



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**



"REEMPLAZO Y ADAPTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD Y DE CORRIENTE PARA UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA DE 15 H P"

**INFORME TECNICO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

Especialización: **ELECTRONICA**

Presentado por:

**Rodrigo Fernando Martínez Zambrano**

Guayaquil - Ecuador

1990

*Jorge Flores M.*

Ing. Jorge Flores M.  
SUB-DECANO

*Washington Medina*

Ing. Washington Medina  
SUPERVISOR

*N. Chootong Ch.*

Ing. N. Chootong Ch.  
M. PRINCIPAL

## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este informe técnico, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

[Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL].

  
\_\_\_\_\_  
Rodrigo F. Martínez Zambrano

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Washington Medina, Supervisor de este Informe Técnico.

Al Ing. Alberto Larco, Profesor de Controles Industriales Electrónicos.

## DEDICATORIA

A mis Padres por todo el apoyo  
brindado durante mi carrera de  
estudiante.

## RESUMEN

El objetivo de este Informe Técnico es el de realizar un cambio parcial o total de un sistema de control de lazo cerrado de corriente y velocidad para un motor de corriente continua.

El sistema de control instalado tiene características similares al reemplazado con la ventaja de estar formado por elementos comerciales.

En este Informe se hará una descripción del sistema total en sus bloques de control y de Fuerza. se compararán los dos sistemas de control y se explicarán los cambios hechos al nuevo sistema de control para adaptar las señales realimentadas de corriente y del tacogenerador y de los pulsos de salida de los tiristores.

En este trabajo se trató en lo posible de que los cambios que tenga el soporte de los módulos sean mínimos para que en caso de tener que volver a montar el control anterior por desperfecto del nuevo no exista pérdida de tiempo.

## INDICE GENERAL

	PAGINA
RESUMEN	6
INDICE GENERAL	7
INDICE DE FIGURAS	9
INTRODUCCION	10
<b>I ANTECEDENTES</b>	<b>12</b>
1.1 CRITERIOS PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA	13
<b>II CARACTERISTICAS DEL SISTEMA</b>	<b>15</b>
2.1 GENERALIDADES	15
2.2 DATOS DE PLACA DEL MOTOR	16
2.3 DESCRIPCION DEL CIRCUITO ELECTRICO DE CONTROL	16
2.4 DESCRIPCION DEL CIRCUITO ELECTRONICO DE FUERZA	20
2.5 DESCRIPCION DEL CIRCUITO ELECTRONICO DE CONTROL	23
<b>III CARACTERISTICAS DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL</b>	<b>28</b>
3.1 GENERALIDADES	28
3.2 DIAGRAMA DE BLOQUES	29
3.3 DESCRIPCION DEL CONTROLADOR	30

<b>IV DIFERENCIAS ENTRE LOS DOS SISTEMAS DE CONTROL</b>	41
4.1 VENTAJAS DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL	41
4.2 DESVENTAJAS DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL	42
4.3 EVALUACION DE LOS DOS CONTROLES	42
<b>V TRABAJO REALIZADO</b>	44
5.1 REVISION Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA	44
5.2 DESMONTAJE DEL CONTROL ANTERIOR	45
5.3 INSTALACION DEL NUEVO CONTROL	46
5.4 AJUSTES Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	48
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	49
<b>APENDICES</b>	51
A. DATOS TECNICOS DEL SISTEMA EN GENERAL	52
B. DIAGRAMA DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL	57
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	60



## INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
1. CONFIGURACION DEL SISTEMA	17
2. CIRCUITO ELECTRICO DE CONTROL	19
3. CIRCUITO ELECTRONICO DE FUERZA	22
4. CIRCUITO ELECTRONICO DE CONTROL	26
5. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL NUEVO CONTROL	31
6. FUENTE DEL SISTEMA DE CONTROL	33
7. CIRCUITO REGULADOR DE VELOCIDAD	35
8. CIRCUITO REGULADOR DE CORRIENTE	37
9. CIRCUITO DE SINCRONISMO	39
10. CIRCUITO DE DISPARO	40
11. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA	47
12. DIAGRAMA DE FUENTE Y REGULACION	58
13. DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE SINCRONISMO Y DISPARO	59

## INTRODUCCION

Teniendo la Escuela Superior Politécnica del Litoral varias alternativas de graduación para la obtención del Título de Ingeniero, siendo una de ellas la elaboración de un informe técnico sobre algún trabajo práctico que tenga el nivel de Ingeniería, presento el siguiente informe dentro del área de Electrónica Industrial.

