se induce corriente en el rotor, por dos razones:

- 1.- El flujo alterno del estator induce en el rotor la llamada "fuerza electromotriz de transformador".
- 2.- Se induce "fuerza electromotriz de velocidad" en las barras del rotor, al cortar el campo del estator, el efecto combinado de esta f.e.m. produce polos en el rotor que generan el par que lo mantiene girando.

Para invertir la rotación del motor simplemente con intercambiar las conexiones de cualquiera de los dos devanados, ya sea el de trabajo o el de arranque.

En algunos casos los motores monofásicos tienen devanados para diferentes tensiones ya sea de 110 volts o 220 volts. Para 110 volts los devanados de trabajo se conectan en paralelo, para 220 volts se conectan en serie como se muestra en la fig. III.4.16.

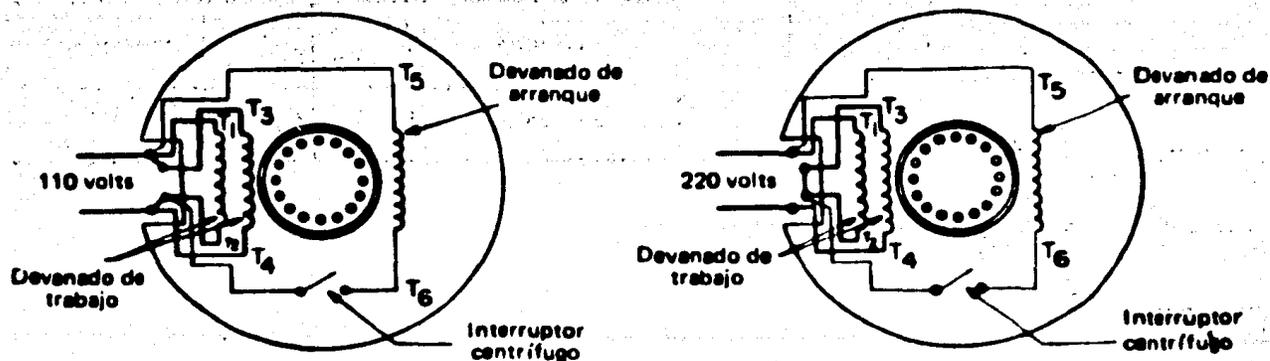


Fig. III.4.16. Conexiones de motores para tensiones de 110 o 220 volts.

Algunos motores de tensión doble, y con arranque por resistencia, tienen dos secciones en el devanado de arranque y dos en el de trabajo.

En la fig. III.4.17., se ilustra la disposición de los devanados de un motor de tensión doble que tiene dos secciones en el devanado de arranque y dos en el de trabajo.

La regulación de velocidad de un motor de arranque por resistencia es muy buena. Las características de velocidad de sin carga a -- carga plena son aproximadamente las mismas que las del motor de inducción trifásico tipo jaula de ardilla.

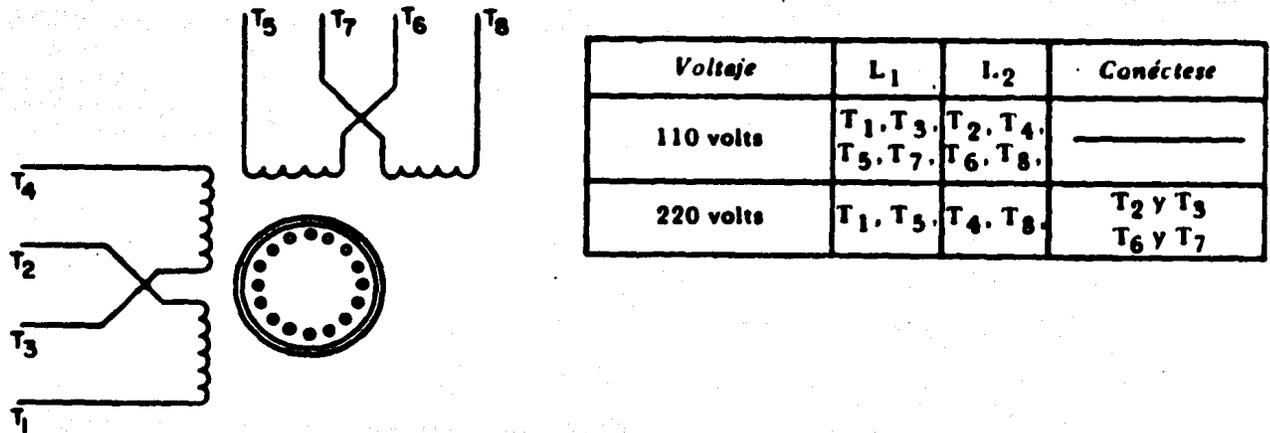


Fig. III.4.17.- Disposición de los devanados en un motor de voltaje doble, con dos devanados para arrancar y dos devanados de trabajo.

El par de arranque del motor de arranque con resistencia, es - comparativamente malo.

En la fig. III.4.18., muestra el ángulo entre las corrientes - del devanado principal y el devanado de arranque de un motor de inducción de arranque con resistencia. Como el ángulo entre las dos corrientes es mucho menor a 90° , en la práctica este ángulo está entre 30 y 50 grados, apenas para producir un débil efecto de campo magnético giratorio, de lo que resulta un par de arranque pequeño.

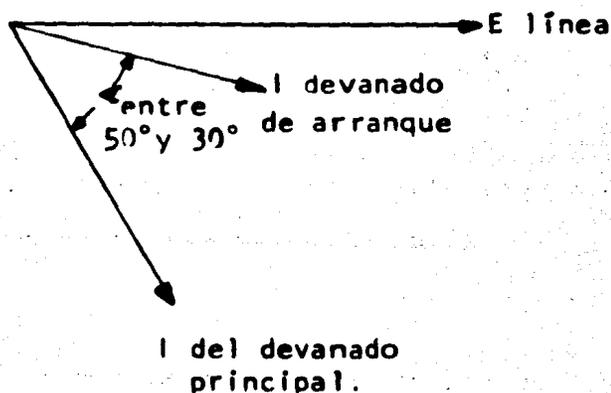


Fig. III.4.18.- Angulo de fase entre las corrientes de los devanados de arranque y de trabajo.

Las curvas par motor - velocidad de un motor monofásico, para diferentes valores de la resistencia de arranque, se muestra en la fig. - III.4.19, en la cual "s" es el deslizamiento, " r_2 " es la resistencia de arranque.

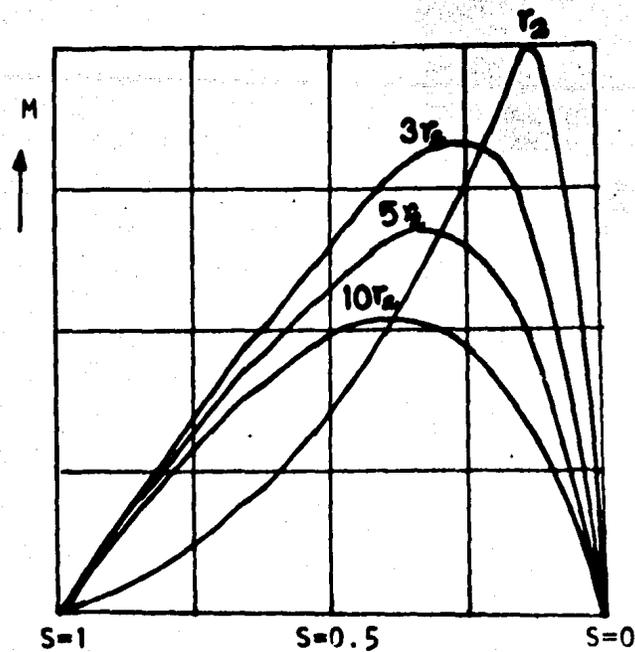


Fig. III.4.19.- Curvas par motor - velocidad de un motor monofásico de inducción arranque con resistencia.

Motor de inducción con arranque por capacitor.

La construcción del motor de inducción con arranque por capacitor es prácticamente la misma que tiene el motor de inducción con arranque por resistencia, la diferencia es que se conecta un capacitor en serie con el devanado de arranque. Este capacitor proporciona un par de arranque mayor y ayuda a limitar la onda de corriente de arranque.

El motor de inducción con arranque por capacitor se usa en unidades de refrigeración, compresoras, quemadores de petróleo, en máquinas pequeñas.

Su funcionamiento es el siguiente; al arrancar, los devanados de trabajo y de arranque se conectan en paralelo a la tensión de línea, el capacitor está conectado en serie con el devanado de arranque como se muestra en la fig. III.4.20.

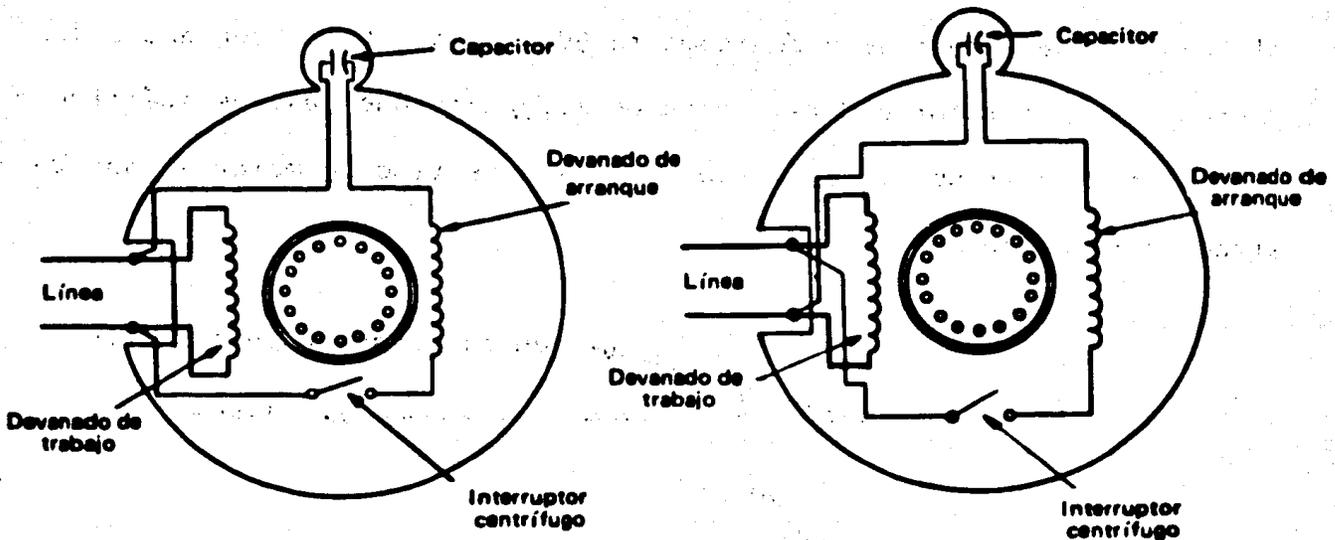


Fig. III.4.20.- En la izquierda, conexiones de un motor de inducción - - arranque con capacitor. Derecha, conexiones para invertir el sentido de rotación.

Cuando el motor alcanza aproximadamente el 75% de la velocidad de régimen, el interruptor abre y desconecta el devanado de arranque y el capacitor de la línea. Entonces el motor opera como motor de inducción monofásico, usando solamente el devanado de trabajo.

Para producir par de arranque necesario, los devanados del es-

tator deben generar un campo magnético giratorio. Colocando un capacitor que tenga la capacitancia adecuada, en serie con el devanado de arranque, se logrará que la corriente del devanado de arranque adelante 90 grados eléctricos a la corriente del devanado de trabajo. En la fig. 111.4.21., se muestra el diagrama de corrientes de los dos devanados y el ángulo que forman es prácticamente 90 grados. En consecuencia los devanados del estator generan un campo magnético que casi es idéntico al de un motor de inducción bifásico, y para este tipo de motor el par de arranque es mucho mayor.

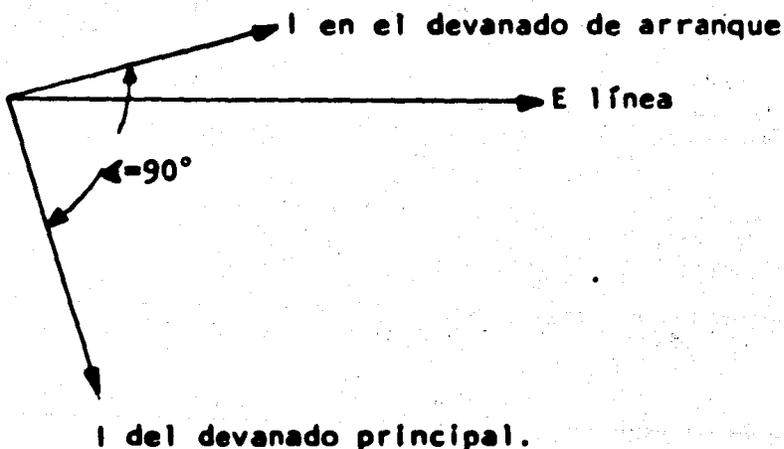


Fig. 111.4.21.- Angulo de fase de 90° entre las corrientes de los devanados de arranque y trabajo.

Para evitar fallas de los capacitores, los fabricantes recomiendan que los motores de arranque con capacitor no se arranquen más de 20 veces por hora.

La regulación de velocidad del motor de inducción con arranque con capacitor es muy buena.

Para invertir la dirección de rotación en un motor de inducción de arranque con capacitor se invierten las conexiones del circuito de arranque, ó intercambiando las dos conexiones del devanado de trabajo.

La figura III.4.20., ilustra las conexiones del circuito de un motor de inducción de arranque con capacitor, antes de que se intercambien las conexiones del devanado, para invertir el sentido de rotación del motor.

Y se indican también las conexiones del circuito del motor después de que se han intercambiado las conexiones del devanado para invertir el sentido de rotación.

Los motores de inducción de arranque con capacitor se fabrican para tensiones de 110 y 220 volts.

III.4.3. Motores Síncronos:

Hay varios tipos de motores síncronos monofásicos no excitados que utilizan en los relojes eléctricos, fonógrafos y dispositivos temporizados, todos requieran ser accionados a una velocidad constante.

Motor síncrono tipo Warren o de histéresis:

En este motor se crea un campo deslizante mediante espiras en corto circuito colocadas en las expansiones polares. El rotor se construye sobre un imán de acero duro. Se desarrolla par debido a los efectos de corrientes parásitas en el núcleo del rotor y por la histéresis.

Cuando el motor alcanza el sincronismo, se magnetiza en una dirección, porque por él se cierra el circuito magnético del estator. Al estar el núcleo del rotor magnetizado entra en sincronismo con el flujo giratorio del estator y el motor funciona como un motor síncrono. El par es pequeño, pero se puede aumentar mediante un tren de engranes reduciendo la velocidad. En la figura III.4.22. se muestra este motor.

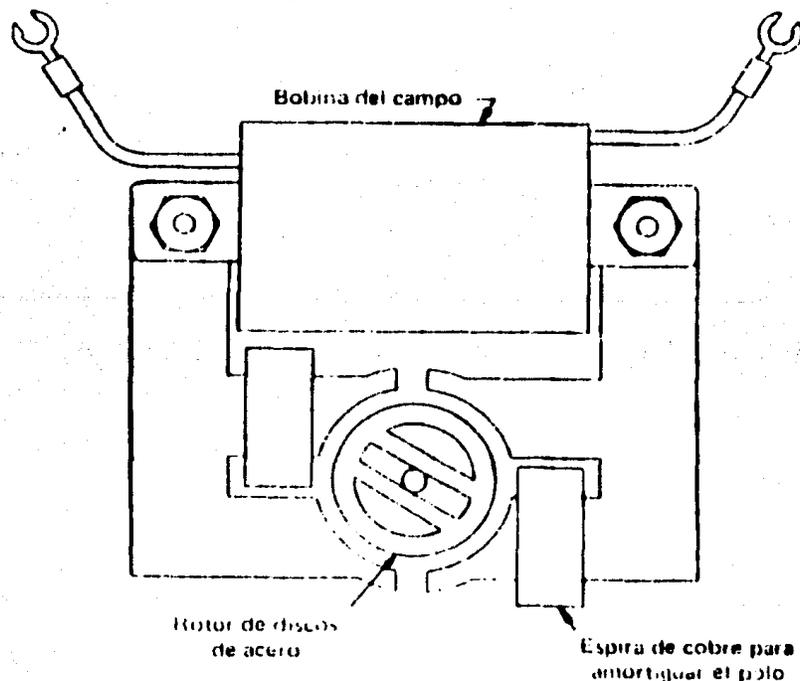


Fig. III.4.22. Motor síncrono tipo Warren o de histéresis.

Motor tipo Holtz o subsíncrono:

La figura III.4.23. muestra el motor síncrono tipo Holtz de inducción-reacción. El motor tiene seis ranuras en el rotor distribuidas de modo que originen seis polos salientes en el mismo, y estos polos dan origen al funcionamiento como motor síncrono.

En el arranque, el par motor de inducción debe ser suficiente para sobreponerse a la tendencia de los polos salientes del rotor a enclavarse con los polos del estator. El motor marcha como si fuera de inducción y el rotor tiende a acelerarse hasta las proximidades de la velocidad de sincronismo.

A su velocidad subsincrónica de funcionamiento el motor desarrolla simultáneamente un par de motor de inducción y un par de motor síncrono. Este tipo de motor se emplea para aparatos cronométricos.

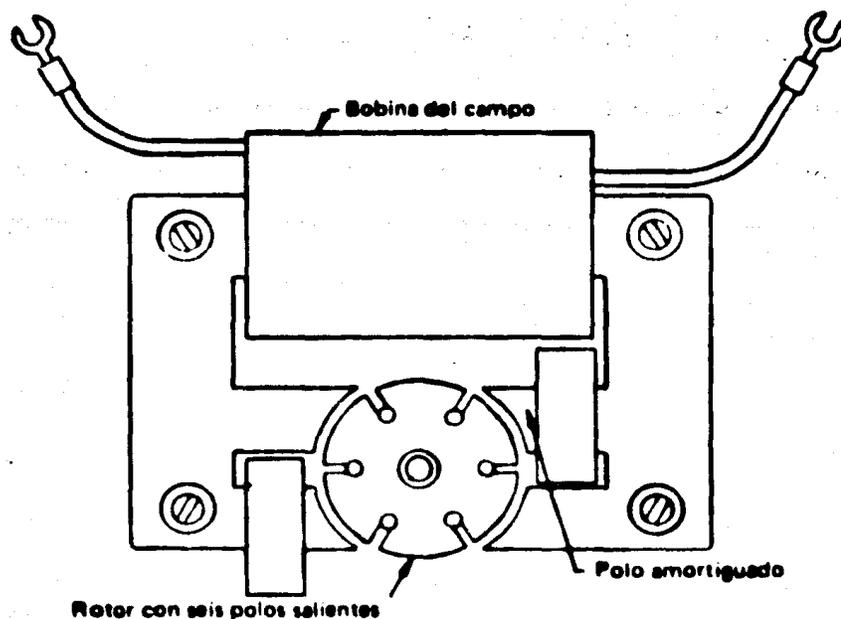


Fig. III. 4.23. Motor síncrono tipo Holtz, o subsíncrono

Motor síncrono de reluctancia:

Este motor en el arranque desarrolla un par de 300 a 400% del par nominal, dependiendo esto de la posición del rotor con la no-simetría de él, con respecto al arrollamiento del inductor.

Una vez arrancado el motor, el campo magnético del estator como el del rotor, logra una velocidad cercana a la de síncronismo; un interruptor centrífugo abre la bobina de arranque, y el motor continúa desarrollando un par producido por la bobina de trabajo, cuando se aproxima a la velocidad síncrona el par de reluctancia es suficiente para llevar el rotor a la velocidad de síncronismo con pulsaciones del campo monofásico.

El motor opera con velocidad constante, si por alguna circunstancia el motor llevara una carga mayor de la que corresponde al valor del par de arranque, éste no se para sino que sigue su marcha, pero operando como motor de inducción monofásico, hasta un valor de 500% del par a plena carga.

CAPITULO IV

DIAGRAMAS Y SIMBOLOS ELECTRICOS

IV.1. INTRODUCCION.

El propósito inicial de los diversos diagramas eléctricos es -- mostrar el funcionamiento y los diferentes caminos que puede seguir la co rriente en el circuito representado.

Se puede decir que sirven como registro oficial, del equipo diseñado y suministrado para un propósito específico, pudiendo ser utilizado posteriormente como referencia en el equipo que tenga similares especificaciones o funciones. En la fabricación, los diagramas de conexiones o listas de alambado son utilizados por el alambador para hacer las conexiones indicadas.

En pruebas deben usarse los diagramas para checar que el funcio namiento del equipo sea el adecuado.

En la instalación, se deben seguir los diagramas para la interconexión entre las distintas unidades separadas del equipo (gabinetes de control, estaciones de operación, botoneras, interruptores de límite, motores, etc.).

Finalmente los diagramas son utilizados en el campo para servicio, mantenimiento y modificaciones del equipo existente en el caso de ampliaciones.

IV.2. DIAGRAMAS ESQUEMATICOS.-

Muestra todos los circuitos y elementos de los distintos aparatos y equipo auxiliar en una clara y definida función, sin tomar en cuenta la disposición física del equipo y su alambrado, ni considera el aspecto físico del mismo, no requiere de escalas, solamente muestra la parte eléctrica del equipo mediante símbolos, de los cuales se anexa una lista de los más usuales (IV.6), ya que en general no hay normas aceptadas internacionalmente.

En los diagramas esquemáticos se pueden considerar:

IV.2.1. Diagramas de control.

Muestra el circuito enmarcado entre dos líneas, permitiendo examinar la secuencia de operación y control. un ejemplo de este diagrama se muestra en la fig. IV.2.1.

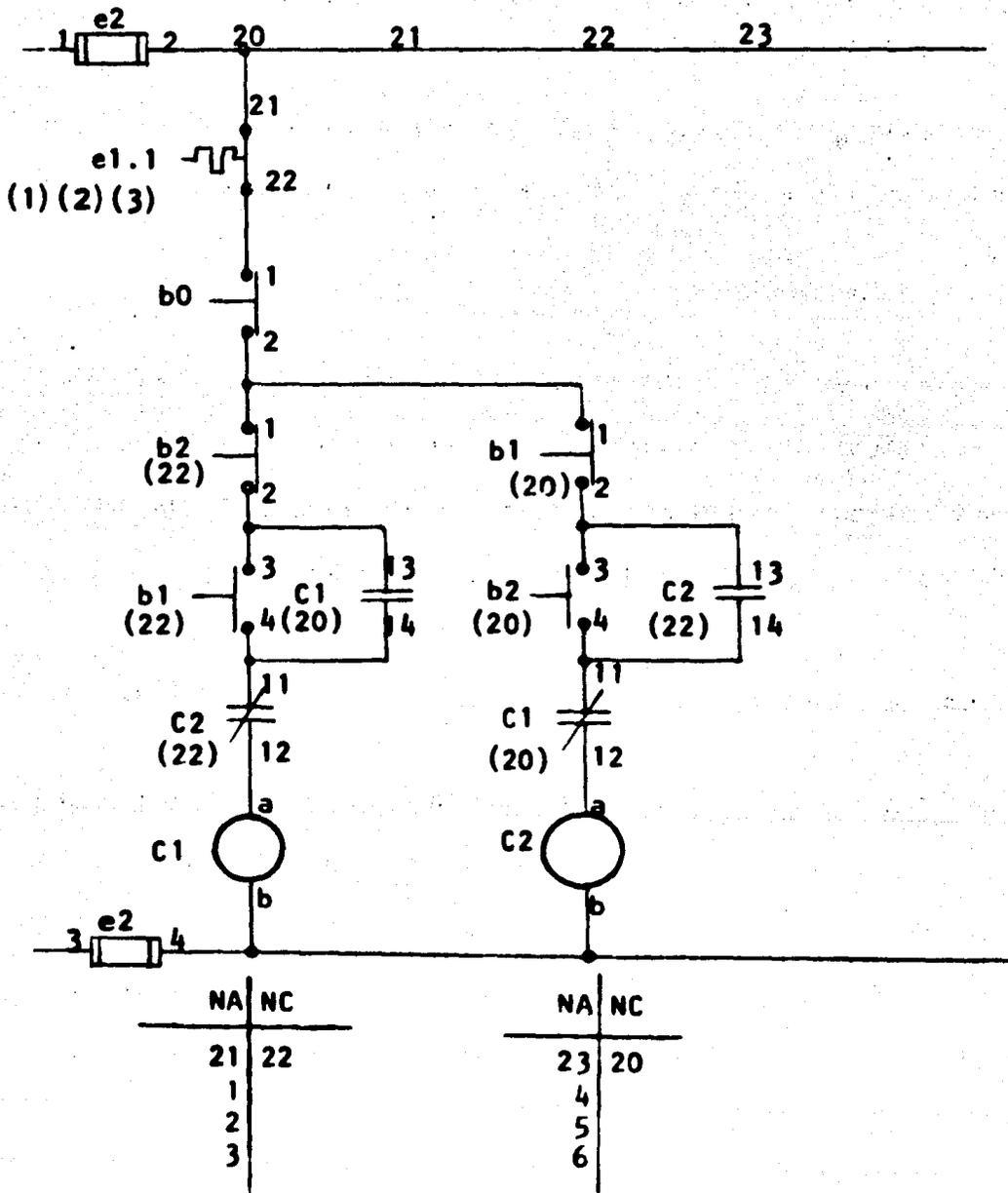


Fig. IV.2.1. Diagrama de control para un motor reversible.

IV.2.2. Diagramas de fuerza.

Generalmente la energía es suministrada en forma trifásica, representándose las conexiones y elementos del equipo en sus tres líneas -- por lo que se les llama diagramas trifilares, figura IV.2.2.

Si el equipo eléctrico y su equipo asociado para una función -- definida se representan por medio de una sola línea, se les llama diagramas unifilares, como se muestra en la figura IV.2.3.

Hay que tomar en cuenta también que cuando la energía es suministrada por circuitos de corriente directa y que son monofásicos, o también en corriente alterna cuando las cargas son pequeñas y se utilizan -- equipos monofásicos se les llama diagramas bifilares.

IV.3. DIAGRAMAS DE ALAMBRADO:

Localizan e identifican el equipo eléctrico, sus terminales y -- el alambrado de interconexión, entre los equipos instalados en el inte-- rior de un tablero, pupitre o caja, sin utilizar escalas pero tomando en cuenta la disposición relativa entre los distintos elementos del equipo -- y se muestra en su vista de frente como los vería el alambrador en el momento de realizar el cableado.

Por ejemplo; en puertas el diagrama de alambrado se muestra según "vista posterior".