En este trabajo se pone en práctica el contenido de los cursos de controles industriales electrónicos teoría y laboratorio.

Estas materias por ser el último nivel de la especialización electrónica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica están relacionadas con otras materias como Electrónica y Controles Automáticos.

Este trabajo se realizó en la planta de electrodos de la compañía AGA DEL ECUADOR, en la mezcladora Simpson de Telemechanique, la cual es utilizada en la mezcla de las sustancias que constituyen los diferentes tipos de electrodos que fabrica la empresa antes mencionada.

Este informe, tiene que ver primero con el chequeo del tablero de control, luego el diagnóstico y por último en el cambio y adaptación del sistema de control de corriente y voltaje para un motor de corriente continua, así también como las características de ambos sistemas de control y la evaluación

de ellos.

En la práctica estos trabajos a más del nivel técnico también tienen que ver con la parte legal ya que estos se realizan por medio de contratos, por lo que el nivel de responsabilidad es alto. Por ejemplo, en este trabajo se realizó el cambio total del sistema de control.

El motor de la máquina con el control anterior en problemas estaba trabajando a  $2/3$  de su capacidad, al realizar la adaptación del nuevo sistema, este debía quedar trabajando en un cien por ciento y por consiguiente la planta seguir funcionando. Algo diferente a que el sistema estuviera paralizado completamente y luego realizar la habilitación del mismo.

En las secciones que están a continuación se explicará el trabajo realizado en detalles.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

El control de velocidad de un motor trata de que esta se mantenga constante para diferentes cargas, siempre y cuando la corriente de armadura no exceda a la prefijada en el control de corriente cuando se tiene un sistema de control en doble lazo cerrado.

Debido a que las masas para la fabricación de los electrodos son de diferente dureza, el motor de la mezcladora tendrá una carga diferente para cada uno de ellos.

En condiciones normales de operación del motor trabaja a plena carga sin ningún problema, o sea que estaba dentro de los límites de velocidad y corriente establecidos.

En el momento que se presenta el problema, el motor disminuye su velocidad para las mezclas de las masas duras, por lo que se debió disminuir la carga normal del motor para trabajar a la velocidad deseada, esto implica disminuir la producción para la fabricación de este tipo de electrodos, razón por la cual la empresa solicitó el chequeo del sistema para detectar y solucionar el problema.

Luego de realizado el chequeo se diagnosticó que el circuito de disparo de uno de los tiristores estaba defectuoso.

## 1.1 CRITERIOS PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

El daño se detectó en el circuito de control electrónico, este sistema de control estaba constituido por 7 unidades o módulos, los cuales son sellados, teniendo acceso a los terminales de interconexión entre ellos y el sistema de fuerza, tanto eléctrico como electrónico, así también como a varios puntos de medición y potenciómetros de calibración, no así a los elementos que conforman los circuitos internos de las unidades para realizar su reparación.

Por ser unidades intercambiables lo mas aconsejable era realizar la sustitución del módulo defectuoso por otro nuevo, pero debido a que este sistema de control estaba instalado hace 10 años aproximadamente y los fabricantes habían discontinuado este módulo, no existían unidades de reemplazo para reparar el sistema de control.

Una segunda alternativa consistía en adaptar al sistema de control una tarjeta electrónica de disparo que reemplace a la unidad dañada.

Si se consideraba esta alternativa existía la posibilidad de que otra de las unidades se dañe y había que realizar una segunda adaptación.

ya que existen unidades de sincronismo, fuente, disparo, control de velocidad y de corriente.

Por último se recomendó cambiar todo el sistema de control por otro que tenga características similares y además que esté formado por elementos comerciales para de esta forma poder realizar las reparaciones que sean necesarias en caso de presentarse algún problema.



## CAPITULO II

### CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

#### 2.1 GENERALIDADES

Esta mezcladora utiliza un motor de corriente continua de 15 HP.

El sistema completo tanto eléctrico y electrónico de control y fuerza presenta la configuración básica que tiene cualquier sistema donde se realiza control de velocidad y corriente para motores de corriente continua con alimentación trifásica. Esta configuración es la siguiente:

El circuito de fuerza eléctrico formado por contactores para la energización del sistema de fuerza y control electrónico contiene pulsadores de arranque-parada del sistema así como luces piloto para señalización.