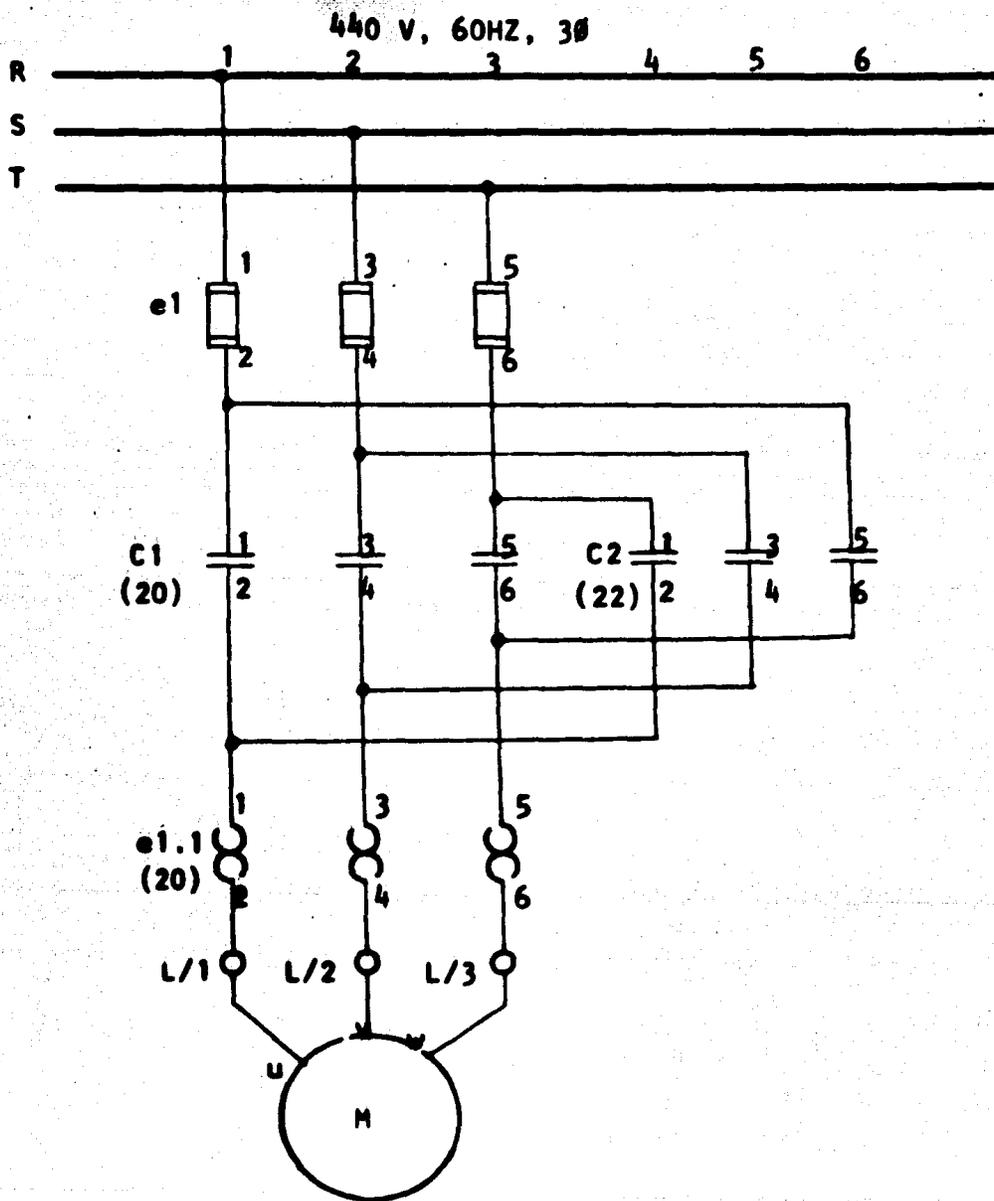


Fig. IV.2.2. Diagrama trifilar de un motor reversibile.

440V, 60HZ, 3Ø

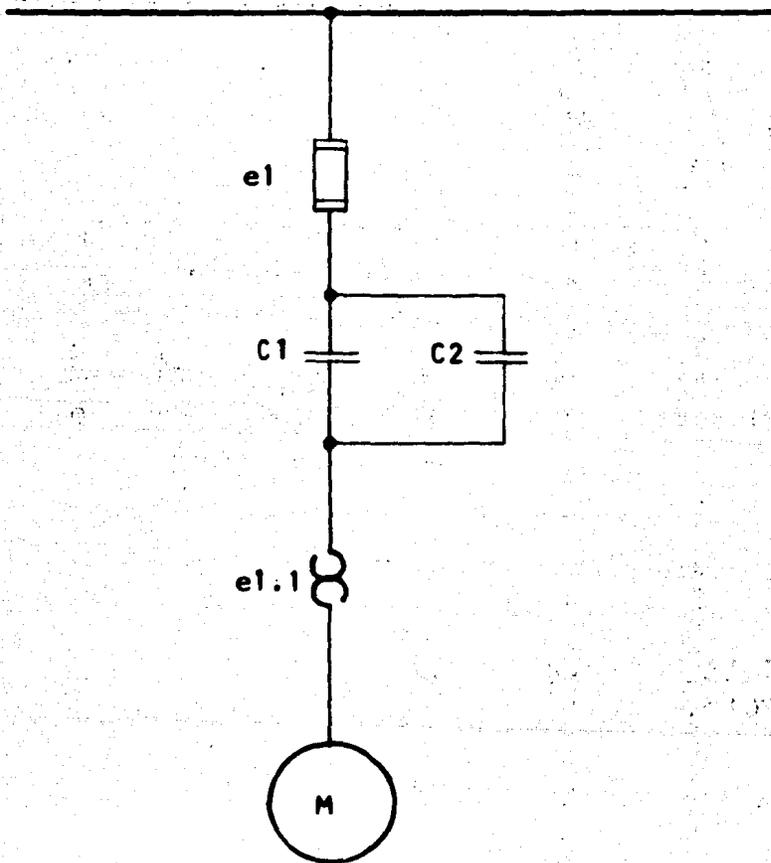


Fig. IV.2.3. Diagrama unifilar de un motor reversible.

Puede elaborarse en forma que muestre los alambres de interconexión o indicando las conexiones por medio de la nomenclatura de las terminales del equipo alambrado, figura IV.3.1.

Es importante mencionar que en ocasiones se elaboran listas -- de alambrado que utilizan la nomenclatura de los aparatos y sus terminales para mostrar el alambrado requerido.

La utilización de los diagramas o las listas de alambrado están en función de la práctica acostumbrada por el fabricante y/o el comprador del equipo.

IV.4. DIAGRAMA DE INTERCONEXION:

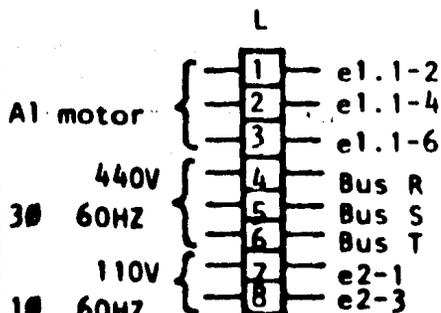
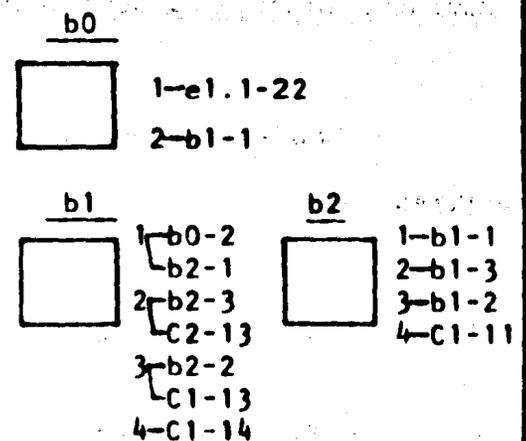
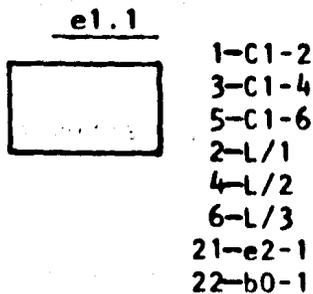
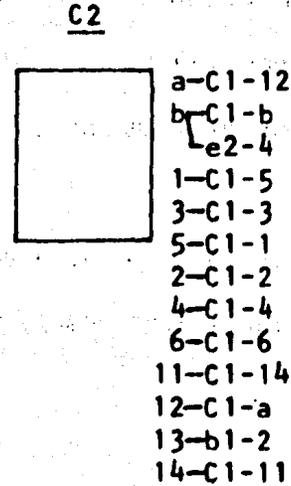
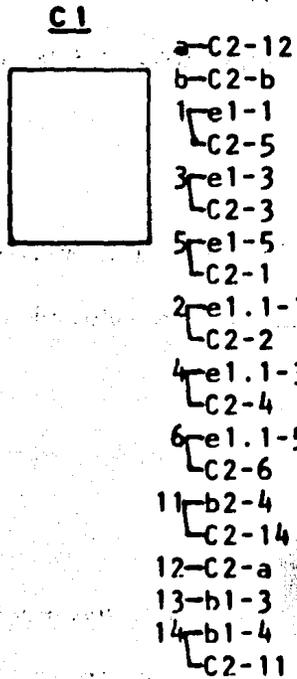
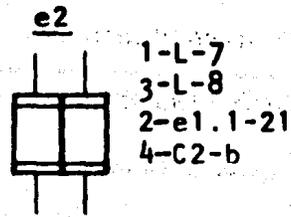
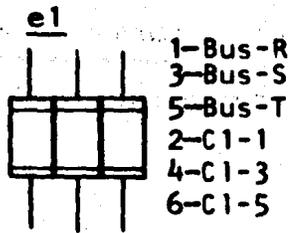
Muestra todas las conexiones externas que deben hacerse en el campo, que generalmente son entre tableros y el equipo de control y señalización y la máquina asociada a ellos.

También pueden ser conexiones entre tableros, entre tableros y pupitres, etc.

IV.5. NOMENCLATURA DE EQUIPO:

Para identificar el equipo involucrado en los diagramas mencionados, se requiere una nomenclatura común.

INTERIOR VISTA FRONTAL.



PUERTA-VISTA
POSTERIOR.

Fig. IV.3.1. Diagrama de alambrado de un motor reversible.

Para diferenciar cada uno de los elementos entre sí, se le agrega un subíndice a la letra utilizada.

La nomenclatura utilizada comunmente es la siguiente:

Letra	Tipo de aparato	Ejemplos
a	Interruptor	Cuchillas, Interruptor de potencia, Seccionador con carga, switches, Interruptores termomagnéticos.
b	Interruptor auxiliar	Conmutadores, Conmutadores maestros, botones, selectores, dispositivos para enchufar.
c	Contactador	Contactores de potencia
d	Contactador auxiliar	Contactores auxiliares, relés auxiliares, relés de tiempo.
e	Protecciones	Fusibles, disparadores con medición, relés de protección, Buchholz, switches centrífugos, apartarrayos.
f	Transformadores de medición.	Transformadores de medición, resistencias y aparatos adicionales para instrumentos de medición y relés, así como elementos resistivos y térmicos para medición.

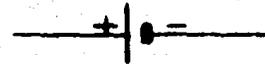
Letra	Tipo de aparato	Ejemplos
g	Aparatos de medición	Medidores de tensión, corriente, potencia, factor de potencia, frecuencia, contadores, tacómetros, etc.
h	Indicadores visuales y audibles	Indicadores luminosos y con señalización, contadores, silbatos, cornetas, y sirenas
k	Condensadores y reactores	Condensadores de todos tipos, bobinas de reactancia y reactores
m	Maquinas y Transformadores.	Generadores, motores, cambiadores de frecuencia, transformadores.
n	Rectificadores y baterías	Rectificadores, acumuladores y elementos galvanicos.
p	Tubos al vacío y amplificadores.	Tubos al vacío, tubos rellenos de gas, amplificadores de tubos, amplificadores magnéticos.
r	Resistencias y reguladores rápidos	Resistencias adicionales, resistencias protectoras, resistencias de arranque, de campo y de freno, arrancadores y reguladores rápidos.
s	Otros aparatos, mecánicos con impulso eléctrico.	Valvulas de operación magnética o eléctrica, embragues magnéticos, grúas con imanes, chucks magnéticos, accionamientos de freno.
u	Dispositivos especiales	Combinaciones de los aparatos a hasta s, como dispositivos de prueba, cargadores, sistemas de mando y

telefónicos, así como todas las partes de un proyecto que no se puedan clasificar de a hasta s.

En proyectos que contienen relativamente poco equipo se puede identificar asignándole abreviaturas según la función que realizan.

IV.6. SIMBOLOS ELECTRICOS.

Bater ía



Capacitor Fijo



Capacitor Variable



Contacto Enchufe Macho



Contacto Enchufe Hembra



Cruce con Conexión



Cruce sin Conexión



Inductancia Fija



Inductancia Variable



Ampérmetro



Voltmetro



Wattmetro



Resistencia Fija



Resistencia Variable



Conexión a Tierra

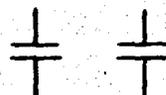


Contactores

Contactador de 1 Polo



Contactador de 2 Polos



Contactos

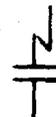
Contacto Normalmente Abierto



Contacto Normalmente Cerrado



Contacto con Bobina de Soplo



Contactos de Tiempo

Normalmente abierto con retardo de tiempo para cerrar



Normalmente cerrado con retardo de tiempo para abrir



Normalmente abierto con retardo de tiempo para abrir



Normalmente cerrado con retardo de tiempo para cerrar.

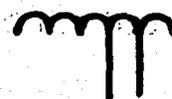


Devanados

Símbolo General



Devanado con Derivación



Elementos de Operación

Elemento Térmico



Elemento Magnético, Solenoide



Bobina

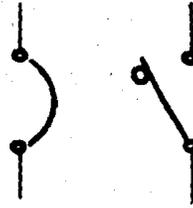


Interrupedores

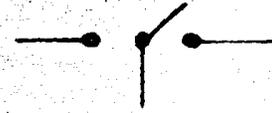
Desconectador



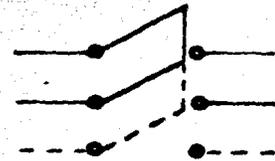
Interrupcion



Desconectador Doble Tiro



Desconectador de Navajas.
(Dos polos, Tres polos, etc)



Interrupcion con elemento térmico de sobrecarga



Interrupcion con elemento magnético de sobrecarga

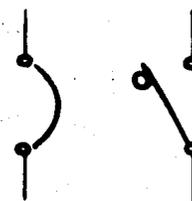


Interruptores

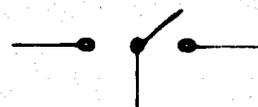
Desconectador



Interruptor



Desconectador Doble Tiro



Desconectador de Navajas.
(Dos polos, Tres polos, etc)



Interruptor con elemento térmico de sobrecarga



Interruptor con elemento magnético de sobrecarga



**Interruptor con elemento magnético y
térmico de sobrecarga**



Interruptor de límite normalmente abierto



Interruptor de límite normalmente cerrado



**Interruptor de límite de contacto cerrado
sostenido**



**Interruptor de límite de contacto abierto
sostenido**



Interruptor de pie normalmente abierto



Interruptor de pie normalmente cerrado



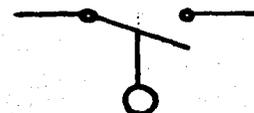
**Interruptor de presión y vacío normalmente
abierto**



Interruptor de presión y vacío normal-
mente cerrado



Interruptor de nivel de líquido normal-
mente abierto



Interruptor de nivel de líquido normal-
mente cerrado



Interruptor termostático normalmente
abierto



Interruptor termostático normalmente
cerrado



Interruptor de flujo normalmente
abierto

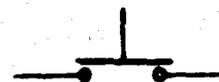


Interruptor de flujo normalmente
cerrado



Botones Pulsadores

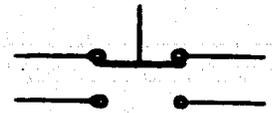
De contacto momentáneo normalmente
abierto



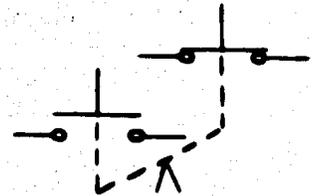
De contacto momentáneo normalmente
cerrado



De doble circuito, un contacto momentáneo normalmente abierto y un contacto momentáneo normalmente cerrado.



De contacto sostenido



Terminales

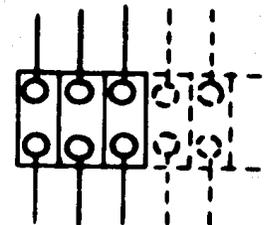
Símbolo General



Tablilla de terminales



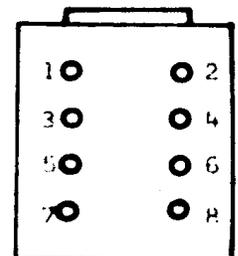
Tablilla de "n" terminales



Secuencia de Operaciones

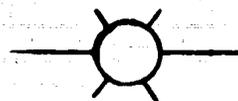
Contactos	Posiciones		
	A	B	C
1 - 2			X
3 - 4	X		
5 - 6		X	
7 - 8	X		

Conmutador.

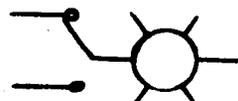


Señales

Lámpara piloto o indicadora



Con contacto de prueba



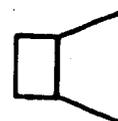
Campana



Zumbador



Bocina



Fusibles

Símbolo general

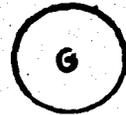


Fusible desconectador



Máquinas Rotativas

Generador



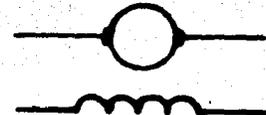
Motor



Máquinas rotativas de escobillas



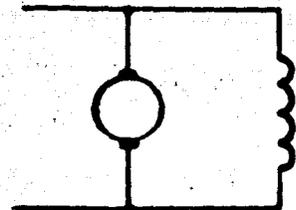
Máquinas rotativas de corriente
directa con excitación independiente



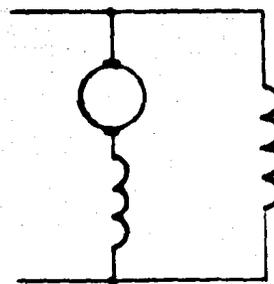
Máquina rotativa de corriente directa
con excitación en serie.



Máquina rotativa de corriente directa
con excitación en derivación.

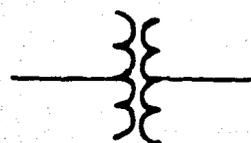


Máquinas rotativas de corriente
directa con excitación compuesta

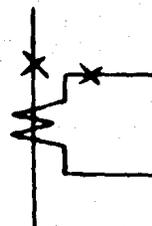


Transformador

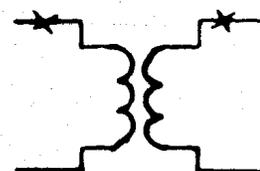
Símbolo general



Transformador de corriente



Transformador de potencial
(x) indicador de polaridad



CAPITULO V
DIAGRAMAS DE SECUENCIA

V-1. INTRODUCCION.

En el diseño lógico de circuitos de control se emplean dispositivos a los que se les permite existir en dos estados posibles solamente. Son varias las designaciones empleadas para cuantificar estos dos estados posibles.

En la tabla V-1 se mencionan algunos de los posibles estados binarios.

En la explicación que a continuación se hace de los elementos--necesarios para diseño lógico, se mencionan, los dos estados posibles de la siguiente forma:

En representación lógica

Señal

No Señal

En circuitos eléctricos:

Para contactos

Cerrado

abierto

Para bobinas

Energizado

desenergizado

Para sensores

Al ir aumentando

Al ir bajando

hasta cierto va-

hasta un cier

lor prefijado o-

to valor pre-

viceversa

fijado o vice

versa.

En representación lógica la dirección de las señales se indica por medio de puntas de flecha que siempre aparecen a la entrada de algún símbolo lógico.

	Uno de los estados	el otro estado.
1	señal	no señal
2	1	0
3	energizado	desenergizado
4	cerrado	abierto
5	cierto	falso
6	alto	bajo
7	arriba	abajo
8	pulso	no pulso
9	excitado	no excitado
10	encendido	apagado
11	sí	no
12	norte	sur
13	izquierda	derecha
14	lleno	vacío
15	actuado	no actuado
16	caliente	frío

Tabla V-1 Terminología de estados binarios.

La señal de salida de un símbolo lógico se puede ramificar a -- uno o varios dispositivos según se requiera.

En la Fig. V.1.1 se aprecia el sentido de las señales y las ramificaciones a la salida de un dispositivo, una de las cuales se nota en D.

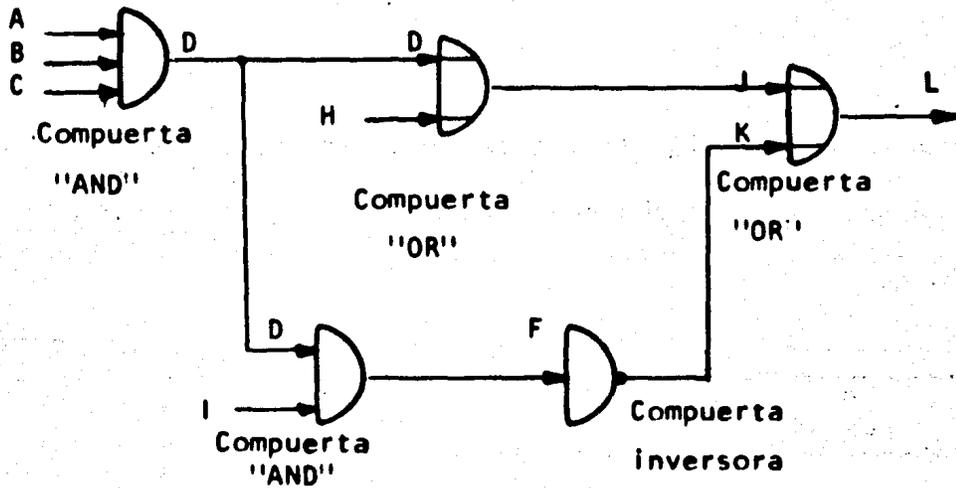


Fig.V-1.1. Diagrama de Secuencia y Bloqueo.

V.2. COMPUERTA AND

Esta compuerta puede tener dos o más señales de entrada y una sola señal de salida, funciona de acuerdo con la siguiente definición. Para que exista señal en la salida de una compuerta AND es necesario que exista señal en todas las entradas, el símbolo es como se muestra en la fig. V-2-1

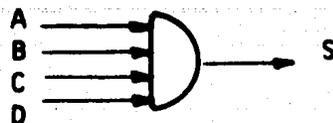


Fig. V.2.1 Representación lógica de compuerta "AND"

Para comprender mejor su funcionamiento se pone a continuación la tabla de verdad, de la compuerta mostrada en la fig. V.2.1.

	A	B	C	D	S
I	0	0	0	0	0
II	1	0	0	0	0
III	0	1	0	0	0
IV	0	0	1	0	0
V	0	0	0	1	0
VI	1	1	0	0	0
VII	1	0	1	0	0
VIII	1	0	0	1	0
IX	0	1	1	0	0
X	0	1	0	1	0
XI	0	0	1	1	0
XII	1	1	1	0	0
XIII	1	1	0	1	0
XIV	1	0	1	1	0
XV	0	1	1	1	0
XVI	1	1	1	1	1

Tabla V-2. Tabla de Verdad de Compuerta "AND"

Descripción paso a paso de la Tabla de Verdad de la Compuerta "AND"

- I.- Cuando no existe señal en ninguna de las entradas no existe señal en la salida.
- II.- Si solamente existe señal en A, la señal de salida no existe.
- III.- En cada caso solo existe una señal de entrada por lo tanto no existe la señal de salida.
- IV.-
- V.-
- VI.- Si existe señal en A y B, la señal de salida no existe.
- VII.- En cada caso solo existen dos señales de entrada por lo tanto la señal de salida no existe.
- XI.-
- XII.- Cuando existe señal en A, B y C, no existe señal de salida.
- XIII.- En cada caso solamente falta una de las señales de entrada por lo tanto no existe señal de salida.
- XV.-
- XVI.- Solamente cuando existe señal en A, B, C y D, existe señal de salida S

De la anterior descripción se deduce que si existen N señales de entrada, solo existirá salida, si y solo si, las N condiciones estan presentes.

Para representar eléctricamente la compuerta AND se usan distintos elementos como resistencias, diodos, transistores, relevadores, etc.

En el desarrollo de nuestro proyecto consideraremos las señales de entrada como contactos de otros relevadores, botones, sensores de posición, voltaje, corriente, nivel, temperatura, presión, velocidad, gasto, peso, luminosidad, etc.

El circuito eléctrico a base de relevadores de una compuerta AND es una bobina conectada en serie con un conjunto de contactos y/o botones conectados en serie, que representan las señales de estado existentes, -- tal como se muestra en la fig. V-2.2.

Al energizarse la bobina, cierra o abre sus propios contactos - lo cual proporciona la señal de salida indicada como lámpara.

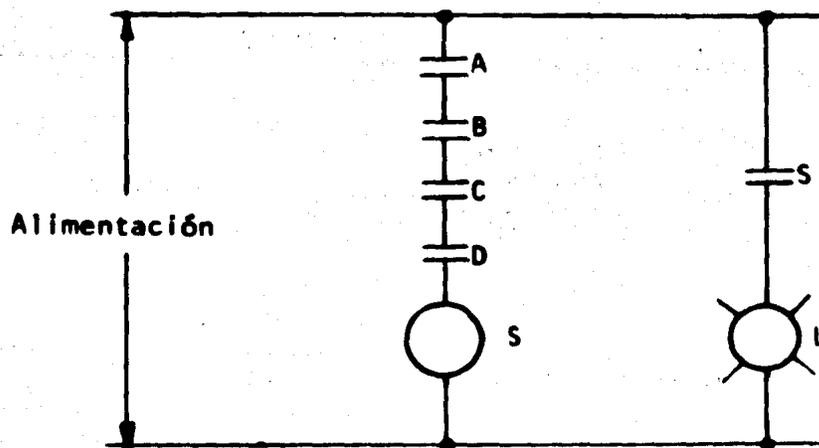


Fig. V-2.2 Circuito eléctrico que representa a la compuerta "AND".

El circuito funciona de la siguiente forma; Cuando los contactos A, B, C y D cierran simultáneamente, se energiza la bobina S cambiando el estado de su contacto S, de normalmente abierto a cerrado, encendiendo la lámpara L.

Cuando alguno de los contactos que estan conectados en serie con la bobina S abre, esta se desenergiza regresando su contacto S a la posición inicial, apagando la lámpara L.

V.3. COMPUERTA 'OR'

Esta compuerta puede tener dos o más señales de entrada y una sola señal de salida, funciona de acuerdo con la siguiente definición: para que exista señal de salida de una compuerta OR es necesario que exista cuando menos una de las señales de entrada.

Su símbolo lógico se muestra en la Fig. V-3.1.

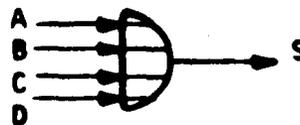


Fig V-3.1. Representación lógica de compuerta 'OR'.

Para comprender mejor el funcionamiento de la compuerta OR se -

muestra a continuación su tabla de verdad.

	A	B	C	D	S
I	0	0	0	0	0
II	1	0	0	0	1
III	0	1	0	0	1
IV	0	0	1	0	1
V	0	0	0	1	1
VI	1	1	0	0	1
VII	1	0	1	0	1
VIII	1	0	0	1	1
IX	0	1	1	0	1
X	0	1	0	1	1
XI	0	0	1	1	1
XII	1	1	1	0	1
XIII	1	1	0	1	1
XIV	1	0	1	1	1
XV	0	1	1	1	1
XVI	1	1	1	1	1

TablaV-3. Tabla de verdad de compuerta "OR"

Explicación de la tabla de verdad de la compuerta "OR"

- I.- Cuando no existe ninguna de las señales de entrada no existe señal de salida.
- II.- En cada caso solamente existe una de las señales de entrada, razón suficiente para que exista señal de salida.
- III.- En cada caso solamente existen dos señales de entrada por lo tanto existe señal en la salida.
- IV.- En cada caso existen tres señales de entrada por lo tanto existe señal en la salida.
- V.- Existe señal en A, B, C y D, también existe señal en la salida.

De la anterior explicación se concluye que para una compuerta OR de N señales de entrada, bastará que cualquiera de ellas este presente para que exista señal de salida.

Para representar eléctricamente una compuerta OR se usan distintos elementos como resistencias, diodos, transistores, relevadores, etc.

El circuito eléctrico a base de relevadores de una compuerta OR es una bobina conectada en serie con un conjunto de contactos y/o botones conectados en paralelo, lo cual se muestra en la Fig. V-3.2.

Al energizarse la bobina cierra o abre sus contactos, lo cual -

proporciona la señal de salida S.

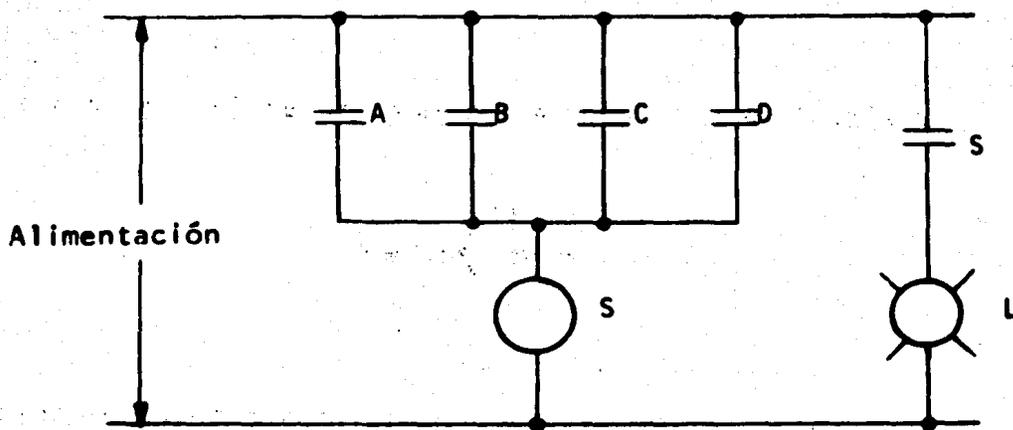


Fig. V.3.2. Circuito eléctrico que representa a la compuerta "OR"

Como se puede observar en la Fig. V.3.2. los contactos se encuentran en paralelo, siendo suficiente que uno de ellos cierre para que se energice la bobina S, lo cual cambia el estado de su contacto de normalmente abierto a cerrado, encendiendo la lámpara L.

V.4. COMPUERTA DE NEGACION.

La compuerta de negación tiene una sola señal de entrada y una sola señal de salida, lleva a cabo la operación de negación lógica de acuerdo con la siguiente definición:

La compuerta de negación tiene señal de salida si y solamente si, no existe señal de entrada.

Y no tiene señal de salida si y solamente si, existe señal de entrada.

Su símbolo lógico es como se muestra en la Fig. V-4.1.



Fig. V-4.1. Símbolo Lógico de la Compuerta de Negación.

Su tabla de verdad es como se muestra en la Tabla V-4

	E	S
I	0	1
II	1	0

Tabla V-4. Tabla de Verdad de la Compuerta de Negación.

Análisis de la tabla de verdad de la compuerta de negación.

- I.- Cuando no existe señal de entrada, existe señal en la salida.
- II.- Cuando existe señal de entrada, no existe señal de salida.

El circuito eléctrico a base de relevadores, del inversor es --

una bobina conectada en serie con un contacto (señal de entrada) y que al energizarse cierra o abre sus contactos lo cual proporciona la señal de salida, como se muestra en la Fig.V-4.2

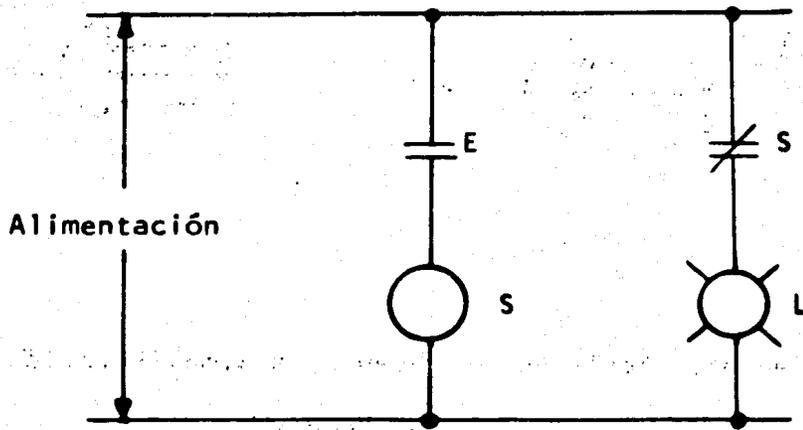


Fig. V-4.2 Circuito eléctrico que representa a la compuerta de negación.

El circuito funciona de la siguiente forma:

Estando inicialmente sin señal la bobina S, se encuentra desenergizada, y la lámpara L encendida, por el contacto cerrado de S, cuando hay entrada el contacto E cierra, energiza la bobina S, la cual cambia la condición de estado de su contacto S de normalmente cerrado a abierto-apagándose la lámpara L.

En representación lógica, la compuerta de negación se puede simplificar, sustituyendo su símbolo lógico por un punto, que se coloca a la

entrada de la compuerta o compuertas a las cuales se aplica la señal de negación, tal como se muestra en la Fig.V-4.3.

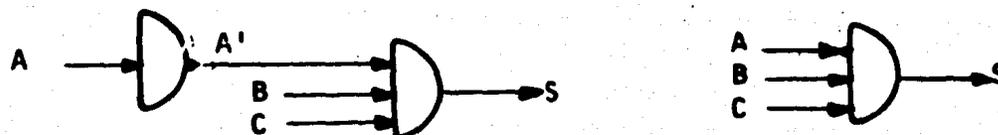


Fig. V-4.3 Diagramas Equivalentes Usando la Simplificación de la Compuerta de Negación.

V.5 MEMORIA.-

En la memoria se tienen dos entradas y dos salidas, estas salidas siempre son opuestas y se mantienen a través del tiempo, aún cuando no exista ninguna de las señales de entrada. Debido a la interrelación existente entre las señales de entrada y salida y su estado de salida anterior.

Su representación lógica se muestra en la Fig. V-5.1.

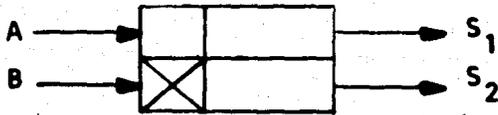


Fig. V-5.1 Representación Lógica de la Memoria.

Para comprender el funcionamiento de la memoria se pone a continuación su tabla de verdad y una explicación de la misma.

	A	B	S1	S2
I	0	0	0	1
II	0	0	0	1
III	0	1	0	1
IV	0	0	0	1
V	1	0	1	0
VI	0	0	1	0
VII	1	0	1	0
VIII	0	1	0	1
IX	0	0	0	1
X	0	1	0	1
XI	1	0	1	0
XII	0	0	1	0
XIII	1	1	0	1
XIV	0	0	0	1

Tabla V-5 Tabla de Verdad de la Memoria.

Observando cada una de las posibilidades de señales de entrada y salida y siguiendo la secuencia adoptada en la tabla de verdad se hace el siguiente análisis.

- I.- Cuando no ha existido ninguna de las señales de entrada, se tiene señal en la salida S2.
- II.- Indica que se mantiene dicha señal a través del tiempo.
- III.- Si existe señal en B, se mantiene la señal en S2, lo cual nos indica que B y S2 están directamente ligadas.
- IV.- Si desaparece la señal en B, la salida S2, se mantiene a través del tiempo.
- V.- Si tenemos señal en A con las condiciones anteriores, borra la señal S2 y proporciona señal en S1, lo cual indica que A y S1 están ligados interiormente.
- VI.- Al desaparecer la señal A, la señal en S1 se mantiene a través del tiempo.
- VII.- Estando en la condición VI, al presentarse la señal en A, no cambia la condición de salida.
- VIII.- Si se tiene señal en B borra la señal en S1 y nuevamente se tendrá la señal S2.

- IX.- Al desaparecer la señal B la señal S2 se mantiene a través del tiempo.
- X.- Estando en la condición, al presentarse la señal en B, no cambia la condición de salida.
- XI.- El funcionamiento es similar a los puntos V y VI por lo cual se concluye que basta una entrada instantánea, cualquiera de ellas, y
- XII.- para que se produzca un cambio en las salidas, permaneciendo una de las señales de salida, que dependen de la última señal de entrada que recibió la memoria.
- XIII.- En caso de existir simultáneamente las señales A y B, la señal de salida predominante es S2 que como se había visto esta directamente ligada con B, concluyendo que la señal B, predomina sobre la señal A.
- XIV.- Nuevamente al no existir ninguna de las señales A y B, se mantiene la señal perteneciente a la condición anterior.

Del anterior análisis podemos concluir que en ningún instante existen simultáneamente las dos salidas S1, y S2, por lo que se puede considerar que una es la negación de la otra.

El circuito eléctrico a base de relevadores de la memoria es como se muestra en la figura.V-5.2.

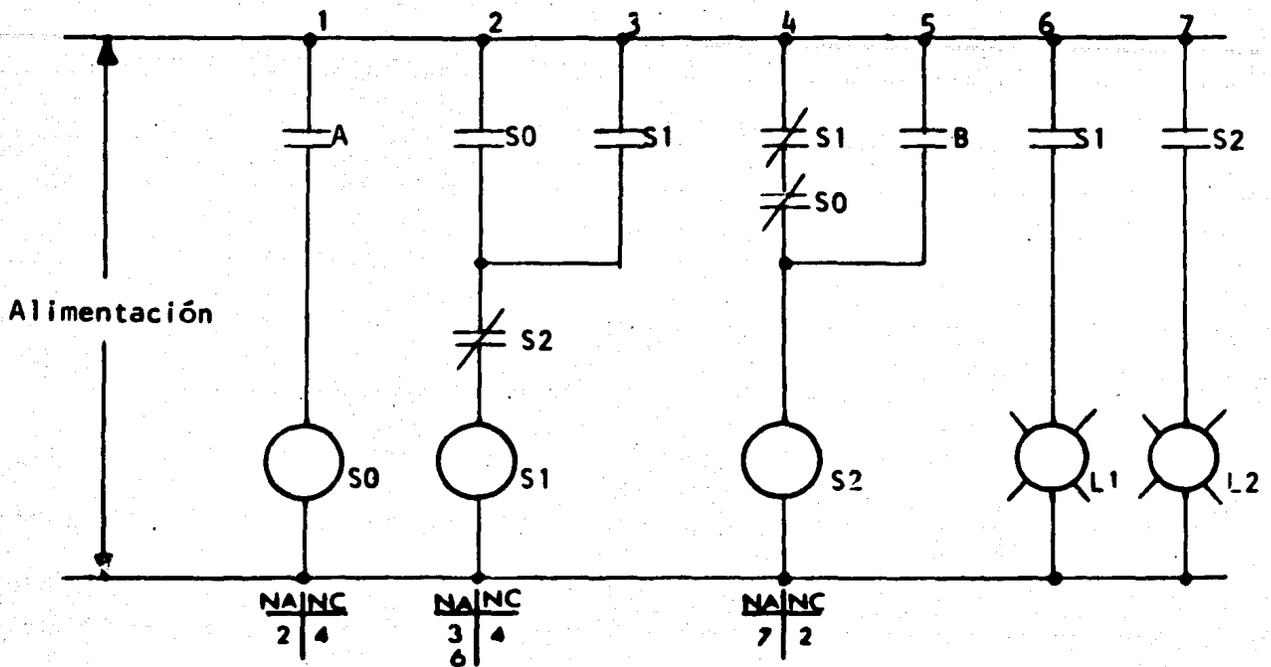


Fig. V-5.2 Circuito eléctrico que representa a la memoria.

Debido a que el circuito de la figura V-5.2., es más elaborado que los anteriores, se usarán coordenadas y se referirán los contactos -- accionados por cada bobina, de acuerdo a su localización en las coordenadas, indicando su característica en la parte inferior de la bobina a que pertenecen ya sea normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC).

El diagrama se analizará siguiendo la tabla de verdad y considerando lo siguiente:

- 1.- El contacto A que aparece en la coordenada (1) pertenece a una señal A.

- 2.- El contacto B que aparece en la coordenada (5) pertenece a una señal B.
 - 3.- En el circuito las condiciones de salida S1 quedan representadas con la lámpara L1 y L2 representa la salida de S2.
-
- I.- Cuando no ha existido ninguna señal, la bobina S2 está energizada en (4), a través de los contactos S1 y S0, y por el contacto S2 en (7) se enciende la lámpara L2.
 - II.- Con las condiciones anteriores la bobina S2 se mantiene energizada a través del tiempo y el contacto S2 en (7) mantiene encendida a la lámpara L2.
 - III.- Al existir la señal B, se cierra el contacto B en (5), por éste se establece un segundo circuito para energizar la bobina S2, - manteniéndose las condiciones del punto II.
 - IV.- En caso de que cese la señal B se mantendrán las mismas condiciones del punto I.
 - V.- Al aplicar la señal A, cierra el contacto A en (1) energizándose la bobina S0, que cierra el contacto S0 en (2) y abre el contacto S0 en (4) que desenergiza la bobina S2, la cual abre su contacto S2 en (7) apagando la lámpara L2, y cierra S2 en (2) - energizando la bobina de S1 por los contactos S0 y S2, por lo que cierra el contacto S1 en (6) encendiendo L1 y cierra el con

tacto S1 en (3) estableciendo un circuito para mantenerse energizada, el cual se denomina sello de la bobina S1.

- VI.- Al desaparecer la señal A el circuito se mantiene en las mismas condiciones que en el punto V, debido a que la bobina S1 quedó sellada a través de S1 en (3).
- VII.- Al aplicar nuevamente la señal A, el circuito se mantiene en las condiciones del punto V.
- VIII.- En las condiciones anteriores se recibe la señal B, cierra el contacto B en (5) energizándose la bobina S2 que cierra su contacto S2 en (7), encendiéndose la lámpara L2 y abre su contacto S2 en (2) que desenergiza la bobina S1, la cual abre su contacto S1 en (6) apagándose la lámpara L1.
- IX.- Al desaparecer la señal B, el circuito se mantendrá en las condiciones del punto I.
- X.- Al recibir nuevamente la señal B, el circuito se mantendrá en las anteriores condiciones.
- XI.- Al recibir la señal A, se repetirán las mismas condiciones que en el punto V.
- XII.- Al desaparecer la señal A, se tendrán condiciones análogas a las del punto VI.

XIII.- Al recibir simultáneamente las señales A y B, se cierra el contacto en (1) energizando la bobina S0 que cierra S0 en (2) y abre S0 en (4), se cierra el contacto B en (5) energizandose la bobina S2 que cierra su contacto S2 en (7) encendiendo la lámpara L2, y abre su contacto S2 en (2) por lo que la bobina S1 no se puede energizar

XIV.- Al desaparecer las señales A y B se tendrán las mismas condiciones que en el punto I.

El circuito de la fig. V.5.2, puede modificarse con el fin de simplificarlo y al mismo tiempo utilizar menos elementos de control sin que deje de cumplir con la definición.

Modificación A.- La bobina S2 en (4) tiene un contacto NC en (2) y un NA en (7), esta bobina se puede eliminar si se sustituye su contacto en (7) por los contactos a través de los cuales se energiza S2.

En la fig. V.5.3. se muestra el circuito a través del cual se energiza S2 y sus contactos.

El contacto NA se sustituye directamente por los contactos que necesita S2 para energizarse, como se indica en la fig. V.5.4.

Los contactos NC de S2 necesitan de la siguiente transformación mostrada en la fig. V.5.5. Los contactos en serie de S0 y S1 en (4) se cambian de NC a NA y se colocan ahora en paralelo, conectándose en serie con el contacto de B que antes estaba en paralelo y pasándolo de NA a NC.

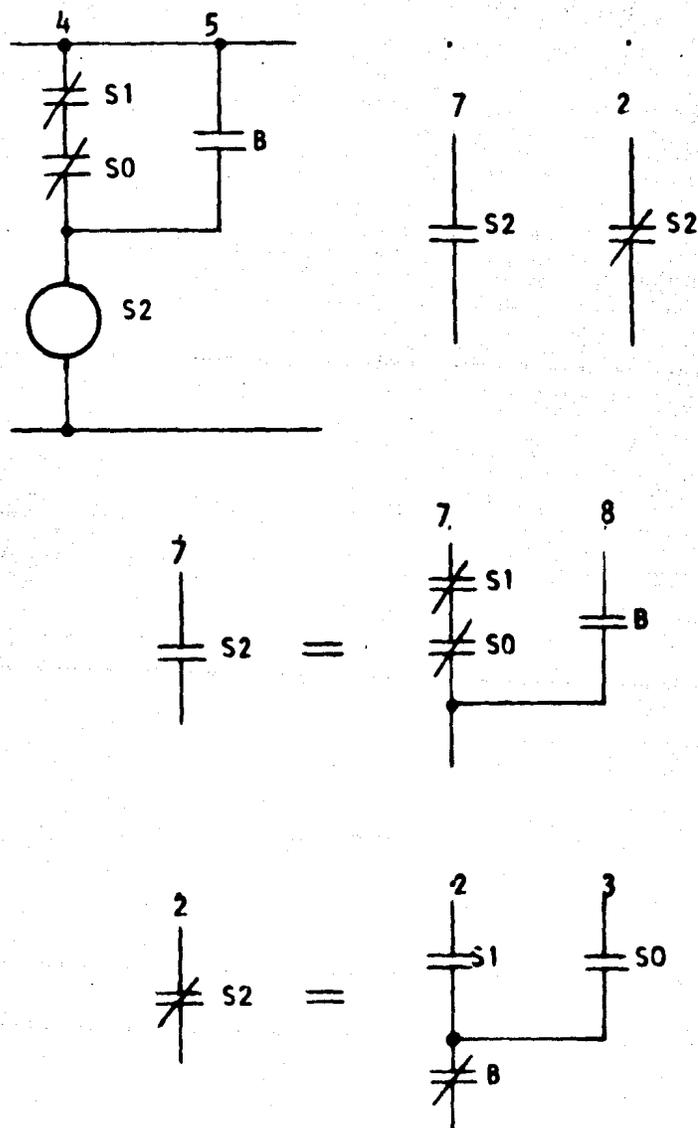


Fig. V.5.3. Circuito de S2 y sus contactos a modificar
 V.5.4. Circuito equivalente del contacto NA de S2
 V.5.5. Circuito equivalente del contacto NC de S2

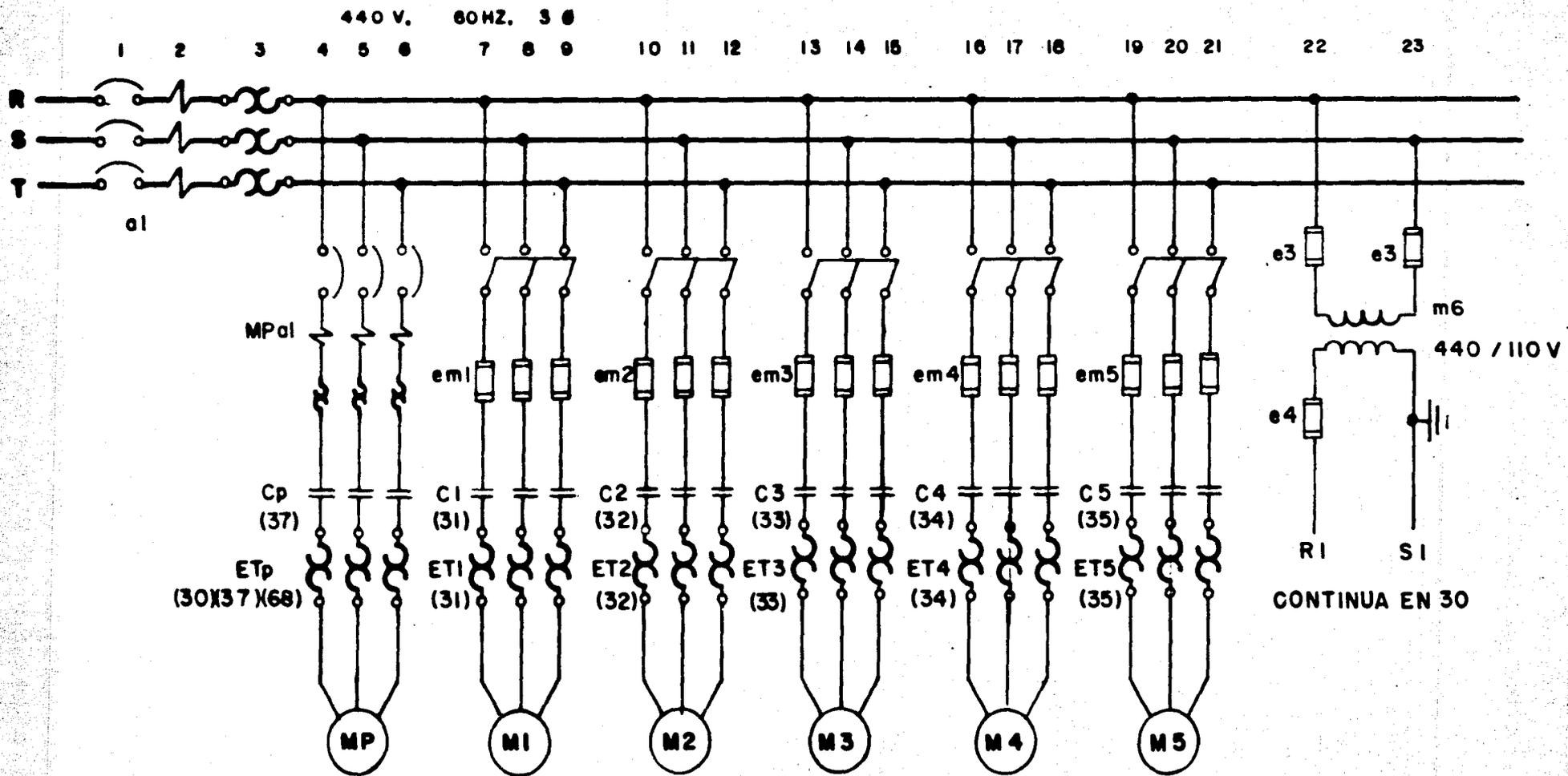


FIG. VI. 23. DIAGRAMA DE FUERZA.

CONTINUA EN 30

Se comprobará que es correcto sustituir los contactos NC de S2 por el circuito mostrado en la fig. V.5.5.

En el circuito de V.5.3. cuando los contactos de S1 y S0 estan en reposo (NC) la bobina S2 esta energizada y el contacto S2 (NC) esta - abierto, lo mismo sucede con el circuito equivalente Fig. V.5.3. al estar S1 y S2 en reposo no se cierra el circuito. Si el contacto de B en (5) de V.5.3 se cierra, mantiene las mismas condiciones S2 energizada y el circuito equivalente de S2 se mantiene abierto. Cuando en el circuito - de V.5.3. abre cualquiera de los contactos S1 y S2 y no cierra B se desenergiza la bobina de S2, volviendo su contacto de S2 a NC, en el circuito equivalente al cerrar cualquiera de S1 o S2 sin que abra B, continúa el circuito con lo cual se demuestra que es el circuito equivalente.

Después de estas modificaciones el circuito queda como se muestra en la fig. V.5.6.; Comparándolo con el circuito de la fig. V.5.2, en este el relevador S1 tiene tres contactos, dos NA en (3 y 6) y uno NC - en (4) y en la fig. V.5.6. aumentó a cuatro, pero esto no es problema, -- pues es de diseño normal tener relevadores hasta con 10 contactos.

En la fig. V.5.6., en las coordenadas (2) y (3) se puede eliminar uno de los contactos tanto de S0 como de S1 ya que estan en serie y - el circuito queda como se muestra en la fig. V.5.7.

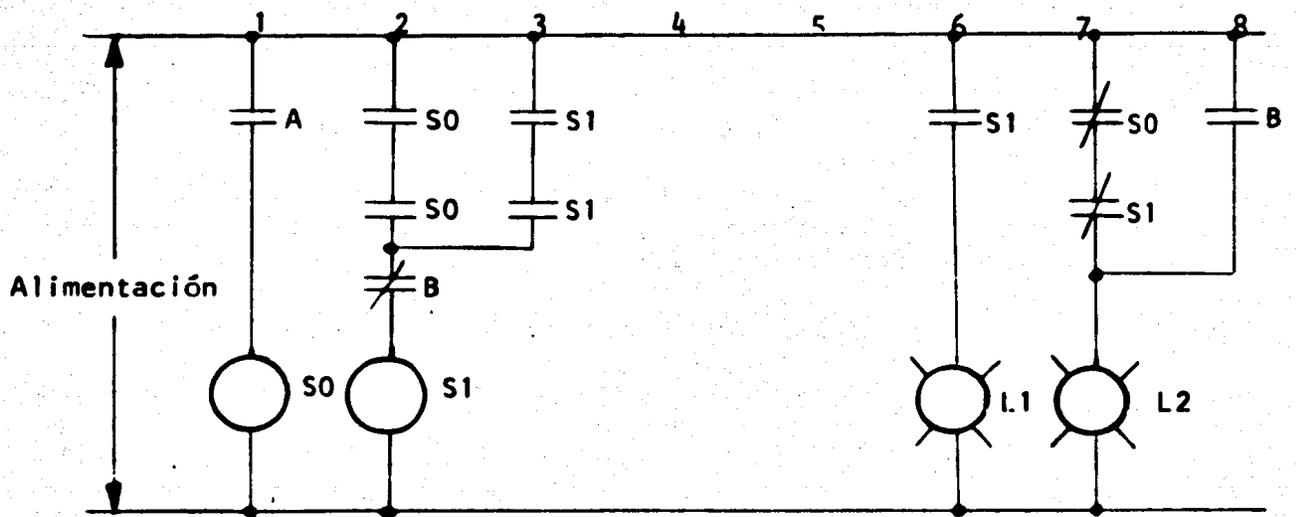


Fig. V.5.6. Memoria después de la modificación A (parcial) del relevador S2

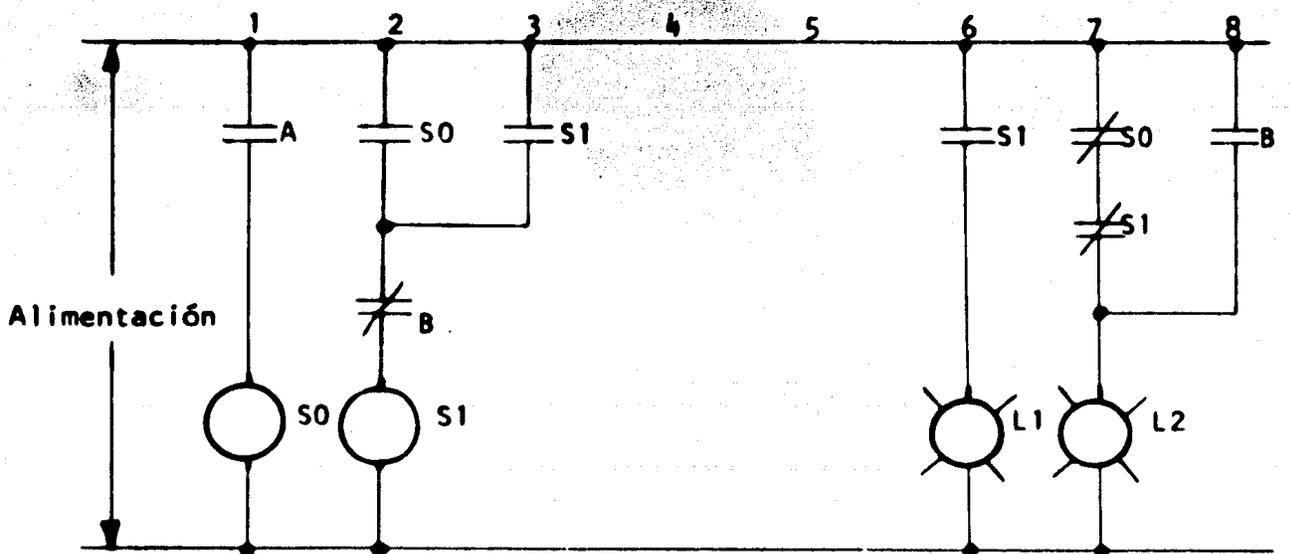


Fig. V.5.7. Memoria después de la modificación A completa.