El circuito de fuerza electrónico formado por inductancias de línea, un puente trifásico controlado de 3 tiristores y 3 diodos con sus respectivas protecciones RC. Y por último el circuito de control donde llegan alimentación trifásica para fuente y transformadores de sincronismo, realimentación de corriente mediante la rectificación

de corriente de las líneas que llega al puente controlado, realimentación de voltaje desde el tacómetro conectado al eje del motor, rectificación de 2 fases para alimentación del campo del motor.

Así también como los potenciómetros para calibración de voltaje y corriente.

Esto lo podemos observar en la Figura 1.

## 2.2 DATOS DE PLACA DEL MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

POTENCIA:	15 HP
CORRIENTE:	57.5 Amperios
VOLTAJE DE CAMPO:	190 Voltios DC
TACOMETRO ACOPLADO AL MOTOR:	0.06 Voltios/revolución.

## 2.3 DESCRIPCION DEL CIRCUITO ELECTRICO DE CONTROL

Este circuito está formado por un disyuntor trifásico a la entrada del tablero, seguido por una llave de interrupción el cual alimenta a todo el circuito eléctrico mediante 2 fusibles, las bobinas de contactores son de 220 V.

El diagrama del circuito eléctrico es el de la Figura 2 y el funcionamiento es el siguiente:



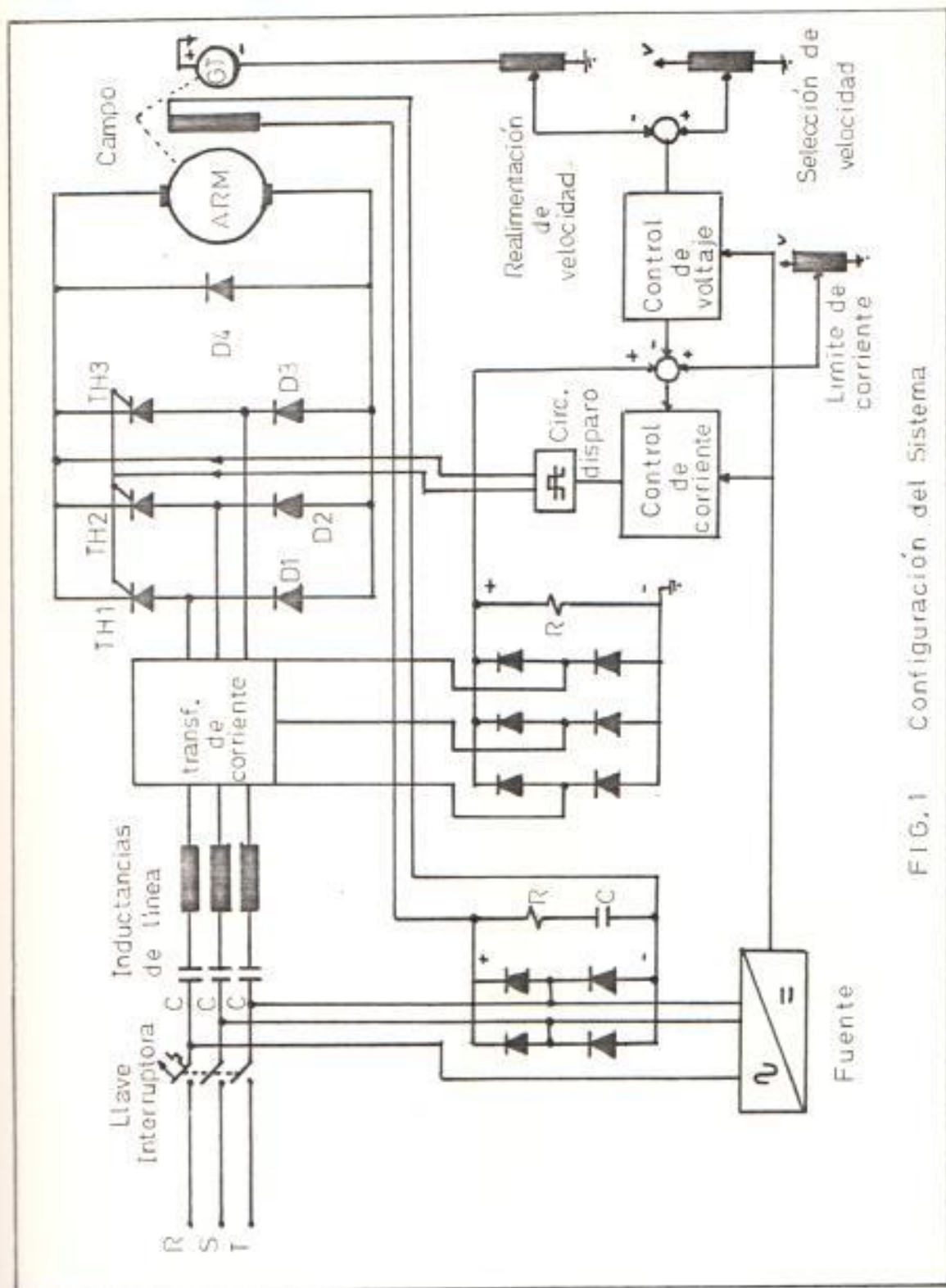


FIG. 1 Configuración del Sistema

Tiene un interruptor de seguridad en la puerta del tambor donde se produce la mezcla.

Existe una botonera de arranque que energiza el Rele C1, este produce un enclavamiento con el pulsador de arranque y a la vez energiza el contactor C2 que alimenta al puente trifásico controlado, a la vez enciende una luz piloto y los ventiladores del tablero y el de enfriamiento.

Existe 2 fusibles térmicos tanto del motor como del ventilador para desenergizar el sistema así también como un botón de parada.

Existen otros contactores y temporizadores pero están deshabilitados.