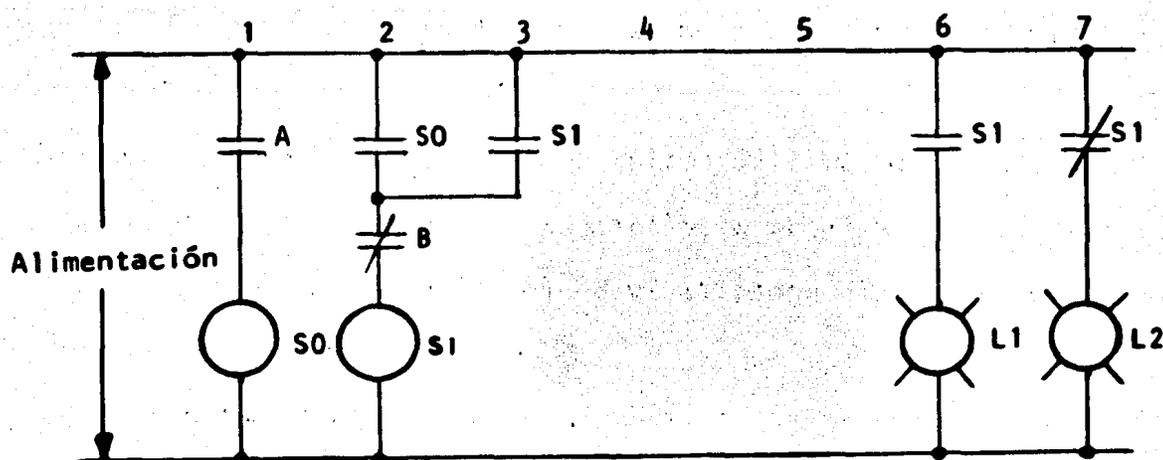


Fig. V.5.8. Circuito eléctrico que representa a la memoria después de las modificaciones B y C.

Modificación B.- El contacto SO en (7) de la figura V.5.7. se puede eliminar, si consideramos que al existir la señal A, se cierra el contacto A en (1) que energiza la bobina SO, la cual cierra su contacto SO en (2) y abre SO en (7), al cerrar SO en (2) queda en serie con B y se energiza la bobina S1 que abre su contacto S1 en (7) teniéndose en ese instante dos contactos abiertos, pudiendo así eliminar el contacto SO.

Modificación C.- El contacto B en (8) de la figura V.5.7., se simplifica considerando que al existir señal en B abre el contacto B en (2), desenergizando la bobina S1 con lo cual el contacto S1 en (7) cierra y queda en paralelo con el contacto B cerrado en (8), encendiendo la lámpara L2, como se tiene ambos contactos cerrados en el mismo instante se pue

de eliminar uno de ellos, que en nuestro caso será el contacto B, quedando el circuito como se muestra en la fig. V.5.8.

Modificación D.- La bobina S0 en (1) tiene un sólo contacto S0 en (2), esta bobina se puede eliminar sustituyendo su contacto S0 por un contacto A que es el que energiza la bobina S0 en (1).

Con las anteriores modificaciones nos queda finalmente el circuito mostrado en la fig. V.5.9.

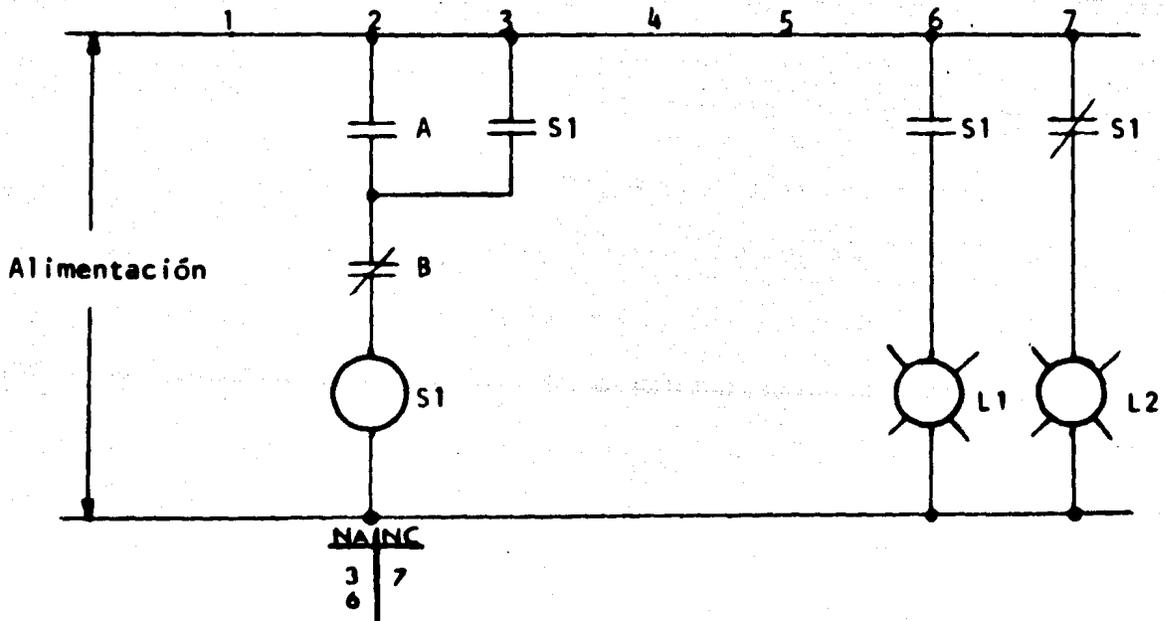


Fig. V.5.9. Circuito eléctrico que representa a la memoria después de -- las modificaciones para simplificarlo.

En el circuito anterior las condiciones de la salida S1 quedan-

representadas con L1 y L2 representa la salida S2.

Aplicando cada uno de los pasos de la tabla de verdad al circuito de la figura V.5.9., se comprobará que las modificaciones hechas conservan la definición y funcionamiento de la memoria.

- I.- Cuando no ha existido ninguna de las señales de entrada, se encuentra encendida la lámpara L2 por el contacto S1 en (7).
- II.- A través del tiempo se mantienen las condiciones anteriores, -- con S1 en (7) que mantiene a L2 encendida.
- III.- Al existir señal en B, abre el contacto B en (2), manteniéndose las condiciones del punto II.
- IV.- En caso de que cese la señal B, se mantienen las mismas condiciones y la lámpara L2 permanece encendida.
- V.- Al aplicar señal en A, cierra el contacto A en (2) energizando la bobina S1 en serie con el contacto B, de la señal B, la bobina S1 abre el contacto S1 en (7) apagando la lámpara L2, y cierra otro contacto S1 en (6) que enciende la lámpara L1, y por el contacto S1 en (3) se sella la bobina S1.
- VI.- Al desaparecer la señal A, el circuito se mantiene en las mismas condiciones por el sello de la bobina S1, a través del con-

tacto S1 en (3) en serie con el contacto B en (2) de la señal B.

- VII.- Al aplicar nuevamente la señal A, el circuito se mantiene en -- las condiciones del punto V.
- VIII.- En las condiciones anteriores, se recibe la señal B, abriendo -- su contacto B en (2), desenergizando la bobina S1 que abre el -- contacto S1 en (6) apagando la lámpara L1 y cierra S1 en (7) -- encendiendo la lámpara L2 en (7).
- IX.- Al desaparecer la señal B, el circuito se mantiene en las mis-- mas condiciones que en el punto I.
- X.- Al recibir nuevamente la señal B, el circuito se mantiene en -- las condiciones anteriores.
- XI.- Al recibir la señal A, se repetirán las mismas condiciones que -- en el punto V.
- XII.- Al desaparecer la señal A, se repetirán las mismas condiciones -- del punto VI.
- XIII.- Al recibir simultáneamente las señales A y B, cierra el contac-- to A en (2) y abre el contacto B en (2), por lo cual no se ener-- giza la bobina S1, encendiendo la lámpara L2 y apagando la lám-- para L1.

XIV.- Al desaparecer las señales A y B se tendrán las mismas condiciones que en el punto I.

Cabe observar que este circuito no es 100% correcto pues estando en cualquiera de los puntos V, VI, VII, XI, y XII, en los que se mantiene el relevador S1 sellado, y en consecuencia la lámpara L1 encendida, -- si se interrumpiera la energía eléctrica del circuito, se regresa a la -- condición I. Por lo que en el caso de interrupción de energía eléctrica -- podría considerarse como una señal B.

V.6.- COMPUERTAS CON RESPUESTA DIFERIDA EN EL TIEMPO.

Estas pueden ser de dos tipos:

- 1.- Compuerta de tiempo para responder.
- 2.- Compuerta con memoria transitoria o momentánea.

Compuerta de tiempo para responder:

Esta compuerta requiere que se cumpla la condición de entrada -- por un cierto tiempo antes de emitir una salida.

El funcionamiento de esta compuerta se visualiza mejor si se -- usan entradas de diferente duración, considerando a ΔT , el tiempo necesario y suficiente para que exista salida, como se muestra en la figura -- V.6.1 y complementándola con la tabla de verdad número V.6, para lograr --

una explicación detallada:

- a) Cuando la duración de la entrada es menor al tiempo ΔT , no emite salida.
- b) Si la duración de la entrada es mayor que ΔT , en un tiempo pequeño, alcanza a emitir salida, la cual tiene una duración -- igual a ese pequeño tiempo.
- c) Si la duración de la entrada es aún mayor, emite salida hasta - que deja de existir entrada.
- d) Si el tiempo de duración de la entrada se mantiene indefinidamente, emite salida, cumplido el tiempo ΔT , y después esta salida se prolonga también indefinidamente, cesando en el momento - que cese la señal de entrada.
- e) Si existen dos entradas pero en ambas su tiempo de duración es mayor que ΔT , en los dos casos emite salida después de cumplido ΔT hasta la terminación de D1 o D2.

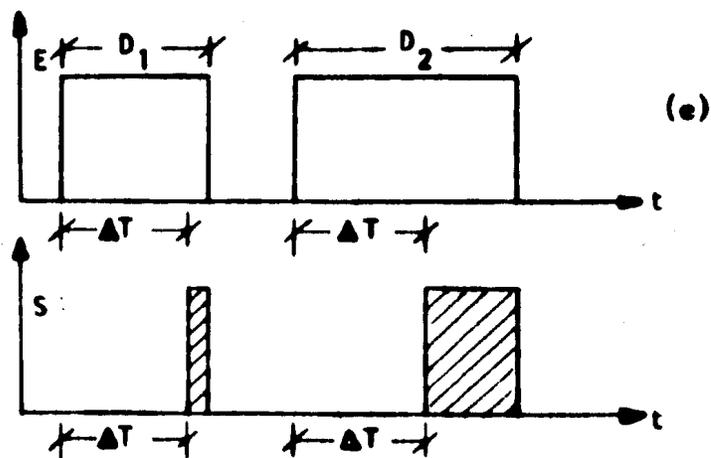
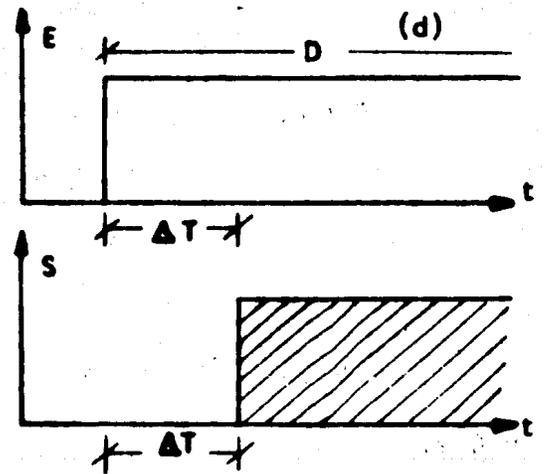
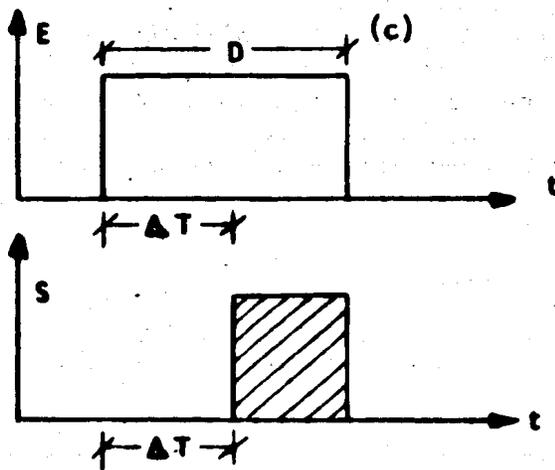
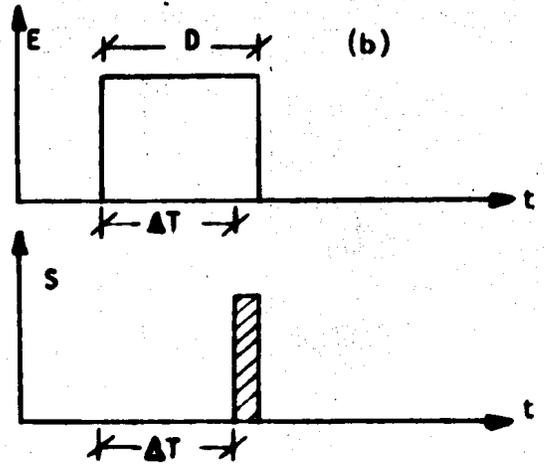
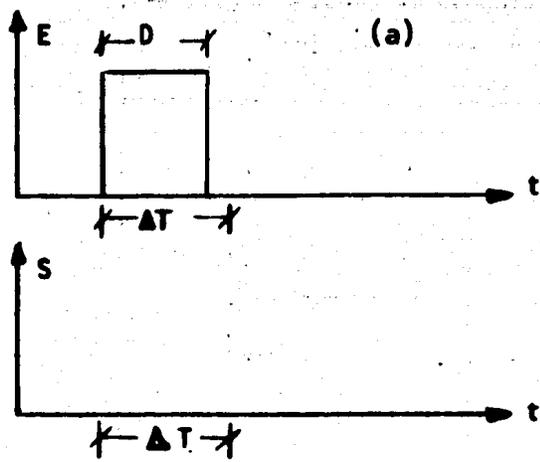


Fig. V.6.1 Diferentes tipos de entrada de la compuerta de tiempo para responder.

Tipo Entrada	Duración Entrada	Entrada	Salida Retardada	Duración Salida.
a	$D < \Delta T$	1	0	0
b	$D > \Delta T$	1	1	$D - \Delta T$
c	$D > \Delta T$	1	1	$D - \Delta T$
d	$D \gg \Delta T$	1	1	$D - \Delta T$
e	$D_1 \text{ y } D_2 > \Delta T$	1	1	$D_1 - \Delta T \text{ y } D_2 - \Delta T$

Tabla V.6. Tabla de verdad de la compuerta de tiempo para responder, con diferentes entradas.

Y el símbolo lógico de esta compuerta se muestra en la fig. --

V.6.2.

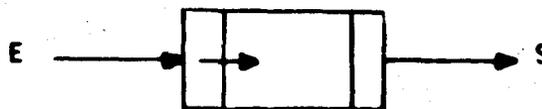


Fig. V.6:2 Símbolo lógico de la compuerta de tiempo para responder.

La representación eléctrica de la compuerta de tiempo para res

ponder se muestra en la fig. V.6.3, dicho elemento es un relevador de --- tiempo al energizarse (on - delay).

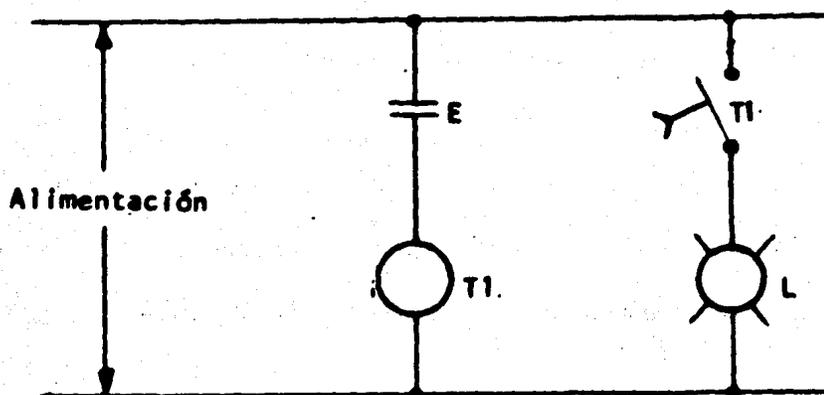


Fig.V.6.3. Circuito eléctrico que representa a la compuerta de tiempo -- para responder.

Funciona de la siguiente manera;

Cuando el contacto "E" cierra, se energiza la bobina T1, la - - cual por medios electromecánicos retarda el cierre de su contacto cierto- tiempo para el cual se ha diseñado, pasado ese intervalo de tiempo cierra su contacto T1, encendiéndose la lámpara L. Si el contacto "E" abre, la - bobina T1 se desenergiza y abre su contacto instantáneamente, apagándose la lámpara L.

Compuerta con memoria transitoria.

Esta compuerta proporciona salida en cuanto tiene señal de entrada; pero mantiene su señal de salida por un tiempo a pesar de que se hayan dejado de cumplir las condiciones de entrada.

Si ΔT es el tiempo, a partir del momento en que cesa la entrada hasta que deja de emitir salida, usando entradas de diferente duración, se explica su funcionamiento en base a la fig. V.6.4. y a la tabla de verdad número V.7.

- a) En este caso al no existir entrada, no emite salida.
- b) Cuando la entrada es un impulso emite salida durante el impulso y la mantiene un tiempo ΔT después de cesar el impulso.
- c) Cuando la entrada es de mayor duración emite salida durante el tiempo que dura la entrada y la mantiene un tiempo ΔT después de cesar la señal de entrada.
- d) Si hay dos entradas E_1 y E_2 , separados con un tiempo I (interrupción), menor al tiempo ΔT , emite salida desde que se presenta E_1 , hasta un tiempo ΔT después que cesó E_2 . Durante el tiempo I la salida se mantiene por las características propias de la compuerta, al presentarse E_2 la compuerta regresa a sus condiciones iniciales por eso cuando E_2 cesa, mantiene la señal de salida durante el tiempo ΔT .

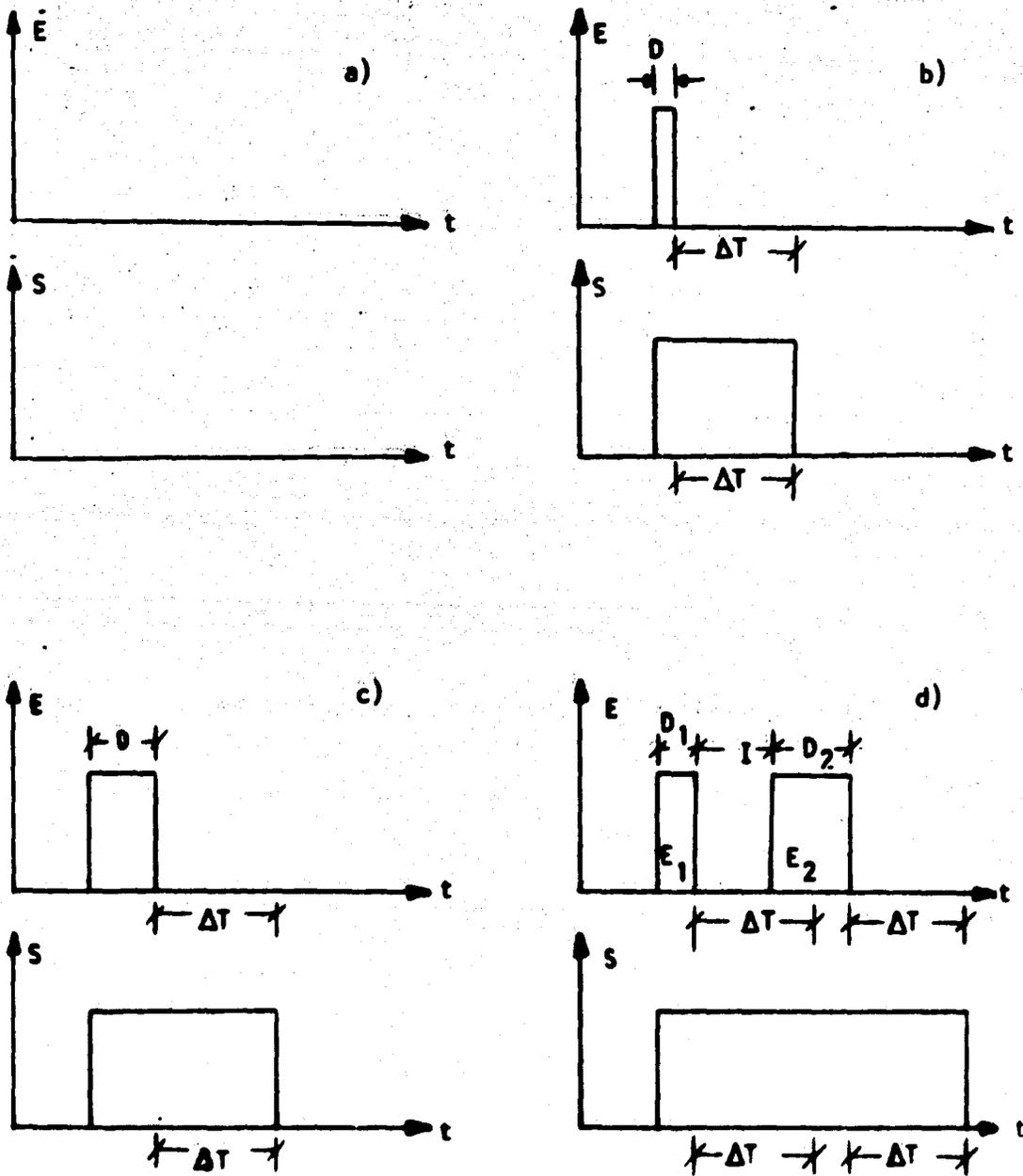


Fig. V.6.4. Diferentes tipos de entrada (E) para la compuerta con memoria transitoria.

D.- duraci3n

I.- interrupci3n

($I < \Delta T$).

Tipo Entrada	Duración Entrada	Entrada	Salida	Duración Salida.
a	0	0	0	0
b	Impulso	1	1	Impulso + ΔT
c	D	1	1	D + ΔT
d	$D_1 + 1 + D_2$	1	1	$D_1 + 1 + D_2 + \Delta T$

Tabla V.7. Tabla de verdad de la compuerta con memoria transitoria, con diferentes entradas.

Y el símbolo lógico de esta compuerta se muestra en la fig. - -

V.6.5.

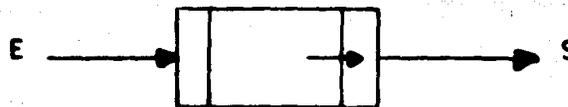


Fig. V.6.5, Símbolo lógico de la compuerta con memoria transitoria.

La representación eléctrica de la compuerta con memoria transitoria se muestra en la fig. V.6.6., dicho elemento es un relevador de tiempo al desenergizarse (off-delay).

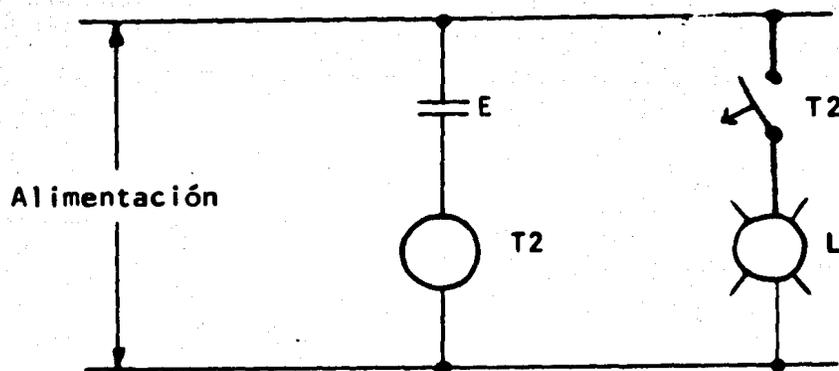


Fig. V.6.6 Circuito eléctrico que representa a la compuerta con memoria - transitoria.

Funciona de la siguiente manera.

Cuando el contacto "E" cierra se energiza la bobina T2, la cual cierra su contacto T2, encendiendo la lámpara L. Si el contacto "E" -- abre, la bobina T2 se desenergiza y por medios electromecánicos retarda el tiempo de apertura de su contacto T2, para el cual esta diseñado, pasado dicho intervalo de tiempo abre su contacto T2, apagándose la lámpara - L.

C A P I T U L O VI

APLICACIONES

VI.1. CIRCUITO PARA CONTROL AUTOMATICO DE UN SISTEMA DE BOMBEO.

En un proceso industrial, se requiere de un abastecimiento constante de agua, la cual se toma de un tanque elevado que está alimentado -- por dos bombas colocadas en una cisterna cercana.

El gasto requerido no es constante por lo que para controlar el nivel en el tanque se desea un control automático que funcione de acuerdo a las siguientes posibilidades:

- a) Si el nivel en el tanque es el máximo permitido, (N_0), los dos equipos de bombeo deben estar parados.
- b) Si el nivel baja al nivel intermedio 1 (N_1), debe arrancar una de las bombas.
- c) Si el nivel se recupera hasta N_0 , debe parar la bomba que estaba trabajando.

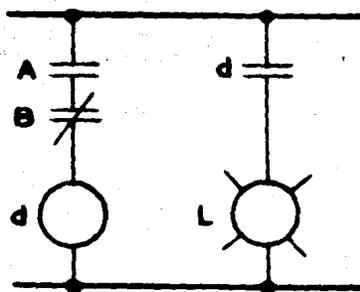
- d) Si nuevamente baja el nivel a (N_1) , debe arrancar la bomba que estaba parada en la anterior condición.
- e) Al bajar el nivel a el nivel intermedio $2(N_2)$, debe arrancar la bomba que permanecía parada.
- f) Cuando el nivel se recupere hasta (N_1) , debe parar la bomba que arrancó primero.
- g) Cuando el nivel llegue a N_0 debe parar la bomba que quedaba trabajando.
- h) Estando en la condición "e", si el nivel baja al mínimo admisible, (N_3) debe encender una lámpara y sonar una alarma. La alarma deja de sonar cuando se aprieta un botón de conocimiento de alarma, y el foco se apaga hasta que el nivel sobrepase N_3 .
- i) Si una de las bombas se descompone o se requiere darle mantenimiento, se desea tener posibilidad de hacer que la bomba que está en buenas -- condiciones realice todo el trabajo.
- j) En caso de que se abata el nivel del agua hasta un nivel mínimo (N_b) , las bombas deben parar para evitar que se desceben, y arrancarán nuevamente hasta que el nivel del agua se recupere y llegue al nivel intermedio (N_a) .
- k) Para garantizar el suministro de agua, se cuenta con un detector de --

flujo Q, que manda alarma en caso de que no fluya agua al estar trabajando las bombas, en la fig. VI.1. se muestra la representación esquemática del sistema de bombeo.

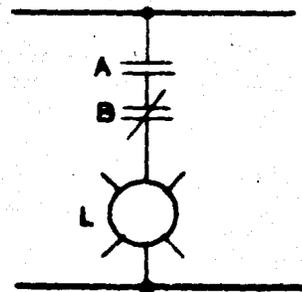
Simplificaciones al primer diagrama de control.

Debido a que en algunos relevadores se utilizan solamente uno o dos de sus contactos, se pueden eliminar, sustituyendo el contacto actuado por el relevador, por los contactos que energizan la bobina del mismo, lo cual se hace conforme las siguientes simplificaciones tipo:

Simplificación a).



Circuito inicial



Circuito simplificado.

En los dos circuitos presentados, se observa que efectúan la misma función conforme las siguientes posibilidades:

- 1.- En condiciones iniciales, L apagada
- 2.- Si actúa A, L encendida.
- 3.- Si actúa B, L apagada.
- 4.- En condición 2, si actúa B, L apagada.
- 5.- En condición 3, si actúa A, L apagada.

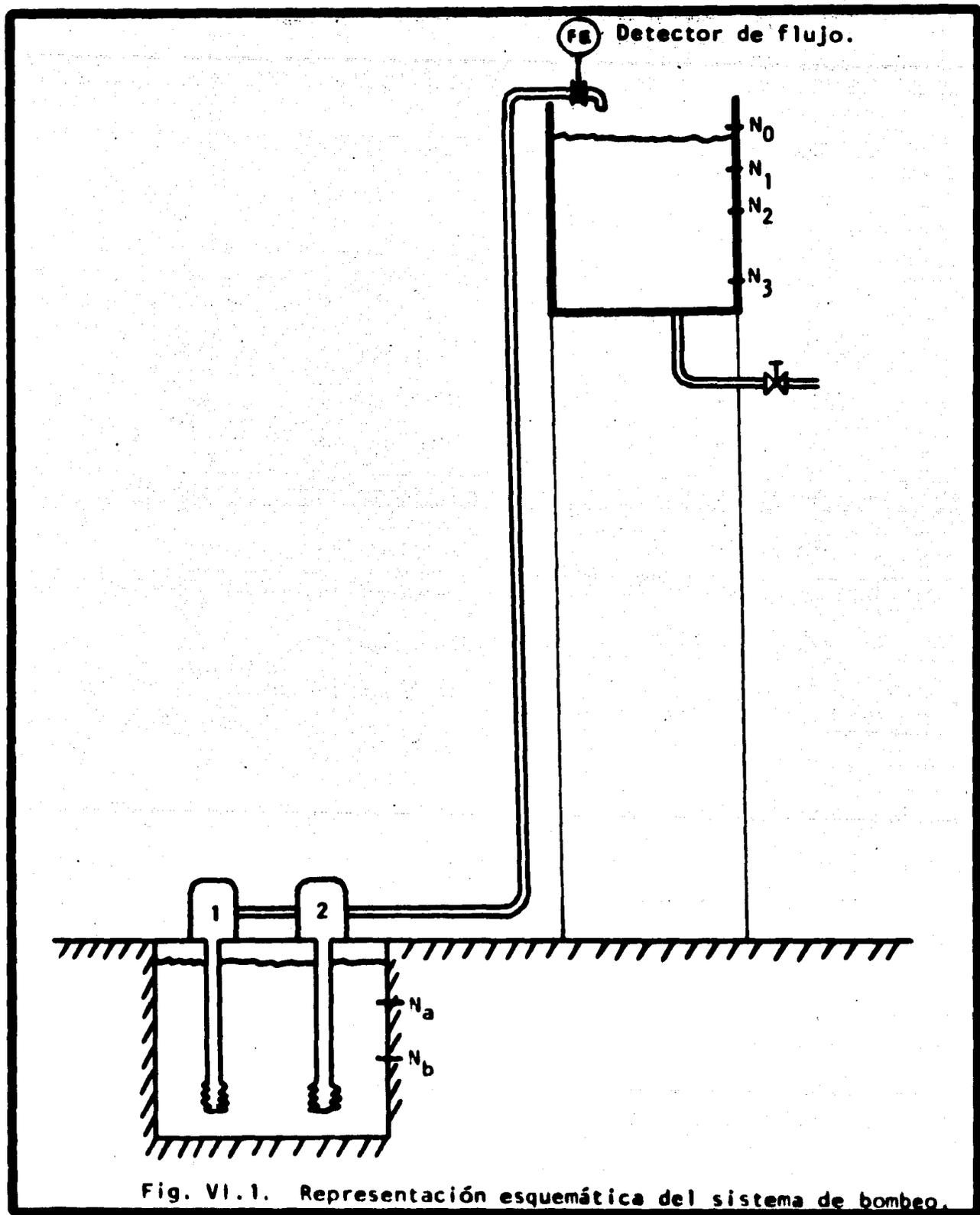


Fig. VI.1. Representación esquemática del sistema de bombeo.

Considerando esta simplificación se pueden eliminar los siguientes relevadores:

tes relevadores:

Bobina de:

d6 en 24

d7 en 25

d9 en 29

d10 en 30

d16 en 42

d17 en 43

d19 en 47

d20 en 48

d26 en 55

d28 en 59

d29 en 60

d31 en 63

Contacto de:

d6 en 27

d7 en 28

d9 en 34

d10 en 32

d16 en 45

d17 en 46

d19 en 52

d20 en 50

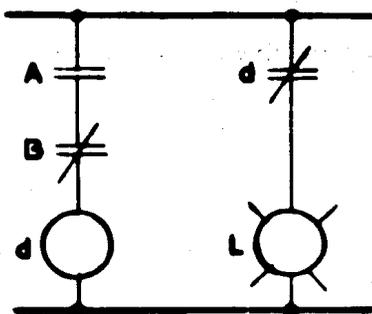
d26 en 57

d28 en 30

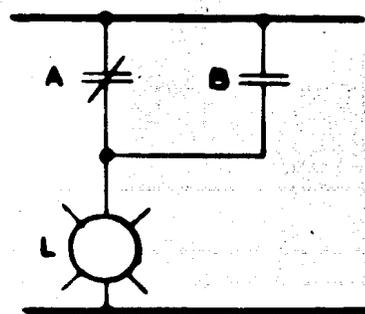
d29 en 48

d31 en 65

Simplificación b)



Circuito inicial



Circuito simplificado.

Los dos circuitos anteriores realizan la misma función, de acuerdo a las siguientes posibilidades:

- 1.- En condiciones iniciales, L encendida
- 2.- Si actúa A, L apagada
- 3.- Si actúa B, L encendida
- 4.- En condición 2, si actúa B, L encendida
- 5.- En condición 3, si actúa A, L encendida

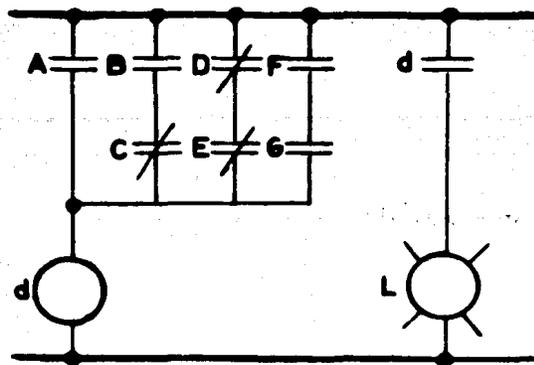
Considerando esta simplificación se eliminan los siguientes relevadores:

Bóvina de:	Contacto de:
d27 en 56	d27 en 57

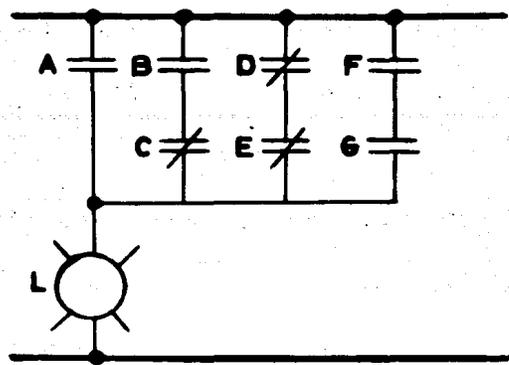
Simplificaciones al segundo diagrama de control.

Se puede observar que en éste diagrama todavía existen algunos relevadores en las que se utilizan uno o dos de sus contactos, por lo que al igual que en el primer diagrama de control, podemos eliminarlos considerando los siguientes circuitos tipo:

Simplificación c).



Circuito inicial



Circuito simplificado

Los anteriores circuitos realizan la misma función, de acuerdo a las siguientes condiciones principales:

- 1.- En condiciones normales, L encendida
- 2.- Si actúa D o E; L apagada.
- 3.- En condición 2, si actúa A, L encendida
- 4.- En condición 2, si actúa B, L encendida
- 5.- En condición 4, si actúa C, L apagada
- 6.- En condición 2, si actúa F ó G, L apagada
- 7.- En condición 2, si actúan F y G, L encendida
- 8.- En condición 3, si actúan cualquier combinación de B,C,D,E, F,G, L encendida.

Considerando ésta simplificación, se eliminan los siguientes relevadores:

Bobina de:

d8 en 27

d18 en 45

Contacto de:

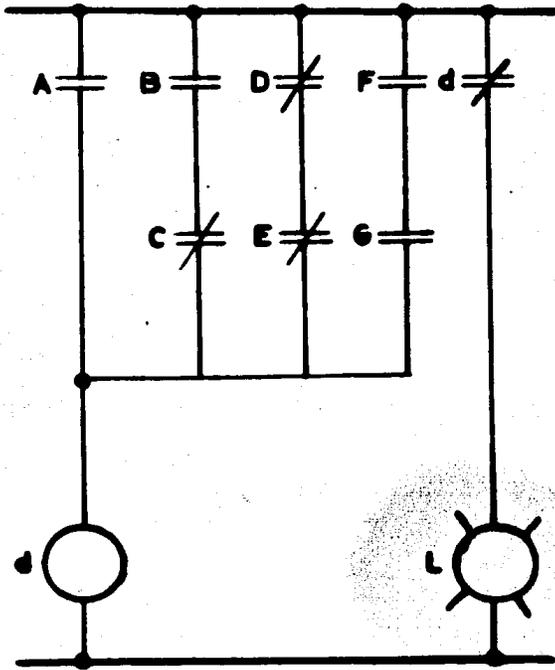
d8 en 34

d18 en 52

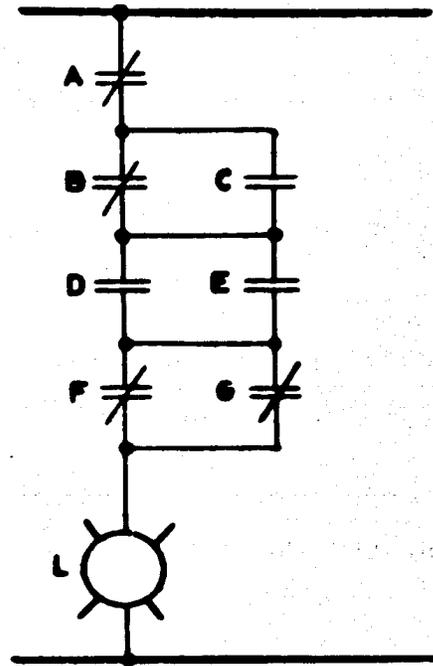
Bobina de:
d30 en 61

Contacto de:
d30 en 65

Simplificación d).



Circuito inicial



Circuito simplificado

En los anteriores circuitos se puede observar lo siguiente:

- 1.- En condiciones normales, L apagada
- 2.- Si actúa D o E, L encendida
- 3.- En condición 2, si actúa A, L apagada
- 4.- En condición 2, si actúa B, L apagada
- 5.- En condición 4, si actúa C, L encendida
- 6.- En condición 2, si actúa F o G, L encendida
- 7.- En condición 2, si actúan F y G, L apagada.

8.- En condición 3, si actúa cualquier combinación de B,C,D,E,F,
G - L apagada.

Según la posibilidad d se simplifican los siguientes relevadores

Bobina de:	Contacto de:
d11 en 32	d11 en 34
d21 en 50	d21 en 52

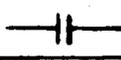
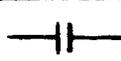
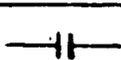
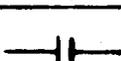
Debido que al pasar los contactos que energizan la bobina de d8 -
y d13 al lugar de sus contactos en coordenadas 34 y 52, se ocupan varias-
ramas, se han agregado las coordenadas 34a, 34b, 52a y 52b para mayor clari-
dad del diagrama y de sus referencias.

Simplificaciones al 3º diagrama de control:

1.- Considerando que los sensores de nivel poseen 2 contactos nor-
malmente cerrados, podemos eliminar los siguientes relevadores:

Bobina de:	Contacto de:
d0 en 20	d0 en 34
	d0 en 52
d2 en 22	d2 en 34a
	d2 en 52a
d3 en 23	d3 en 64

2.- El conmutador b1 y los relevadores d13 y d14 se pueden sustituir por un conmutador b2 con la siguiente secuencia de operación.

Conmutador		Contacto que sustituye			
<u>b2</u>		B ₁	A	B ₂	
(23)		X			d13 en 34b
(31)				X	d14 en 52b
(30)			X	X	d13 en 52
(22)		X	X		d14 en 34

3.- Se pueden eliminar los contactos normalmente cerrado, d 12 en 34 y d22 en 52b, debido a que estan en paralelo con otras condiciones de -- las cuales siempre se cumple una y como estan en serie con su propia bobina no pueden alimentarla por si solos, ya que al energizarse la bobina estos -- abren.

4.- Los contactos d1 en 34 y d1 en 34 b, estan en paralelo y se -- pueden sustituir por un solo contacto d1. Lo mismo se aplica a los contac -- tos d1 en 52 y d1 en 52b.

5.- Los contactos d15 en 36 y d15 en 54 estan en paralelo y se -- pueden sustituir por un solo contacto d15. Para facilidad de dibujo y evi -- tar cruces de líneas, el contacto C2 y los contactos que lo energizan se -- pasan a la siguiente coordenada de C1 en el diagrama de control definitivo,

coordenada 26.

6.- En el diagrama de control definitivo se renumeran las coordenadas para observar un orden y presentación definitivo.

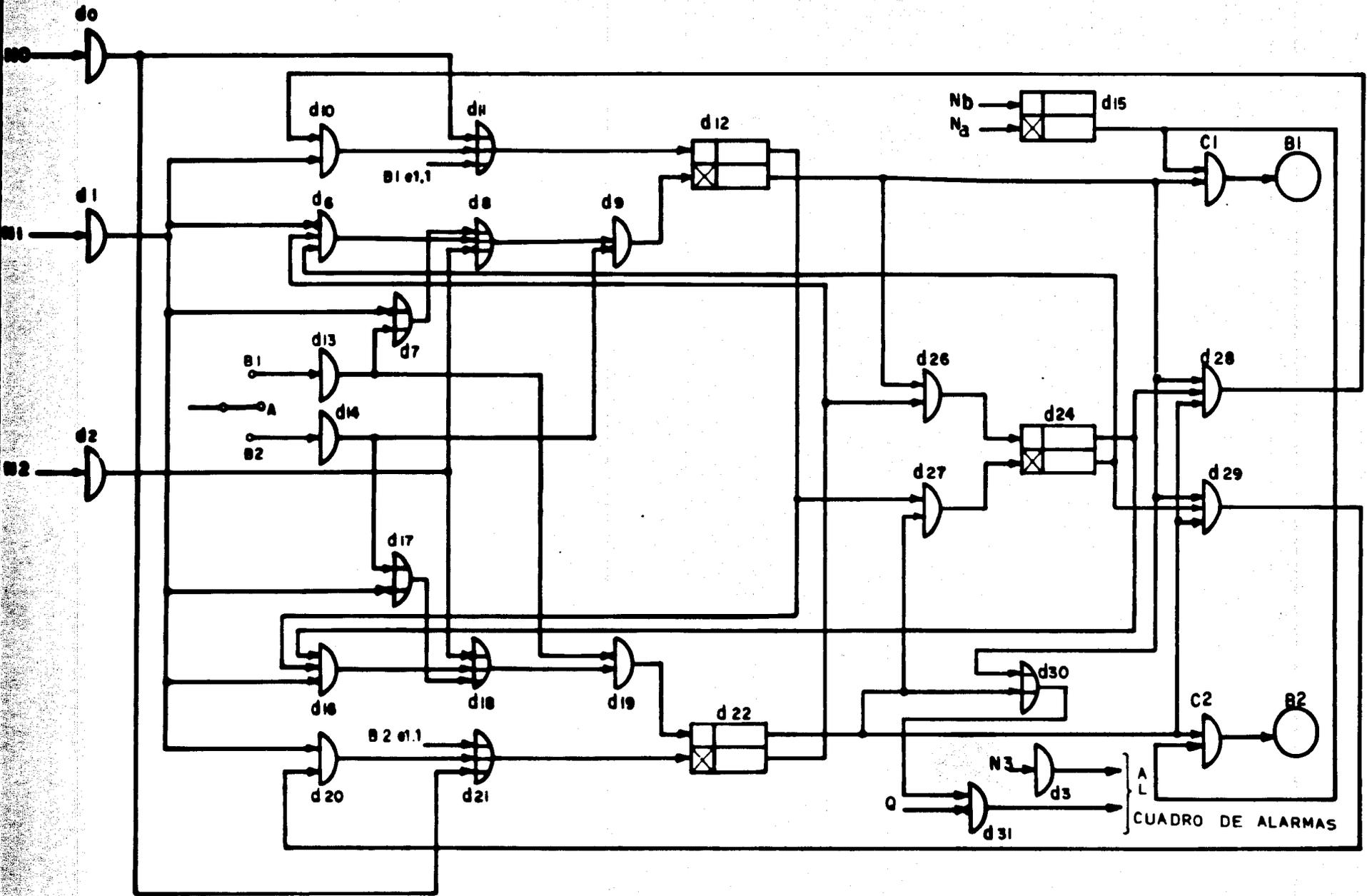


FIG. VI.2.-DIAGRAMA DE SECUENCIA Y BLOQUEO.

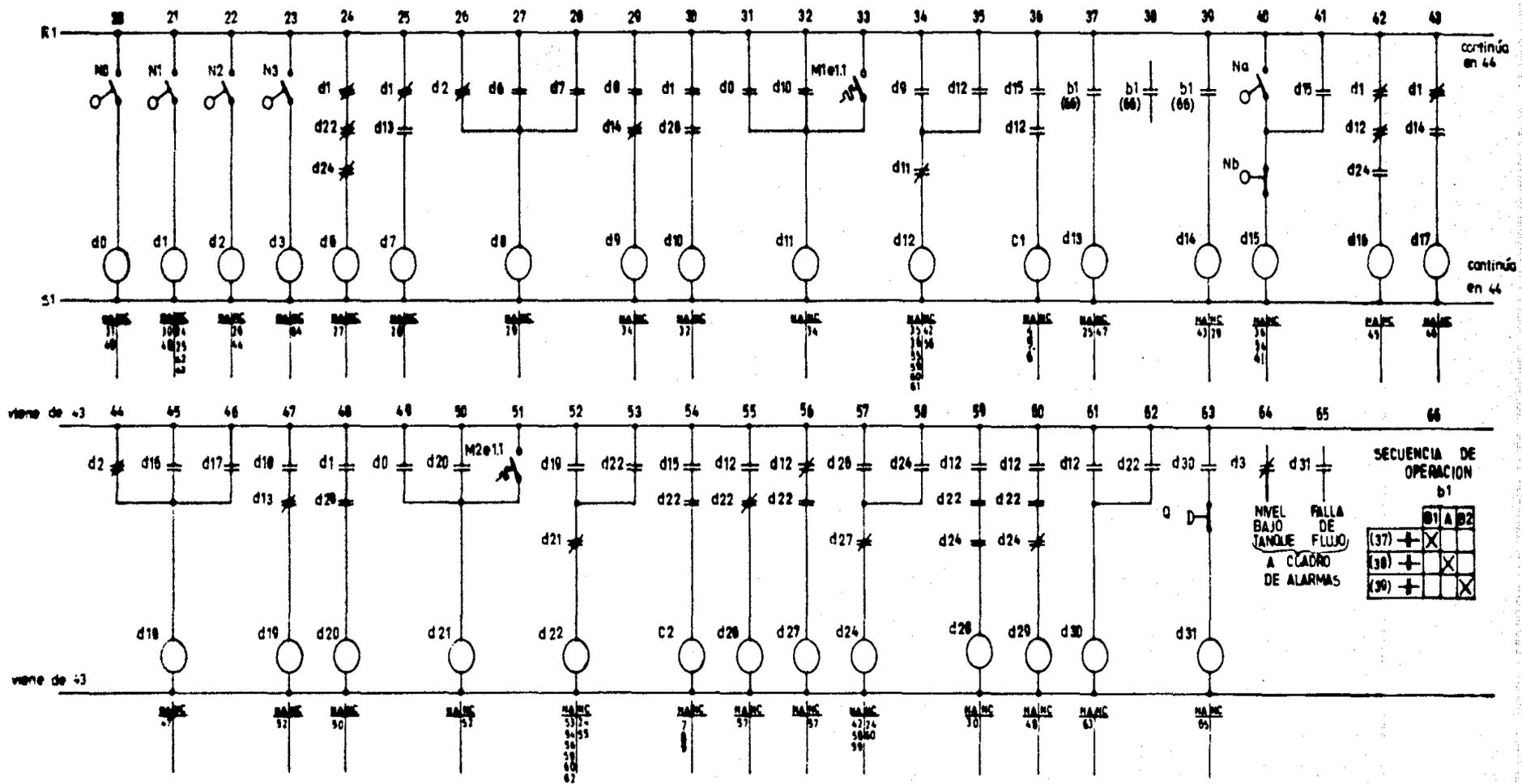


FIG. VI.3. - PRIMER DIAGRAMA DE CONTROL.