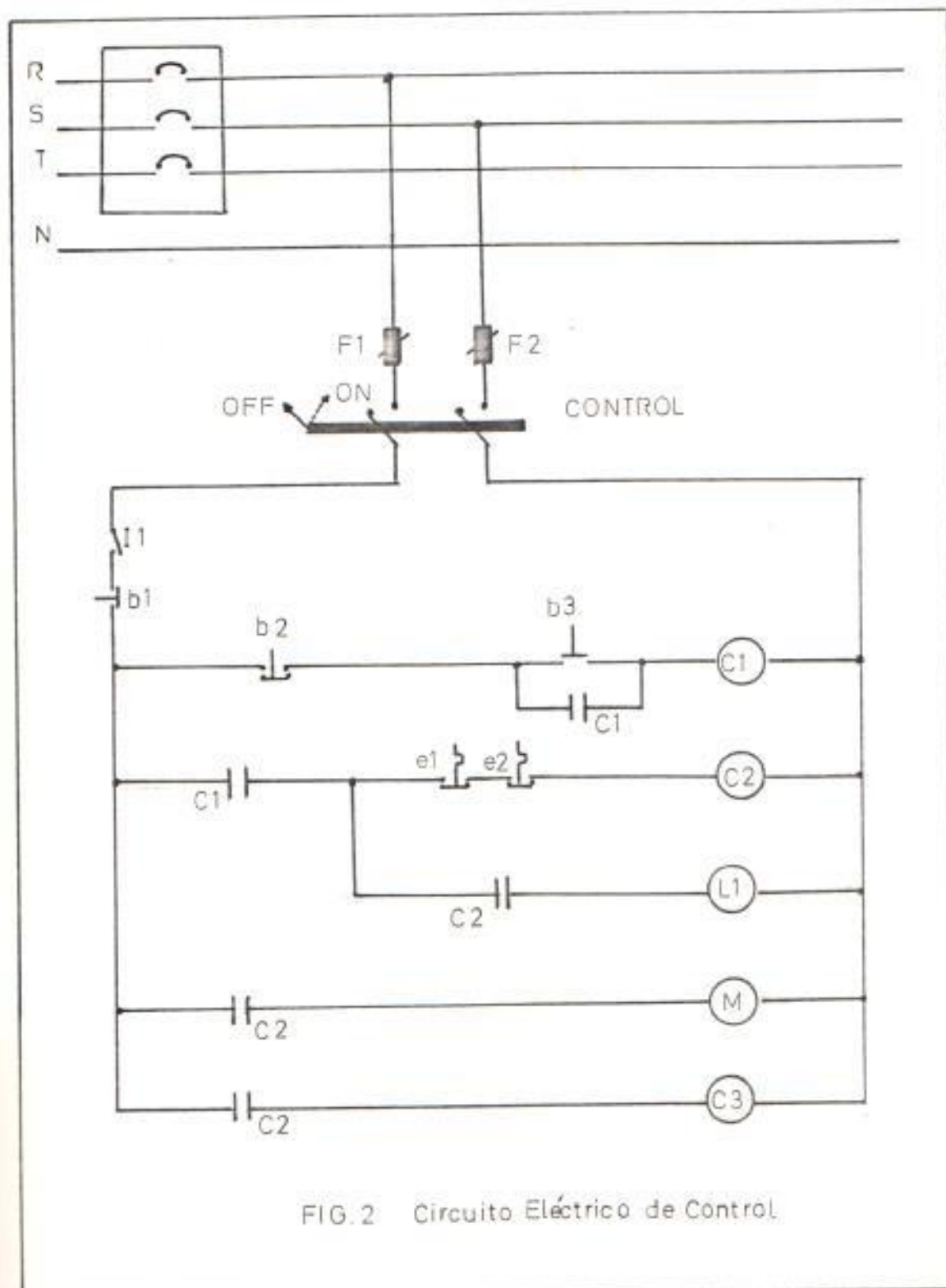


FIG. 2 Circuito Eléctrico de Control.

Las siglas del circuito de la Figura 2 indican:

- I1 Interruptor de seguridad de la puerta del tambor
- b1 Pulsador de parada para emergencia
- b2 Parada del sistema
- b3 Arranque del sistema
- C1 Rele de control
- e1 Térmico del ventilador de enfriamiento.
- e2 Térmico del motor
- C2 Contactor de alimentación del puente controlado
- L1 Luz piloto
- M Contactor de la alimentación del tablero
- C3 Contactor de la alimentación de ventilación de enfriamiento
- F1,F2 Fusibles de protección del circuito de control.

El motor de enfriamiento es de 220 V.

## 2.4 DESCRIPCION DEL CIRCUITO ELECTRONICO DE FUERZA

Se tiene un puente trifásico controlado formado por 3 tiristores y 3 diodos, además existe un diodo volante para la armadura. Cada uno de los tiristores tiene un circuito de protección RC, el cual también viene sellado en un módulo, en serie con los tiristores se encuentran 3 bobinas de cobre.

A la entrada en la alimentación del puente existen 3 inductancias de línea seguidas de 3 transformadores de corriente para controlar la corriente de armadura.

El circuito de fuerza es el de la Figura 3.

En este circuito tenemos:

SL1,2,3: Inductancias de línea

TI1,2,3: Transformadores de corriente

TH1,2,3.: Tiristores C150

D1,2,3,4: Diodos IN3296R

SP1,ZT4: RC de protección de los tiristores

SP1,ZT3: RC de protección de D4

A: Armadura

L1,2,3: Bobinas

RC: Circuito para la armadura  $R = 20 \Omega$  .  $C = 2 \mu F$ .



## 2.5 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO ELECTRONICO DE CONTROL

Este sistema de control está formado por varias unidades selladas, las cuales son las siguientes:

**UNIDAD DE FUENTE:** Sirve para energizar los diferentes circuitos que forman el control.

**UNIDAD DE SINCRONISMO:** Está formada por transformadores los cuales se alimentan de 220 V ó 380 V, pudiendo ser estos voltajes seleccionados mediante unos puentes, sirven para sincronismo entre el circuito de control con el de Fuerza.

**UNIDADES DE DISPARO:** Sirven para encender cada uno de los tiristores del circuito de Fuerza, éstos módulos, 3 en total, pueden ser intercambiados entre sí.

A estas unidades se tiene acceso a 3 puntos de prueba para ser medidas en un osciloscopio. Estos puntos son: Q, Z, T.

Para realizar estas pruebas el potenciómetro PR que controla la velocidad se coloca el terminal que va a la regleta 15RI ó 25RI al punto común C y con un osciloscopio se puede tener 3 formas de onda para cada módulo y comprobar si están funcionando normalmente.



**UNIDADES DE VOLTAJE Y CORRIENTE:** Sirven para realizar el control de velocidad y corriente del sistema. A estas unidades se tiene acceso a cuatro potenciómetros de calibración.

PG Potenciómetro de Ganancia

PV Potenciómetro de Estabilidad

PJ Potenciómetro de límite de corriente

PS Potenciómetro de estabilidad

Estas unidades tienen también puntos de Prueba R2, D, E, en el módulo de comparación y amplificación y los puntos L y J2 para el módulo de corriente y estabilización.