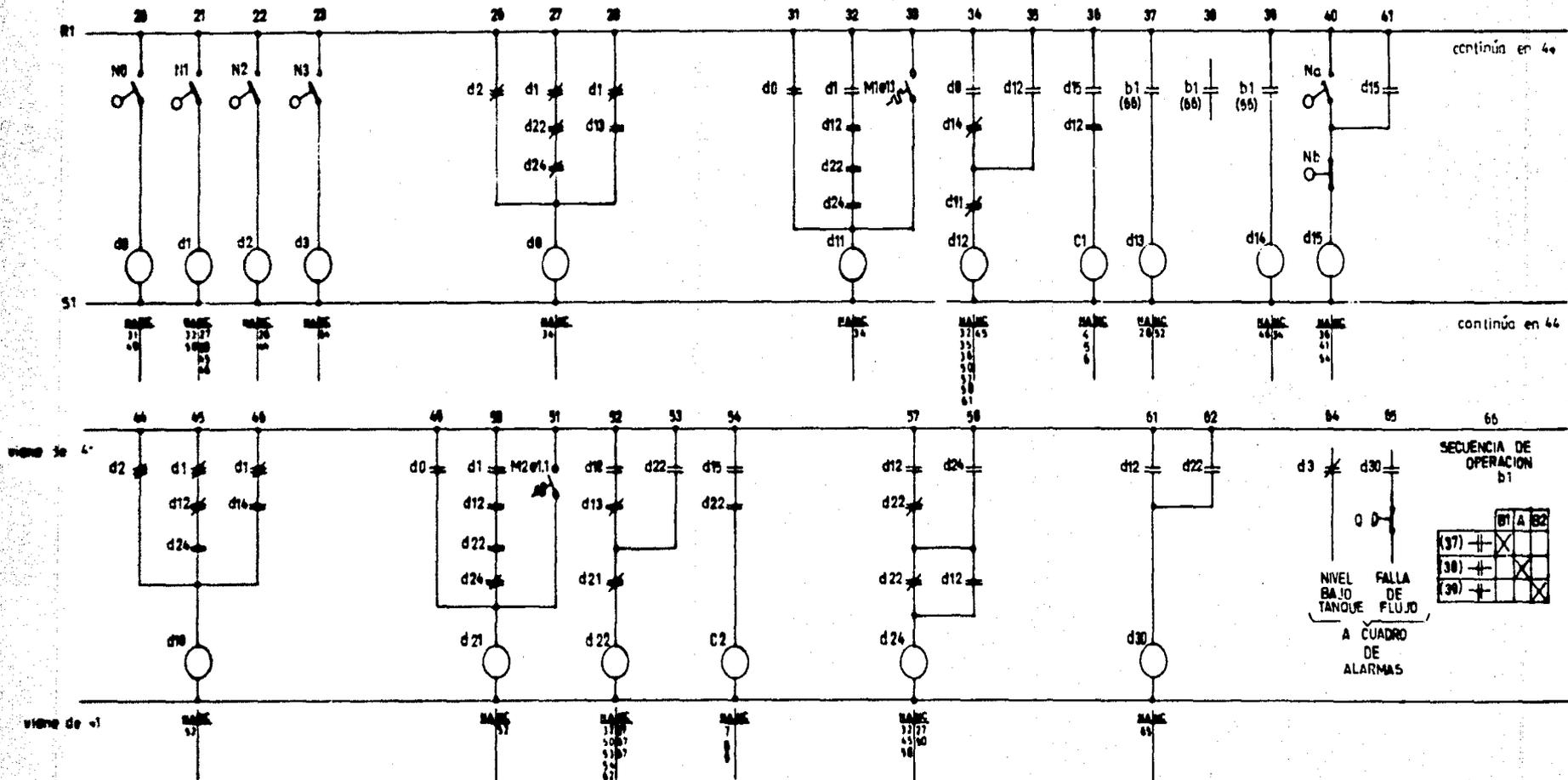
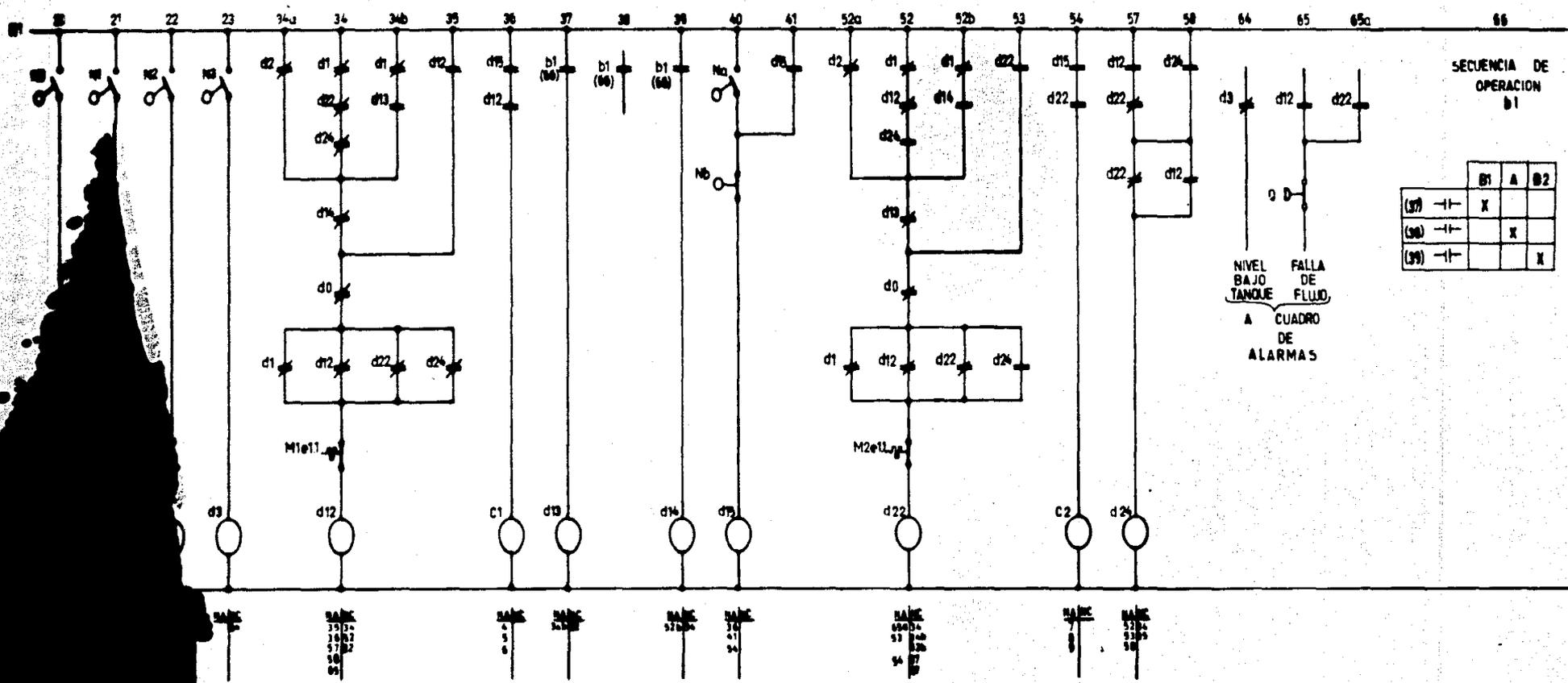


FIG. VI. 4. - SEGUNDO DIAGRAMA DE CONTROL.



SECUENCIA DE OPERACION B1

	B1	A	B2
(37) -1-	X		
(58) -1-		X	
(39) -1-			X

FIG. VII. B. - TERCER DIAGRAMA DE CONTROL.

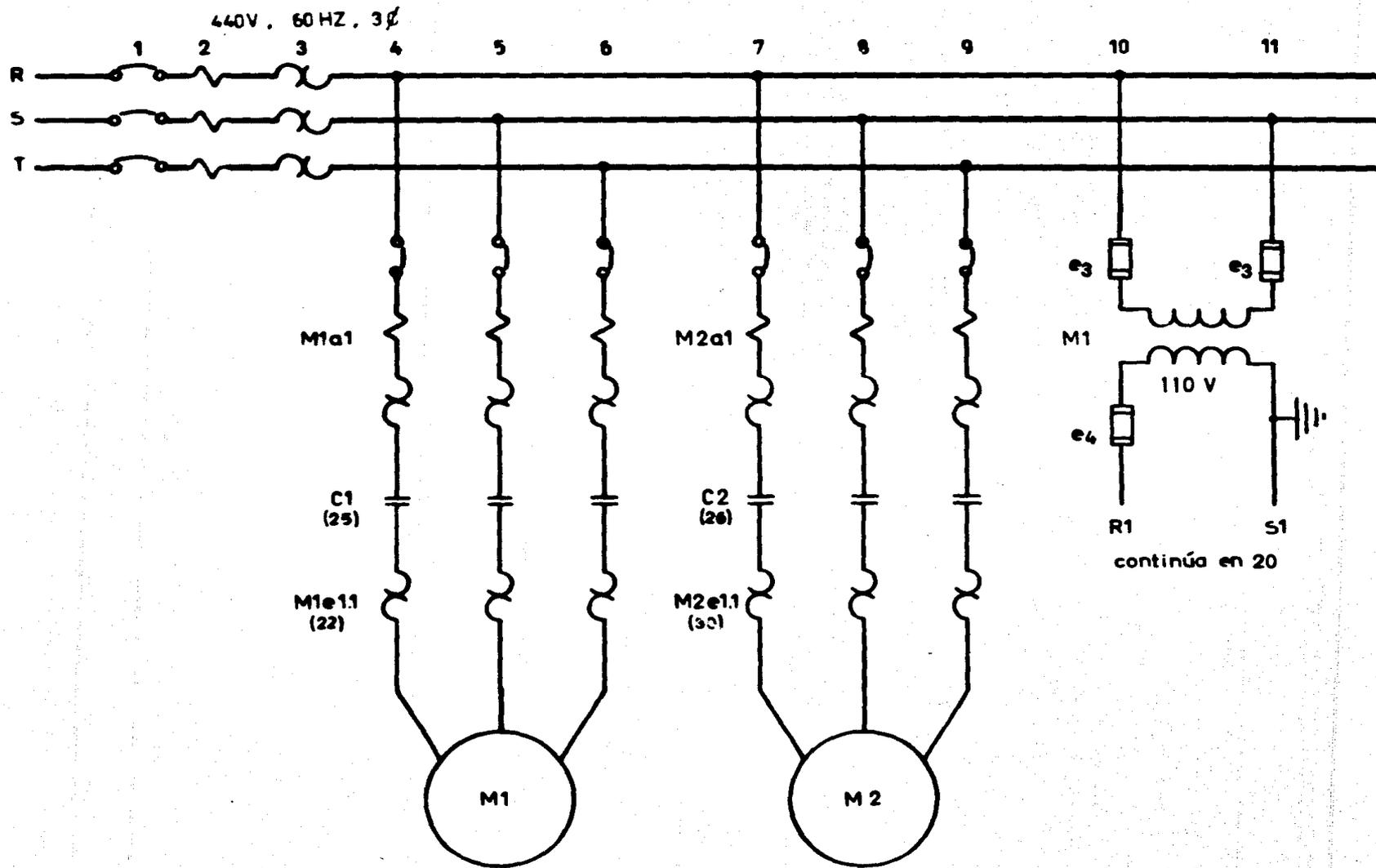


FIG. VI.6. - DIAGRAMA DE FUERZA.

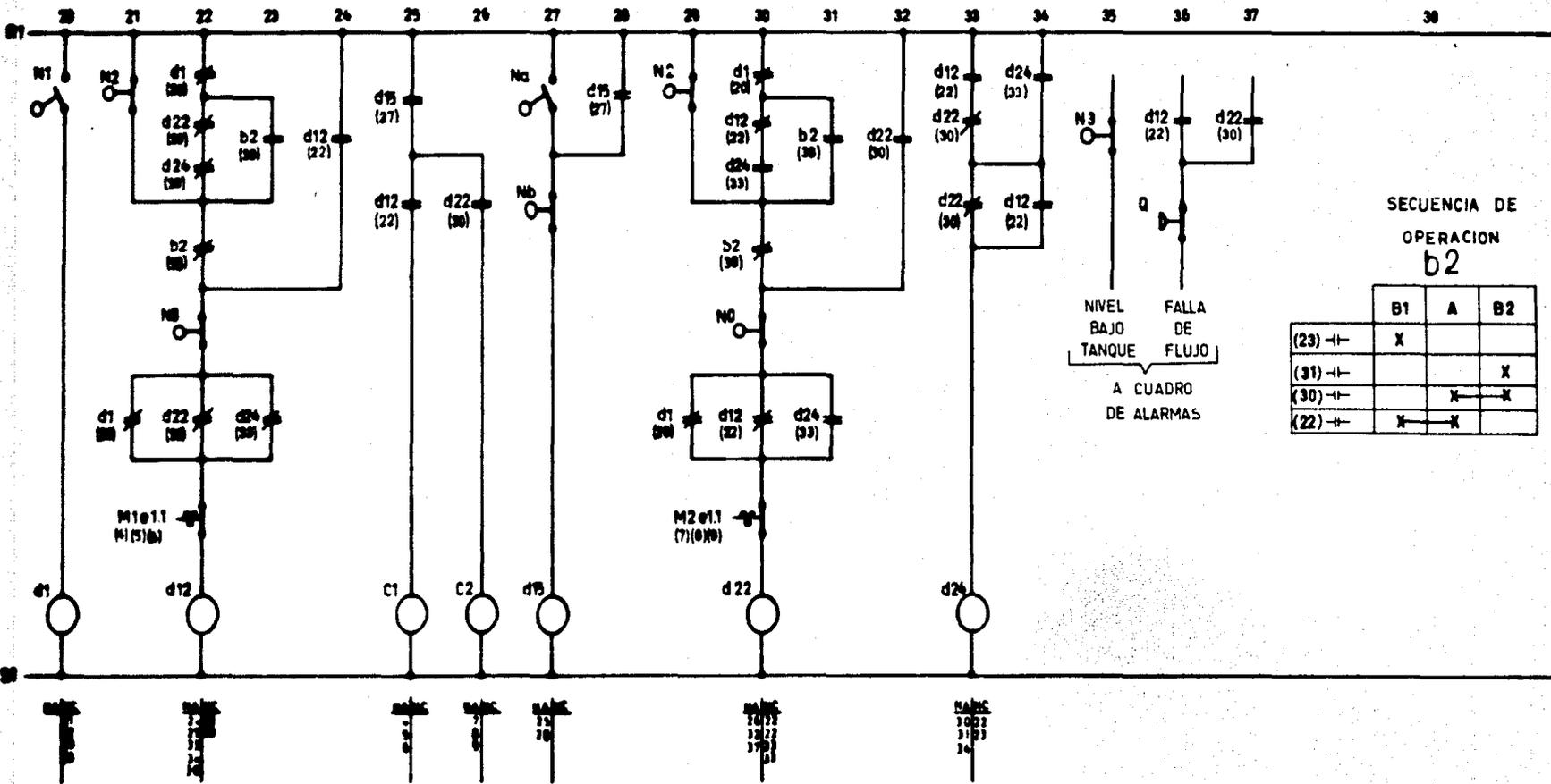


FIG. VI.7. - DIAGRAMA DE CONTROL DEFINITIVO.

VI.2.- CIRCUITO DE CONTROL PARA UN SISTEMA DE FILTRADO DE LUBRICANTE DE CORTE.

El sistema mostrado es para reacondicionar lubricante de corte para volver a ser utilizado.

- a). El lubricante sucio, básicamente con rebabas, se recibe en el tanque de sucio.
- b). Una primera eliminación de rebaba se hace con el transportador TR que funciona mientras haya líquido en el tanque.
- c). BS bombea el lubricante al filtro para ser filtrado por una malla.
- d). Para mejorar el efecto del filtrado, BV crea un vacío debajo de la malla.
- e). Cuando la malla se tapa, el vacío y/o el nivel de líquido en el filtro aumentan, por lo que se aprovechan estos parámetros para alimentar malla nueva mediante TM.
- f). Una vez filtrado, el lubricante queda limpio y es pasado al tanque de líquido limpio para ser bombeado por BL.
- g). Según se requiera BR puede usarse para reemplazar a BS o a BL.

h). Hay que prever las alarmas y protecciones para evitar el derrame del lubricante así como para supervisar el proceso.

El enunciado no menciona el funcionamiento con detalle, por lo que a continuación se describen en forma detallada las condiciones de operación.

Condiciones de operación:

Al trabajar las máquinas herramienta comienza a llegar líquido sucio al tanque de sucio y comienza a subir el nivel, en el momento que sobrepase el NBS (nivel bajo de sucio), debe de operar TR (transportadora de rebabas), sigue subiendo el líquido sucio y al llegar a NLS (nivel -- lleno de sucio), comienza a operar BS (bomba de sucio), estando abiertas las válvulas V1, V2 y cerradas V3, V4 que son de operación manual, BS bombea el líquido sucio al filtro, al llegar el líquido al filtro comienza a filtrarse a través de la malla. BV (bomba de vacío) arranca al no existir alto vacío, creando vacío bajo el filtro, que ayuda a mejorar el filtrado.

Ya filtrado comienza a caer al tanque de líquido limpio y al -- llegar al nivel de lleno, NLL, comienza a operar BL (bomba de limpio) estando abiertas las válvulas V7, V8 y cerradas V5, V6 que son también de operación manual.

V3, V5; V4, V6 no pueden estar simultáneamente abiertas por que habría una mezcla de líquido sucio y limpio. BL bombea el líquido limpio a las máquinas cerrando así el ciclo.

Ya en operación se comienza a tapar la malla por la acumulación de rebabas que retiene el filtro, el vacío crece para ayudar al filtrado pero pueden suceder dos cosas:

- a) El líquido comienza a pasar más lento y después de un tiempo hay nivel lleno en el filtro.
- b) Haya alto vacío.

Cuando una o las dos condiciones se presente, TM debe de operar alimentando malla nueva.

Si TM se descompone hay que dar señal de alarma existiendo una o las dos condiciones habría un alto vacío que podría sobrecargar BV, por lo que si el alto vacío persiste más de un tiempo dado BV para; pasado un tiempo en que cesa el alto vacío BV vuelve a arrancar.

Por otro lado el nivel del filtro seguiría subiendo hasta derramarse el líquido, por lo que un tiempo después de que haya nivel lleno del filtro hay que parar BS, en cuanto baje el nivel del filtro arranca BS otra vez.

Cuando LM opera, indica que la malla se ha terminado, hay que mandar señal de alarma y parar TM o evitar que arranque. Al operar LM -- hay que poner más malla.

Si no trabajan todas las máquinas empezará a llegar líquido sucio en un volumen menor que el normal y el nivel en el tanque de sucio comenzará a bajar hasta llegar a NBS donde BS debe de parar, no así BL -- que sigue trabajando y al llegar el líquido limpio a NBL debe de parar BL.

En el caso de que el líquido sucio llegara a NLS se debe de mandar señal de alarma y BS debe de seguir trabajando o arrancar si está parada.

Lo mismo sucede en el caso del líquido limpio.

Al terminar las labores del día se paran todas las máquinas y se deben de parar BS, BL, BV, TR.

Al volver a arrancar las máquinas deben de trabajar TR, BS, BV, BL de acuerdo a las condiciones que se mencionaron antes.

Si BS se descompone hay que parar el proceso, cerrar las válvulas V1, V2 y abrir V3, V4 haciendo trabajar con esto a BR (bomba de reserva) que la reemplaza. Si es BL la que se descompone hay que cerrar V7, V8 y abrir V5, V6 para que opere BR. Para hacer el reemplazo de BS o BL con BR tenemos un switch de posición.

Para la supervisión se tiene una lámpara por cada motor, la cual prende al trabajar el motor a excepción de BR que prende la lámpara respectiva, BL o BS, a quien esté sustituyendo en ese momento.

Cuando el sistema trabaja o está conectado prende una lámpara.- Se tiene una señal de alarma para identificar específicamente cada una de las anomalías; niveles llenos, niveles bajos, fallas de los motores.

En la fig. VI.8 se muestra la representación esquemática del -- sistema de filtrado de lubricante de corte.

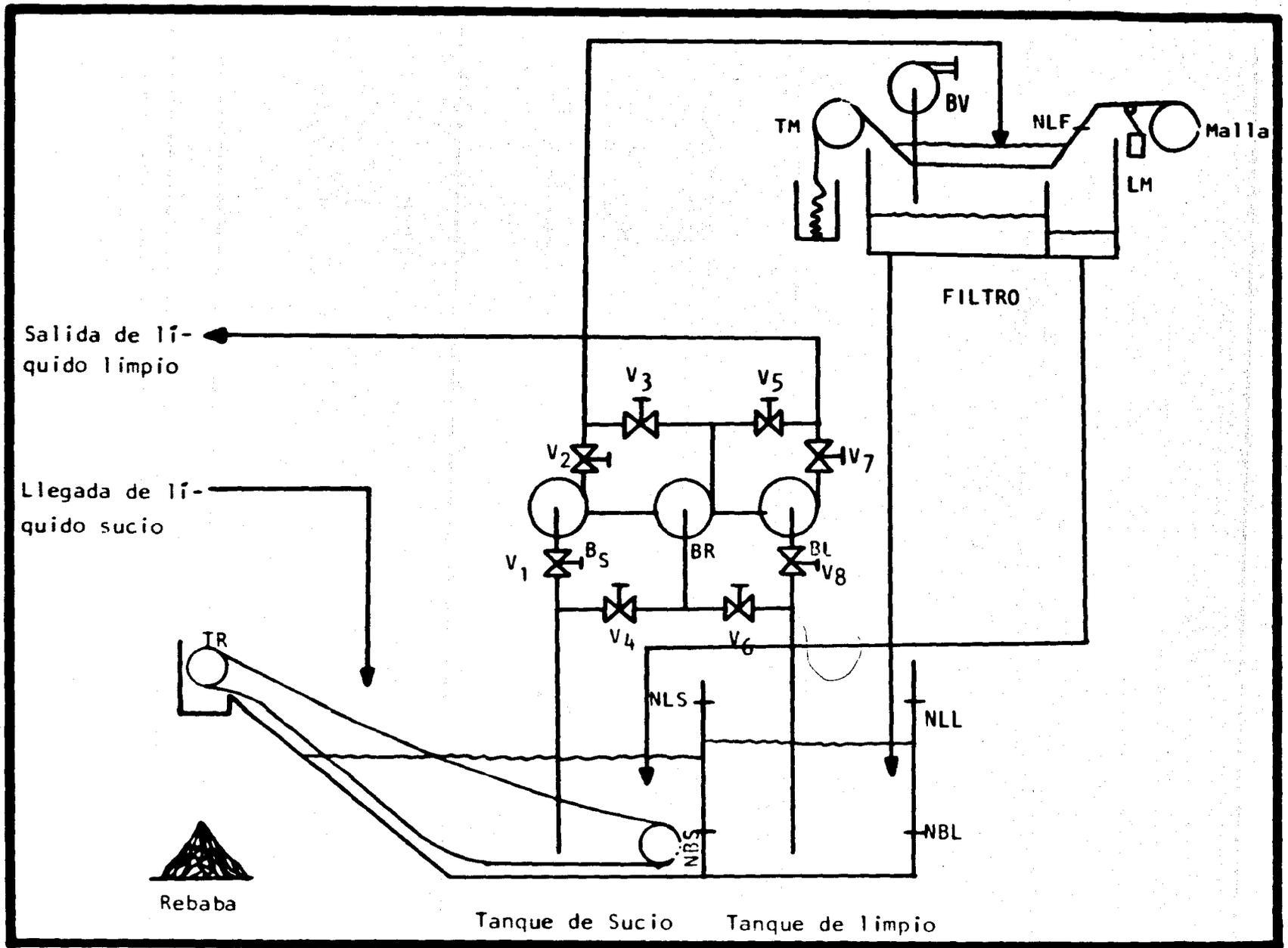
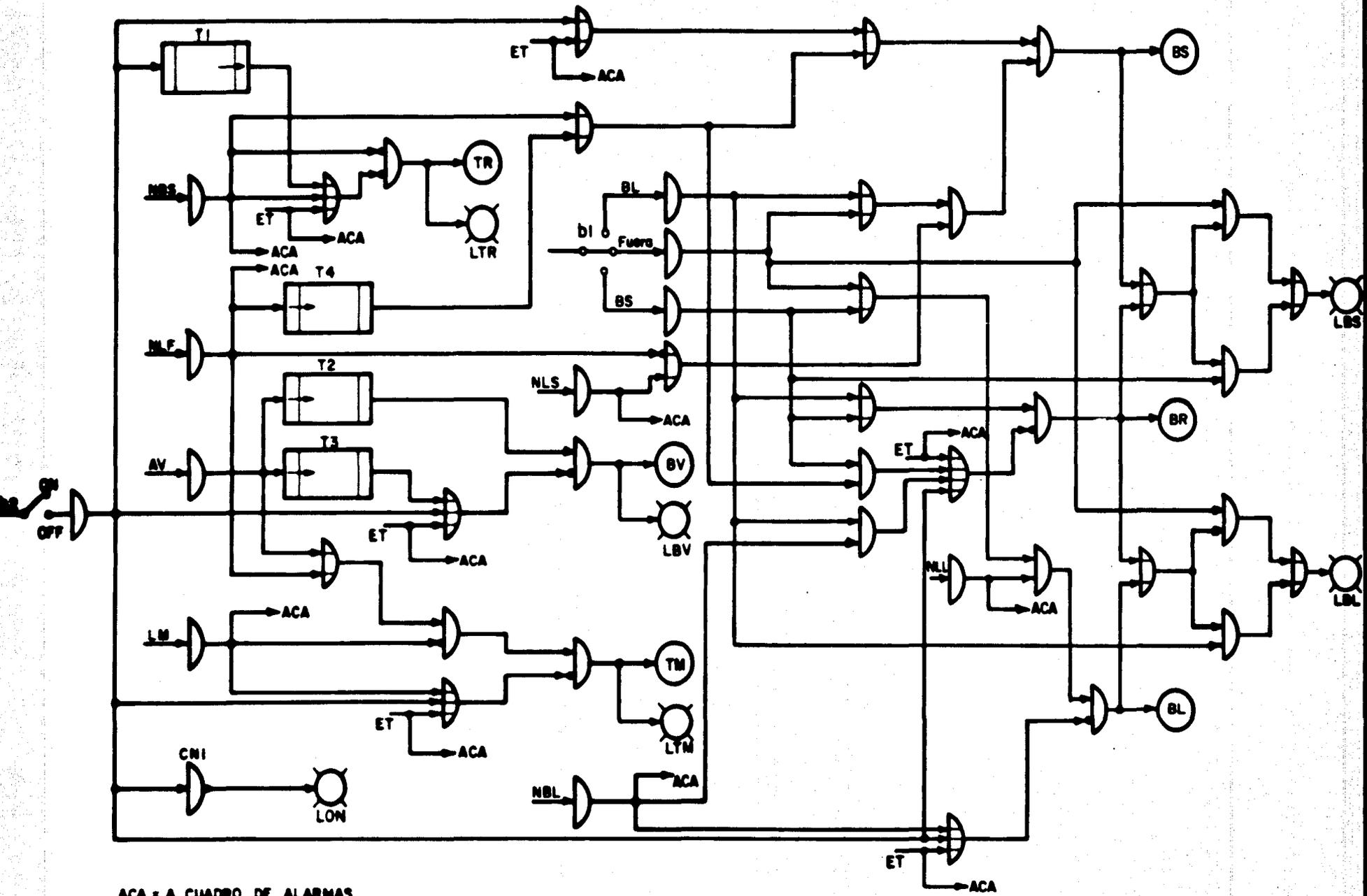


Fig. VI.8 Representación esquemática del sistema de filtrado de lubricante de corte.



ACA = A CUADRO DE ALARMAS

FIG. VI. 9.- DIAGRAMA DE SECUENCIA Y BLOQUEO.

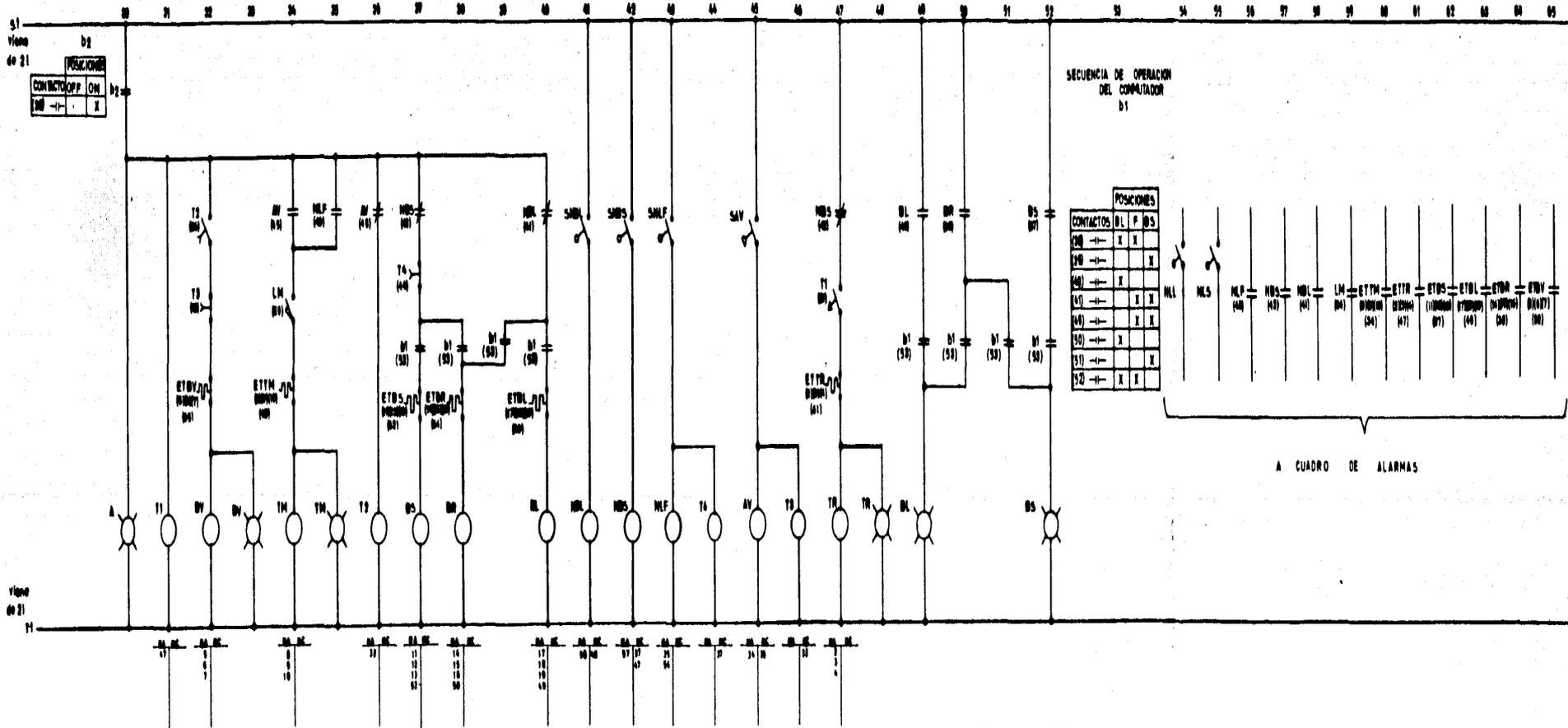


FIG. 10. - DIAGRAMA DE CONTROL.

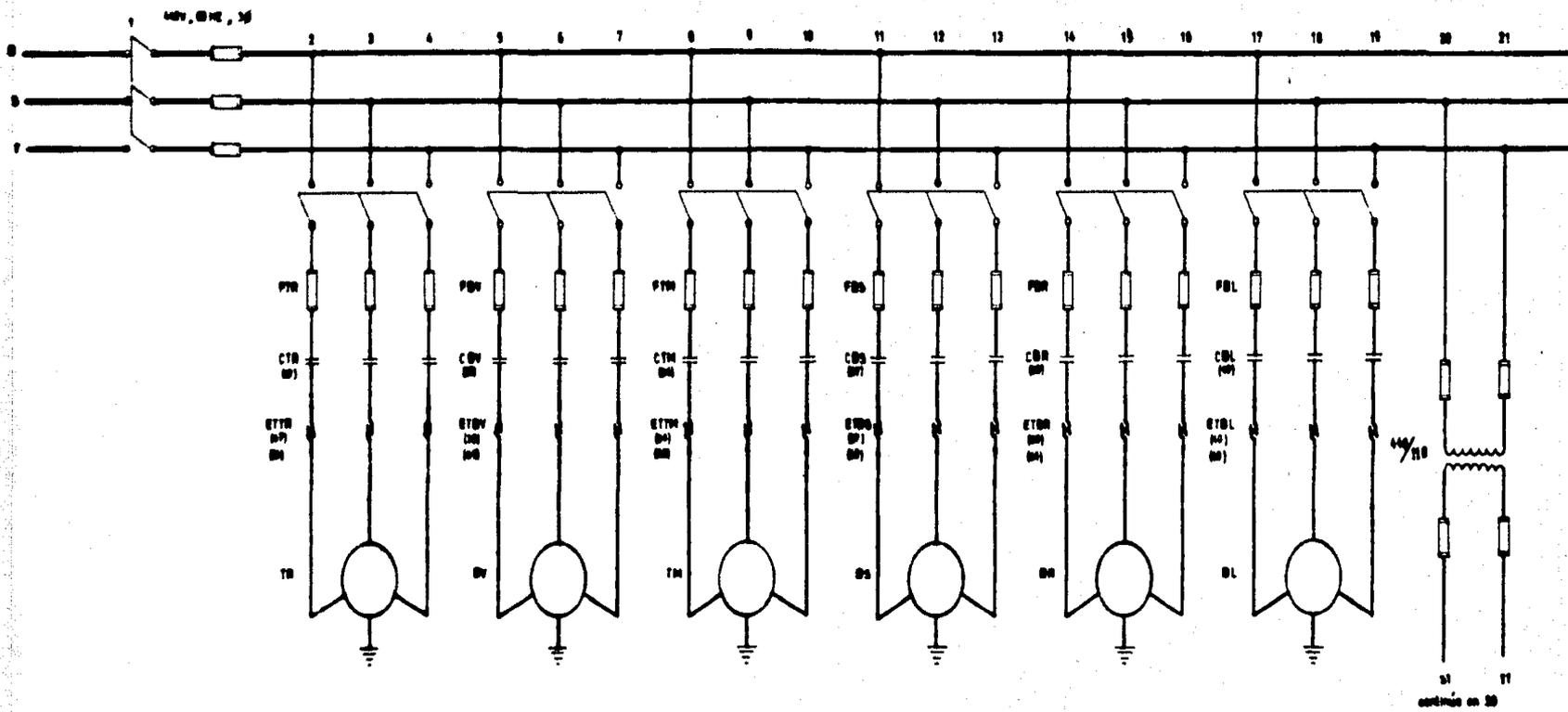


FIG. III. N. - DIAGRAMA DE FUERZA.

VI.3.- CIRCUITO DE CONTROL PARA UN CUADRO DE ALARMAS.

- a). El contacto de alarma puede ser normalmente abierto o normalmente cerrado.
- b). Al presentarse la condición de falla la lámpara parpadea y suena una alarma acústica en forma intermitente.
- c). Al apretar el botón de callar alarma (b) se calla la señal acústica y la lámpara deja de parpadear quedándose encendida.
- c.1) En estas condiciones; si se presenta alguna otra alarma en el cuadro respectivo se presentarán las condiciones mencionadas en b).
- d). Al restablecerse las condiciones normales en una o varias fallas, la lámpara permanece prendida y la alarma vuelve a sonar en forma continua.

En estas condiciones al apretar el botón de callar alarma, ésta se calla y hasta apenas entonces, se apaga la lámpara que indicaba la existencia de la falla que se compuso pero siguen encendidas las lámparas de las fallas existentes.

LISTA DE FUNCIONES:

- Sf_1, Sf_2, \dots, Sf_n : Señales de falla.
- b: Botón para callar alarma.
- d_1 : Relevador de Tiempo al energizarse, para --
operar d_2 y mantener prendidas las lámparas
y la bocina un período de tiempo.
- d_2 : Relevador de Tiempo al desenergizarse, para
retardar el tiempo de cierre de su contacto
y mantener apagadas las lámparas y la bocina
por un período de tiempo.
- d_1 y d_2 : Relevadores de tiempo para efectuar el par-
padeo de la lámpara y la bocina.
- dc_1, dc_2, \dots, dc_n : Relevadores para mantener prendidas las --
lámparas después de que se ha dado el cono-
cimiento de falla al apretar el botón de ca
llar alarma.

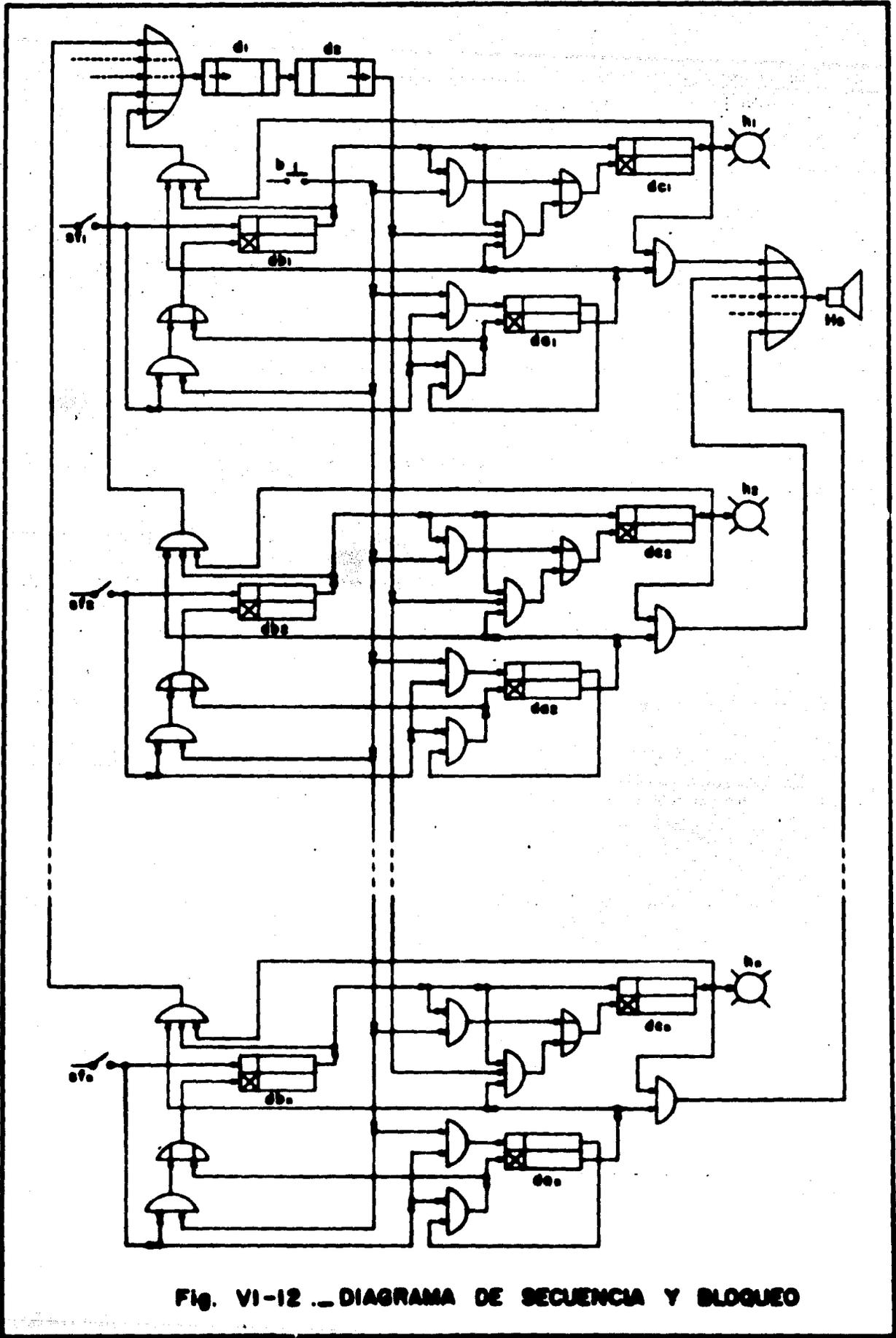


Fig. VI-12 .- DIAGRAMA DE SECUENCIA Y BLOQUEO

db_1, db_2, \dots, db_n : Relevadores para mantener la señal de falla aunque ésta haya sido instantánea.

da_1, da_2, \dots, da_n : Relevadores para hacer sonar la bocina al reestablecerse las condiciones normales.

h_1, h_2, \dots, h_n : Lámparas de Señalización.

Hs: Bocina de Señalización.

Se observa en el diagrama lógico de la Fig. VI-12 que únicamente muestra contactos de señales de fallas normalmente abiertas en condiciones normales y al presentarse la falla cierran.

En caso de que se tenga un contacto de alarma normalmente cerrado se agregaría al circuito lógico una compuerta de negación a la entrada de la señal de falla como se muestra en la Fig. VI-13

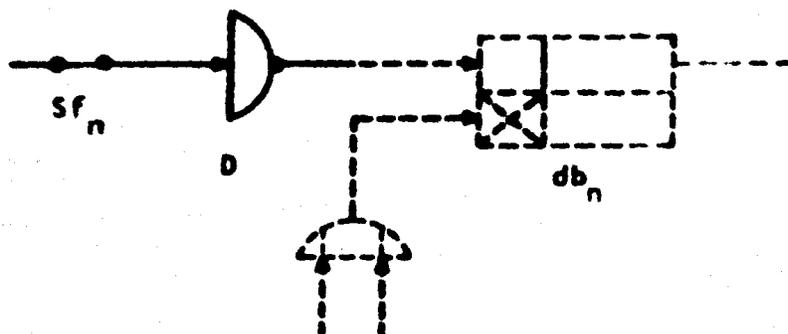


Fig. VI-13

Diagrama Lógico.

El diagrama de control que se propone a continuación en la Fig. VI-14, cumple con el diagrama lógico de la Fig. VI-12.

En caso de que se tenga un contacto de alarma normalmente cerrado, se agregaría otro relevador que cumpla con lo indicado en la Fig. VI-13

La adición del relevador se muestra en la Fig. VI-15

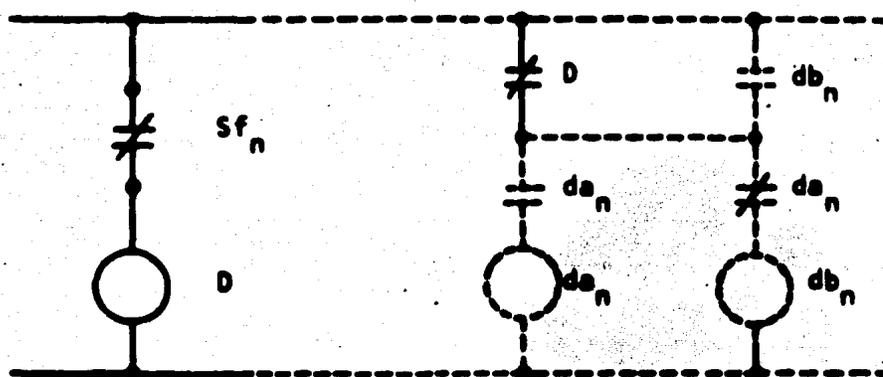


Fig. VI-15

Diagrama Eléctrico.

ALIMENTACION

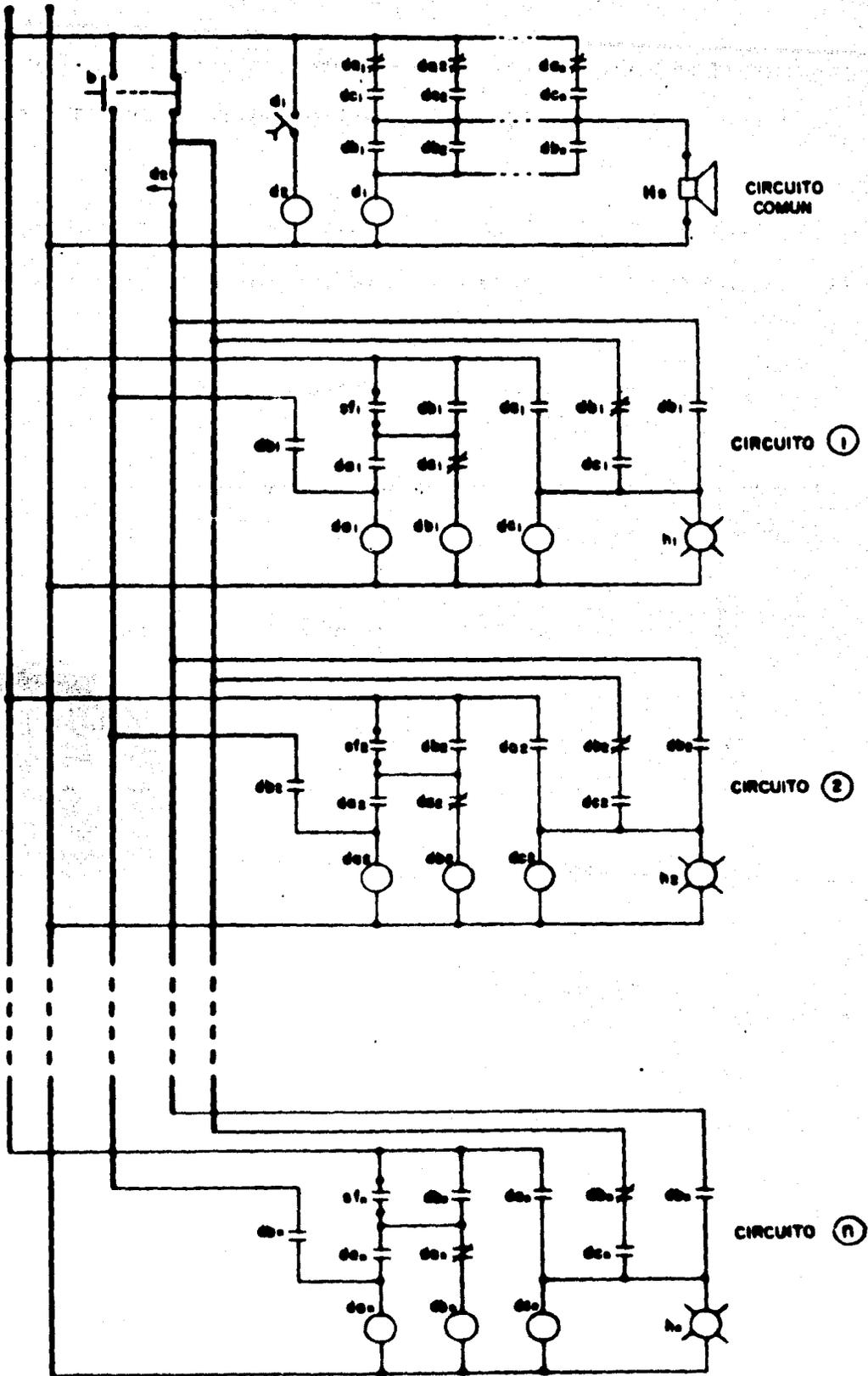


Fig. VI-M. Diagrama de control

VI.4.- SISTEMA DE INTERCOMUNICACION.

- a).- El sistema de intercomunicación cuenta con cuatro aparatos.

- b).- De acuerdo a la cantidad de aparatos, solamente se realizará una comunicación, o sea dos -- aparatos trabajando a la vez. En estas condiciones al tratar de usar un tercer aparato, se presentarán las condiciones mencionadas en d2.

- c).- La comunicación que se efectúa, sera solo entre dos aparatos y en forma privada.

- d).- La forma de efectuarse las comunicaciones es - como sigue:
 - d1.- Al levantarse la bocina del aparato se escuchará una señal audible continua (tono de marcar), indicando que se puede proceder a escoger el - aparato con quien se quiere establecer la comunicación.

d2.- Si no esta libre el circuito para efectuar la comunicación, se escuchará una señal intermitente con intervalos cortos (tono de ocupado) por lo que habrá que colgar.

d3.- Mediante un botón se selecciona el aparato -- del abonado con quien se desea hablar. Despues de oprimir el botón respectivo, se escuchará una señal intermitente con intervalos largos (tono de llamada) indicando que se esta -- llamando.

d4.- En el aparato del abonado llamado, sonará la-campana en forma intermitente con intervalos-- largos (señal de llamada) para llamar la atención de quien se encuentre cerca del aparato-- y proceda a contestar.

d5.- En cuanto conteste el aparato llamado, dejará de sonar su campana y se desconectara la se--ñal intermitente (tono de llamada) en el apa--rato que llamó, estableciéndose la comunica--ción.

d6.- Al terminar la comunicación se deben colgar en los aparatos para dejar libre el circuito de comunicación.

VI.4.1 APARATO TELEFONICO PARA BATERIA CENTRAL.

a).- Los aparatos telefónicos que se emplearán son del tipo de Bateria Central con botones como se muestran en la fig. VI.16 y consta de las siguientes partes:

B.I. Bobina de inducción.

B Campana.

B1.2, B1.3 y B1.4 Botones para llamar a los abonados 2, 3 y 4 (en este caso es el aparato No. 1).

C Capacitor

G Gancho

I y II Contactos accionados por el gancho G.

R Receptor.

T Transmisor o Micrófono.

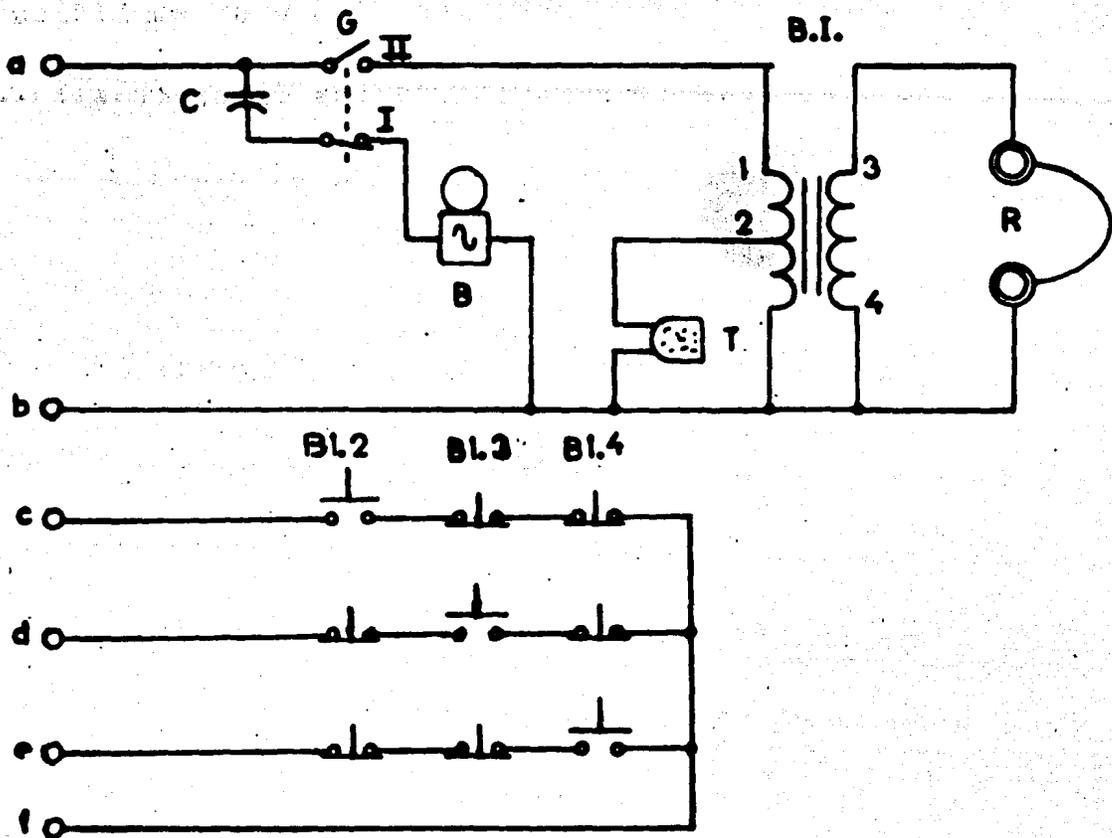


Fig. VI.16 Aparato telefónico de batería central.

b).- **FUNCIONAMIENTO.**- En telefonía se designa al aparato que descuelga y llama, abonado A y al llamado abonado B.

c).- **CIRCUITO DE TONOS Y LLAMADA.**- Es un oscilador -

electrónico o electromecánico y un amplificador adecuado, que produce los diferentes tonos y señal de llamada.

Los cuales son;

TM.- TONO DE MARCAR

TL.- TONO DE LLAMADA

TO.- TONO DE OCUPADO

SL.- SEÑAL DE LLAMADA

d).- TELEFONO COLGADO.- En condiciones de reposo - (teléfono colgado) el aparato recibe constantemente en sus terminales a y b, una tensión de C.D., pero no circula corriente alguna por la campana B. debido al capacitor C.

e).- TELEFONO DESCOLGADO.- Al descolgar la bocina, se cierra el contacto II del gancho G, circulando una corriente por el siguiente circuito: terminal a, contacto II de G, 1.2 de B.I., 2.4 de B.I. en paralelo con micrófono T y terminal b. Como se trata de C.D. no se produce eg

nal alguna en el receptor.

Para detectar que la bocina ha sido descolgada, se emplea un relevador de corriente (RC) cuyos contactos operan indicando dicha condición.

En el devanado del relevador de corriente (RC), se inducen los tonos necesarios mediante otra bobina, (B.I.T.) que indican la condición en -- que se encuentra el aparato telefónico como se muestra en la fig. VI.17.

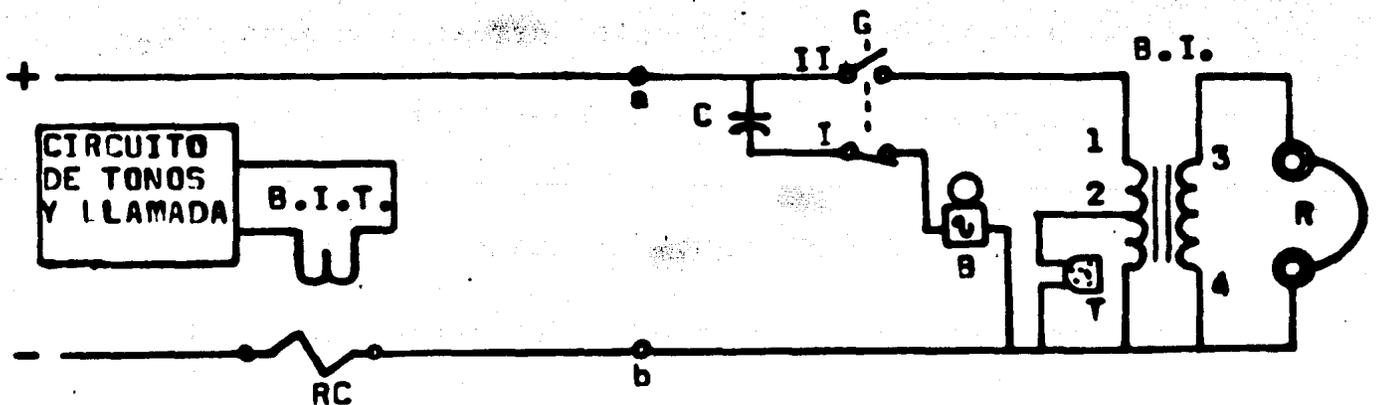


Fig.VI.17 Aparato telefónico que al descolgar recibe tono de marcar inducido en la bobina que alimenta C.D.

f).- TELEFONO RECIBIENDO LLAMADA.- En caso de que se encuentre colgado el aparato del abonado B, se conectará corriente alterna de llamada en sus terminales a y b. Mediante los bloques necesarios se desconecta la C.D.. La C.A. de llamada circula por el capacitor C, contacto I del gancho G, campana B (accionandola).

g).- COMUNICACION ESTABLECIDA.- Al descolgar el aparato B, como se muestra en la fig. VI.18, se establece la comunicación. Pero deberá prevenirse:

1.- Que no se induzcan tonos durante la conversación.

2.- Mediante los bloques necesarios se desconecte la corriente alterna de llamada.

3.- Se cambie la alimentación a C.D.

h).- Conectar en paralelo el aparato del abonado A con el aparato del abonado B. (comunicación establecida).

Como ambos aparatos son alimentados con C.D. en

los receptores no se induce ninguna señal. Al hablar el abonado A por su micrófono T, su resistencia varía haciendo que por el circuito circule una corriente pulsante i_{p1} , al ser pulsante en el secundario de la B.I. del aparato B se inducen las pulsaciones que se reproducen en su receptor R y viceversa cuando el abonado B habla, ver fig. VI.18.

Para la corriente pulsante mencionada en el aparato del abonado A, existe una segunda trayectoria i_{p2} que pasa por su propia B.I. e induce las mismas pulsaciones en su propio receptor para que la persona que habla se escuche y no tenga la sensación de que no se emite su voz.