Las pruebas se realizan conectando uno de los terminales del potenciómetro PR al punto común C.

El voltaje que se mide entre los terminales R y C de las regletas debe ser de 0 a  $40\text{ V} \pm 10\%$  variando PR.

El voltaje entre el terminal C y el punto de prueba D será de 0 a  $27\text{ V} \pm 10\%$ .

El voltaje entre C y el punto de prueba E será entre 0 y 1.3 V cuando es movido el potenciómetro PR.

La Figura 4 muestra el sistema de control anterior en módulos y las

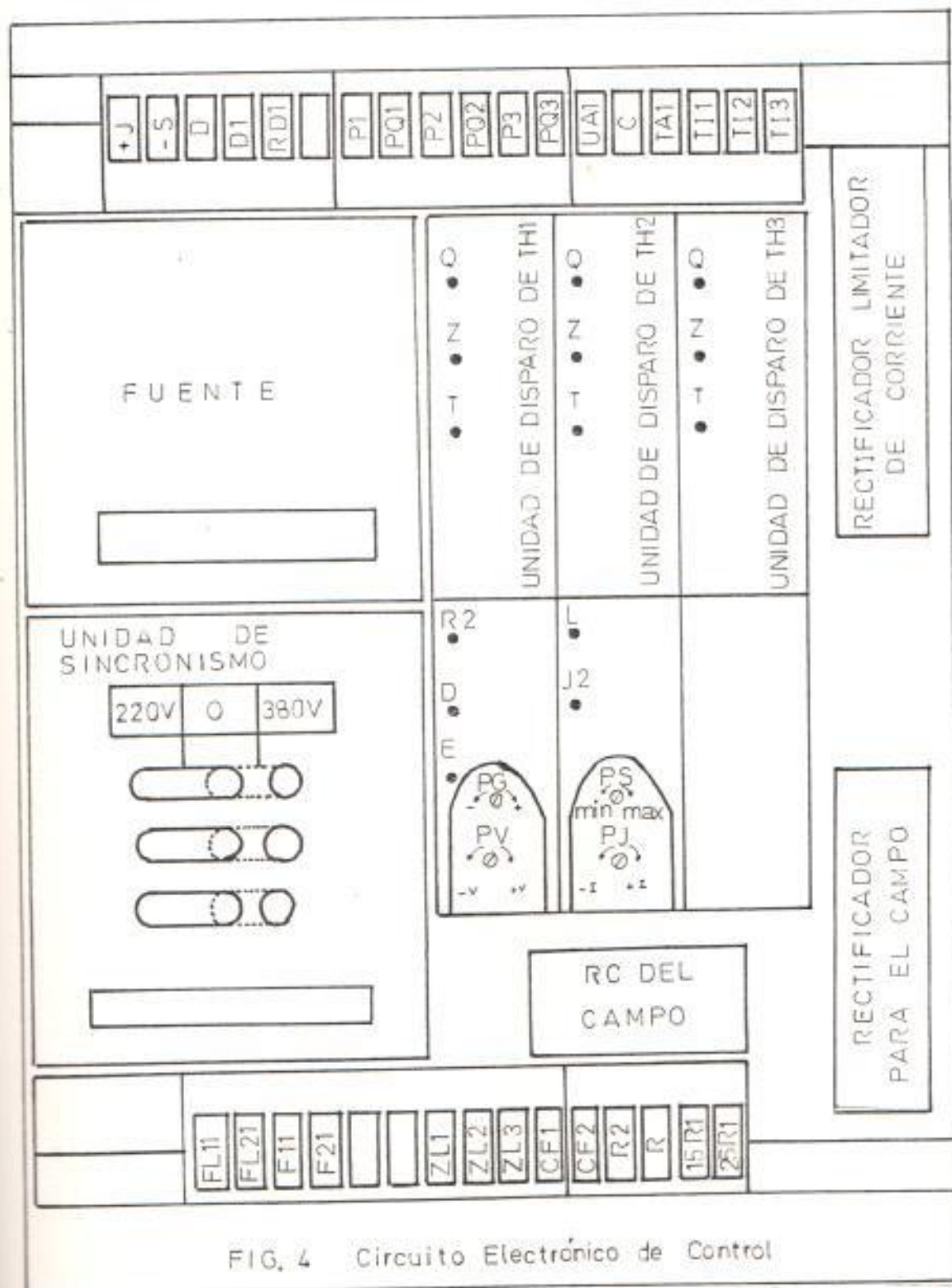


La Figura 4 muestra el sistema de control anterior en módulos y las regletas de conexión entre el circuito de Fuerza y el de control.