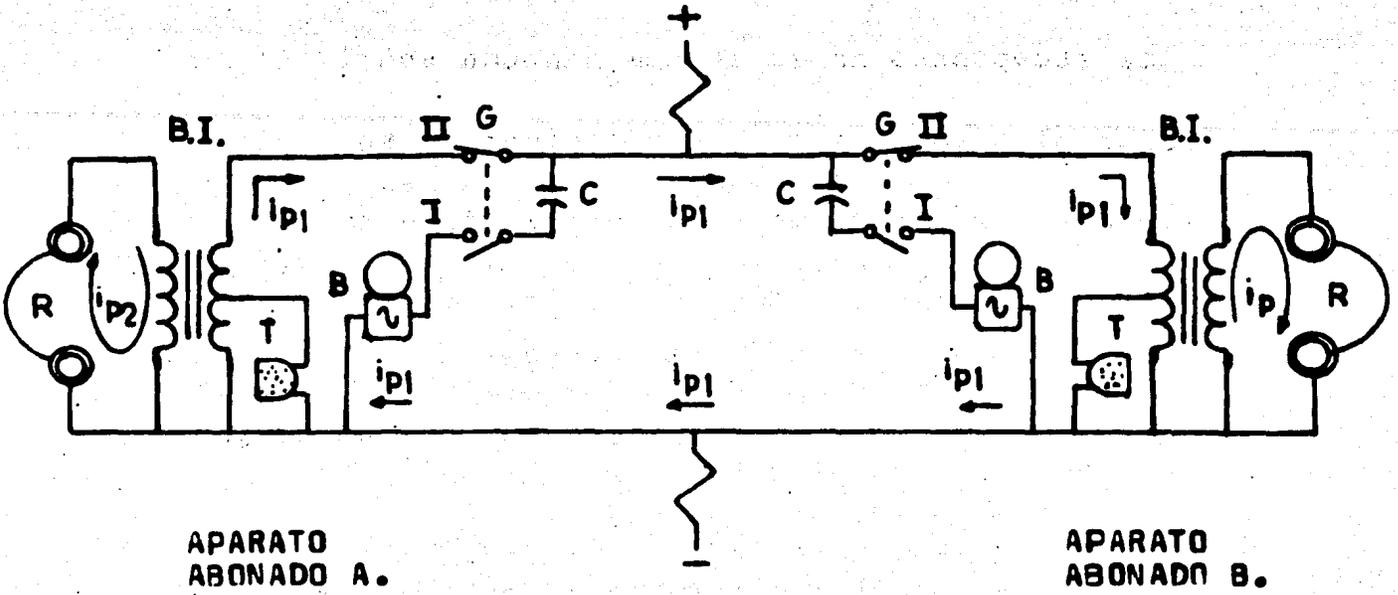


Fig. VI.18 Aparatos en comunicación, el gancho G aparece accionado en ambos aparatos.

VI.4.2.- DIAGRAMA DE SECUENCIA Y BLOQUEO.

En la fig. VI.19 se muestra el diagrama de secuencia y bloqueo. Para una mejor comprensión del diagrama se dan los siguientes comentarios:

a).-Cada abonado esta representado por los elementos y compuertas siguientes:

d1.1 a d1.19, d1.A, d1.B, B1.2, B1.3, B1.4, G1 y R1 - - - - - abonado No. 1

d2.1 a d2.20, d2.A, d2.B, B2.1, B2.3, B2.4, G1, B1 y R1 - - - - - abonado No. 2.

Las compuertas de los abonados 3 y 4 no se dibujan en su totalidad, sino exclusivamente las diferencias como son las compuertas d3.20 y d4.20, pero son la misma cantidad que las del abonado No. 2. Se utilizan compuertas de negación en las entradas de las compuertas d2.20, d3.20 y d4.20 para que cuando dos abonados descuelgan simultáneamente, el abonado de número más bajo tiene preferencia, es decir toma línea de comunicación y el otro recibe tono de ocupado.

b).- Las compuertas que tienen identificación alfabética (dA, dB, dc, de, etc.) y las compuertas - d01, d02 y d03 son compuertas comunes, ya que son las encargadas de mandar los tonos, señal de llamada y establecer comunicación. Cabe -- aclarar que la comunicación queda establecida cuando el abonado que llamó recibe la señal - de dA y el abonado llamado recibe la señal de dB.

c).- Lista de funciones desde el punto de vista -- del abonado No. 1 :

d1.1, d1.2, d1.3 y d1.4.- Compuertas para tomar línea.

dc, de, d1.6, d1.8 y d1.12.- Compuertas para recibir tono de marcar.

d1.14, d1.15 y d1.16.- Compuertas para llamar.

dx.17, dx.18 (x=2, 3 ó 4), dd, dg, dh.- Compuertas para recibir tono de llamada.

dk, dm, dA, d1.A y d1.12.- Compuertas para establecer la comunicación cuando se es abonado A.

dl.7,dk,dm,dB,dl.8 y dl.12.- Compuertas para establecer la comunicación -
cuando se es abonado B.

dm.- Compuerta que al establecerse la comunicación, desconecta el circuito de tonos y llamada, cancelando la señal y el tono de llamada.

dl.19.- Compuerta para retardar la señal.

dl.5,dl.13,dz,dy y dl.10.- Compuertas para el tono de ocupado.

d01,d02 y d03.- Arranque del circuito de tonos y llamada.

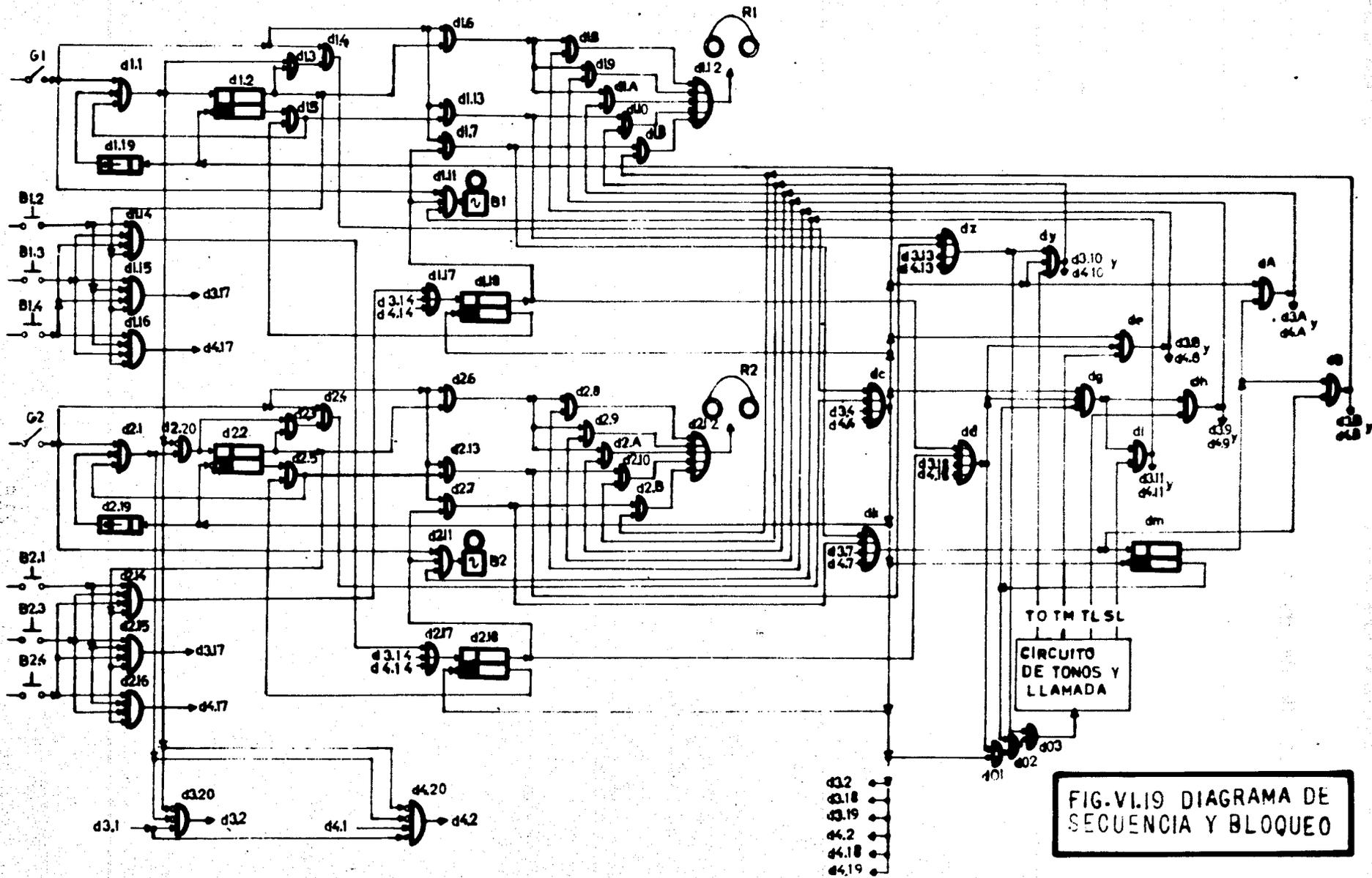


FIG.VI.19 DIAGRAMA DE SECUENCIA Y BLOQUEO

VI.4.3.- DIAGRAMA DE CONTROL.

En la fig. VI.20 se muestra el diagrama de control.

Para una mejor comprensión del diagrama se dan los siguientes comentarios:

- a).- Para simplificar únicamente se dibuja el aparato - No. 1 y los tres restantes, solo se indican sus po los a y b.
- b).- El relevador dc se compone de tres bobinas que están enrolladas sobre el mismo núcleo. Las bobinas en coordenada 13 son para alimentación de D.C. abonado A. La bobina en coordenada 14 recibe los tonos de marcar y de llamada y los induce en las otras dos.
- c).- El símbolo eléctrico de dc en la coordenada 32 es un contacto con traslape y su función es evitar -- que dl.2 se desenergice cuando se desconecta dl.1. Se recuerda que esta descripción esta desde el pun to de vista del aparato No. 1.
- d).- La inductancia L en coordenada 16, representa una alta impedancia a la señal de llamada, evitando -- una corriente elevada hacia el negativo. Pero una-

vez establecida la comunicación representa una-
baja resistencia a la C.D. para alimentar al --
abonado B.

e).- La señal de llamada no energiza la bobina dk en
coordenada 17 cuando se encuentra colgado el --
aparato, debido a la impedancia de la campana -
y del capacitor C que se encuentra en serie. --
Cuando descuelga el aparato el contacto II de G
en coordenada 0 cierra una trayectoria de menor
impedancia alcanzando a energizar dk, cuando es-
to sucede el relevador dm se energiza y dg se -
desenergiza, desconectando la señal de llamada.
La alimentación de C.D. al aparato del abonado-
B es a través de la bobina dk y la inductancia-
L.

Al energizarse dm, sus contactos en coordenada-
16 conectan a los abonados A y B entre si a tra-
vés de los capacitores C1 y C2. Los capacitores
C1 y C2 permiten el paso de la corriente pulsan-
te (voz) pero independiza la alimentación de --
C.D. de cada abonado.

f).- Los botones para llamar B1.2, B1.3 y B1.4 están

compuestos de 3 contactos, esto para que cuando se opriman dos botones al mismo tiempo no se -- efectue ninguna selección, permaneciendo el tono de marcar.

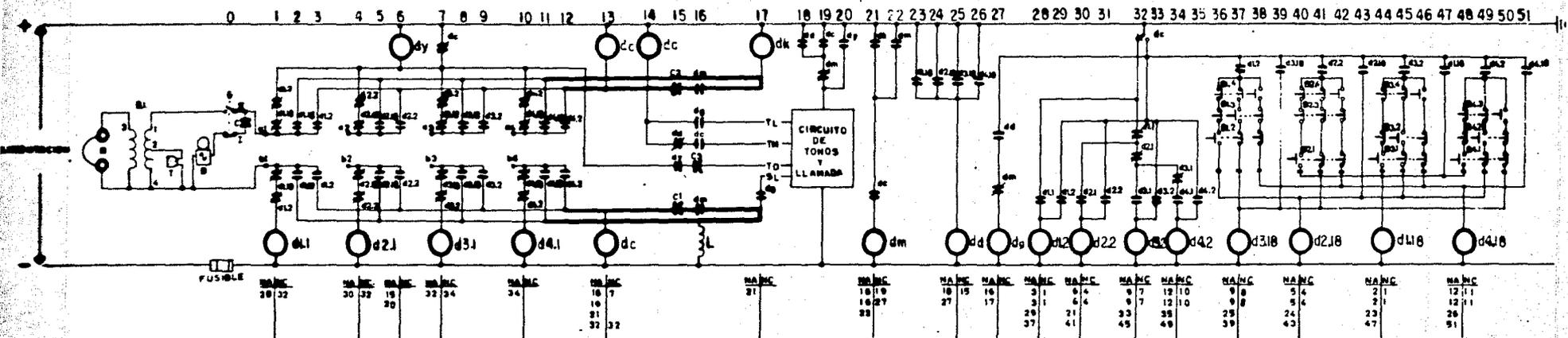


FIG. VI.20 DIAGRAMA DE CONTROL

VI.5.- CIRCUITO DE CONTROL PARA UNA REVOLVEDORA.

Se tiene una revolvedora que cuenta con un motor principal y 5 agitadores. El número de agitadores necesarios para la correcta operación de mezclado depende de la proporción de carga que se tenga, por lo que se desea un sistema de control que funcione de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a). De acuerdo a la proporción de carga, contar con un conmutador para seleccionar el mínimo de motores agitadores necesarios para dicha carga.
 - a.1) A plena carga se requerirán 5 agitadores.
 - a.2) A $4/5$ de carga se requerirán 4 agitadores como mínimo.
 - a.3) A $3/5$ de carga se requerirán 3 agitadores como mínimo.
 - a.4) A $2/5$ de carga se requerirán 2 agitadores como mínimo.
 - a.5) A $1/5$ de carga se requerirá 1 agitador como mínimo.
- b). Si se cuenta con el número mínimo de motores agitadores en operación, podrá funcionar la revolvedora. Para una mejor continuidad de servicio, se tendrán en operación los 5 agitadores normalmente.
- c). En éstas condiciones, con cargas parciales, podrá fallar un número determinado de agitadores antes de parar la operación de la revolvedora.

- d). Seleccionar las alarmas convenientes para -
supervisar el proceso.

VI.5.1.- DIAGRAMA DE SECUENCIAS Y BLOQUEOS.

En la figura VI.21 se presenta el diagrama de -
secuencias y bloqueos. Para una mejor comprensión del -
mismo, se dan los siguientes comentarios para cada uno -
de los puntos planteados en éste ejemplo :

- a). Por medio del conmutador b6 se selecciona el -
mínimo de motores agitadores necesarios en -
función de la carga.

a.1) A plena carga se requieren los 5 agitadores -
en operación, y se podrá operar la revolve -
dora cuando se tengan las 5 señales de los -
agitadores en la compuerta AND denominada --
d5.

a.2) A 4/5 de carga se requerirán como mínimo 4 -
agitadores en operación, y se podrá operar -
la revolvedora cuando alguna de las siguien -
tes condiciones se cumpla :

M1	M2	M3	M4	M5	COMPUERTA
1	1	1	1	0	d4.1
1	1	1	0	1	d4.2
1	1	0	1	1	d4.3
1	0	1	1	1	d4.4
0	1	1	1	1	d4.5

Cada una de éstas condiciones se cumplen con una compuerta AND que consta de 4 señales de entrada, por lo que tendremos 5 compuertas - AND denominadas según se indica y cuyas salidas se han agrupado en la compuerta OR d4.6.

a.3) A $3/5$ de carga se requerirán como mínimo 3 - agitadores en operación, y se podrá operar - la revolvedora cuando alguna de las siguientes condiciones se cumpla :

M1	M2	M3	M4	M5	COMPUERTA
1	1	1	0	0	d3.1
1	1	0	1	0	d3.2
1	1	0	0	1	d3.3
1	0	1	1	0	d3.4
1	0	1	0	1	d3.5
1	0	0	1	1	d3.6
0	1	1	1	0	d3.7
0	1	1	0	1	d3.8
0	1	0	1	1	d3.9
0	0	1	1	1	d3.10

Cada una de éstas condiciones se cumplen con una compuerta AND que consta de 3 señales de entrada, por lo que tendremos 10 compuertas- AND denominadas según se indica y cuyas salidas se agrupan en la compuerta OR d3.11

a.4) A $2/5$ de carga se requerirán como mínimo 2 - agitadores en operación, y se podrá operar - la revolvedora cuando alguna de las siguientes condiciones se cumpla :

M1	M2	M3	M4	M5	COMPUERTA
1	1	0	0	0	d2.1
1	0	1	0	0	d2.2
1	0	0	1	0	d2.3
1	0	0	0	1	d2.4
0	1	1	0	0	d2.5
0	1	0	1	0	d2.6
0	1	0	0	1	d2.7
0	0	1	1	0	d2.8
0	0	1	0	1	d2.9
0	0	0	1	1	d2.10

Cada una de éstas condiciones se cumplen con una compuerta AND que consta de 2 señales de entrada, por lo que tendremos 10 compuertas-AND denominadas según se indica y cuyas salidas se agrupan en la compuerta OR d2.11.

a.5) A 1/5 de carga se requerirá como mínimo 1 -- agitador en operación y se podrá operar la - revolvedora cuando se tenga 1 ó más de las - señales de los agitadores en la compuerta OR denominada d1.1 .

b) Si se tiene en operación el número mínimo de motores agitadores seleccionados con el conmutador b6, se tendrá señal a la salida del mismo. Dicha señal se alimenta a la compuerta AND Cp y si no existe falla por elemento térmico, el motor de la revolvedora arrancará.

c) En las condiciones anteriores y en operación normal, se tendrán trabajando los 5 agitadores, de tal manera que solo cuando se pare un

motor más del mínimo necesario se mandará -
paro total. Por ejemplo : a 3/5 de carga, se -
requieren solo 3 agitadores funcionando como-
mínimo, como los 5 están trabajando, se po --
drán parar por diferentes motivos 2 cuales --
quiera de ellos sin afectar la operación de -
la revolvedora, pero al fallar el 3o la revolvedora
deberá pararse.

d) Las alarmas seleccionadas para supervisar la-
operación de la revolvedora son las siguien -
tes :

1) Alarma por falla motor principal.

Esta alarma es operada por el elemento térmi
mico del motor principal, cuando éste su -
fre una sobrecarga. Manda señal para un cuadro
de alarmas y manda paro total de la revol
vedora.

2) Alarma por falla motores agitadores.

Esta alarma es operada cuando no se tiene-
el número mínimo de motores agitadores ne-
cesarios para la carga dada y selecciona--
dos con el conmutador b6. La señal de alar-
ma se obtiene de la compuerta d2 y el releva
dor de tiempo t1. Así mismo manda una se-
ñal para el cuadro de alarmas y manda paro
total de la revolvedora.

VI.5.2.- DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA.

En la figura VI.22 se presenta el diagrama de control para la revolvedora.

En la figura VI. 23 se presenta el diagrama de fuerza para la revolvedora.

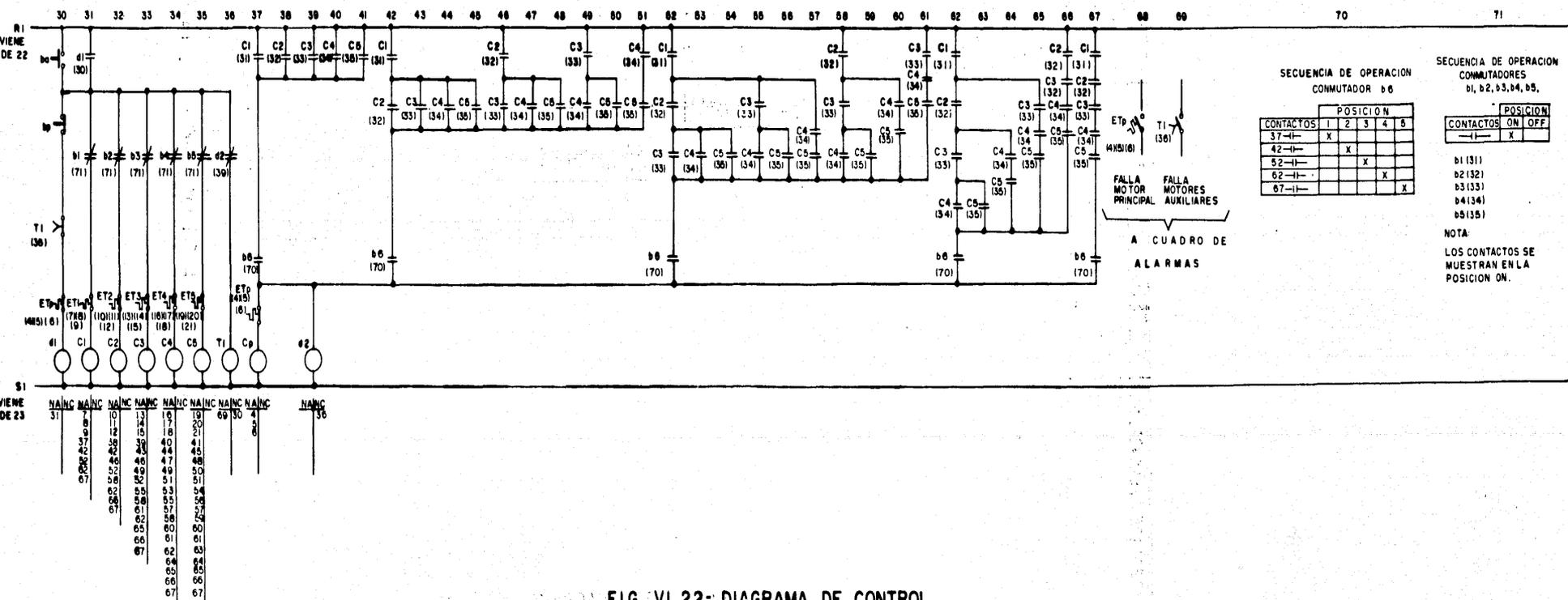


FIG. VI. 22: DIAGRAMA DE CONTROL.

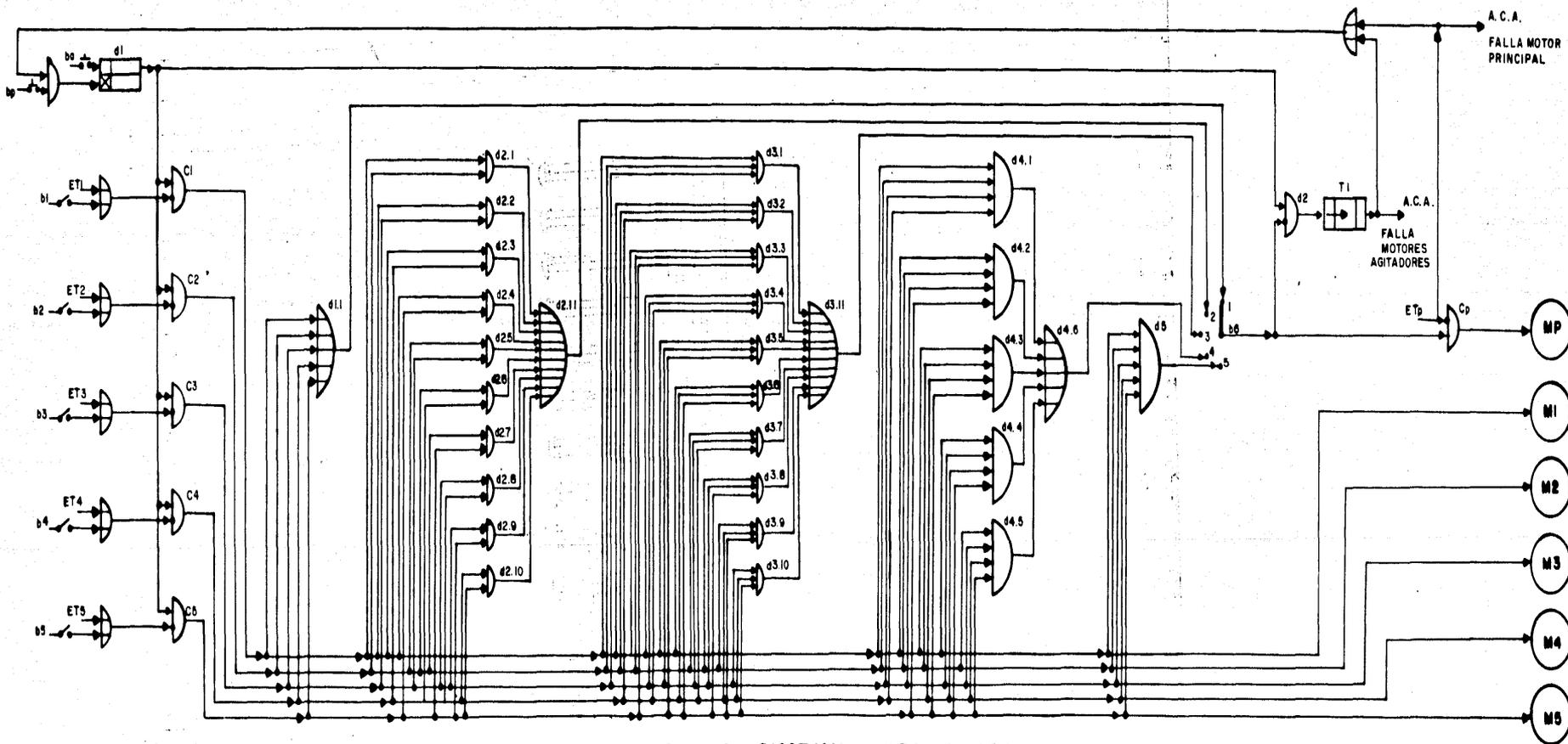


FIG. VI. 21 DIAGRAMA DE SECUENCIAS Y BLOQUEOS

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

Applied Protective Relaying.

Westinghouse Electric Corporation.

Circuitos Prácticos con Relés.

Frank J. Oliver

Marcombo, S.A.

Conservación Preventiva de Equipos Eléctricos.

Charles I. Hubert.

Marcombo, S.A.

Direct Current Machinery.

Kloeffler - Kerchner - Brenneman.

El Arte y la Ciencia de la Protección por Relevadores.

C. Russell Mason.

CECSA.

Esquemas Eléctricos Industriales.

Pablo Marco Sancho.

CECSA.

Fundamentos de Corriente Alterna.

John R. Duff.

Editorial Diana.

Interruptores de Baja Capacidad.

Hector Pacheco Valencia.

3ra. Edición 1974.

Instrumentos para Medición y Control.

Werner G. Holzbock.

CECSA.

Máquinas de Corriente Alterna.

Liwschitz - Garik.

CECSA.

Teoría y Prácticas, Motores de Potencia - Fraccionaria.

Kennard C. Graham.

Herrero Hermanos Sucesores, S.A.

Tratado de Electricidad, Tomos I y II

Chester L. Dawes.

Editorial Gustavo Gili, S.A.

Interruptores de Baja Capacidad.

Hector Pacheco Valencia.

3ra. Edición 1974.

Instrumentos para Medición y Control.

Werner G. Holzbock.

CECSA.

Máquinas de Corriente Alterna.

Liwschitz - Garik.

CECSA.

Teoría y Prácticas, Motores de Potencia - Fraccionaria.

Kennard C. Graham.

Herrero Hermanos Sucesores, S.A.

Tratado de Electricidad, Tomos I y II

Chester L. Dawes.

Editorial Gustavo Gili, S.A.