Con el potenciómetro PR, colocado en una parte externa y accesible al operador, se realiza el control de velocidad y con el potenciómetro GV se ajusta la máxima velocidad que pueda tener el motor.

Existe un filtro RC para el rectificador que alimenta al campo del motor.

El diagrama de la Figura 4 es toda la información que se tiene sobre las conexiones del control.



Las Regletas de Interconexión tienen las siguientes terminales:

- FL 11 Tacómetro +
- FL 12 Tacómetro F 11 Voltaje Campo +
- F 21 Voltaje campo 2L1 Línea de entrada R
- 2L2 Línea de Entrada S
- 2L3 Línea de entrada T
- CF1 No conectada
- CF2 No conectada
- R2 Al mínimo valor del potenciómetro de control de velocidad
- + R Al variarle del potenciómetro de control de velocidad.
- 15R1 NC
- 25R1 Al máximo valor del potenciómetro de control de velocidad
- + J Punto de Prueba
- S Punto de Prueba
- D Punto de Prueba
- D1 Nc
- RD1 Nc
- P1 Pulso SCR-1
- PQ1 Armadura
- P2 Pulso SCR-2
- PQ2 Armadura
- P3 Pulso SCR-2
- PQ3 Armadura
- UA1 Común
- C Común
- TA1 Positivo del puente rectificador de la señal de corriente
- T11 Transformador de corriente
- T12 Transformador de corriente
- T13 Transformador de corriente.

## CAPITULO III

### CARACTERISTICAS DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL

#### 3.1 GENERALIDADES

Este circuito realiza un control de velocidad y de corriente teniendo una realimentación de doble lazo.

Está en capacidad de disparar 6 tiristores de un puente rectificador trifásico, ha sido adaptado para disparar los 3 tiristores del puente que va a controlar, así como para recibir las señales del rectificador de corriente y del tacogenerador para que el sistema tenga el mismo rango de control de velocidad y corriente que tenía el controlador anterior.

Está formado por 3 transformadores para sincronizar el sistema de control con el de fuerza, en este módulo existen 2 puentes trifásicos para rectificar la onda positiva y la negativa.

Existe una tarjeta que contiene la fuente para alimentar los elementos que constituyen el control, además contiene al circuito regulador de velocidad y corriente y tiene también un relé para bloquear al control en caso de ser necesario, este relé puede ser controlado por otro relé

externo y un pulsador

Hay una tarjeta que realiza el sincronismo y además genera los pulsos de disparo de los tiristores, esta tarjeta realiza el defasamiento de los pulsos.

Por último hay una tarjeta para interconexión entre las tarjetas y los transformadores de sincronismo y las regletas de conexión del controlador.

Estas tarjetas van colocadas en un soporte.

### 3.2 DIAGRAMA DE BLOQUES

Al circuito de control se lo puede dividir en varios bloques para realizar el análisis del mismo y pueden ser:

- a) Transformador de sincronismo y Rectificador
- b) Fuente
- c) Circuito Regulador de Velocidad y Corriente
- d) Rectificador de corriente
- e) Circuito Defasador de Impulsos y de disparo.
- f) Relé de control.

Un diagrama de bloques con las señales de entrada y salida podemos observarlo en la Figura 5.

Siendo:

R.S. y T las señales trifásicas 220 V.

Ro, So y To los secundarios de los transformadores

+A y -A, son dos señales rectificadas: Positiva y Negativa

RF Referencia para seleccionar la velocidad

RE Señal realimentada del tacómetro

I Señal realimentada que indica la corriente.

C es la salida de la tarjeta de regulación

Rb, Sb, Tb son los pulsos de salida ya defasados y sincronizados

Re es una señal de bloqueo para el sistema.

### 3.3 DESCRIPCION DEL CONTROLADOR

El análisis de cada uno de los bloques es el siguiente:

**Transformador de Sincronismo y Rectificador:** Está constituido por 3 transformadores de voltaje para realizar el sincronismo y determinar cuales de los tiristores deberá conducir, en este bloque existe un puente rectificador para la onda positiva y otro para la negativa para alimentar a los circuitos que harán de fuente para el sistema.



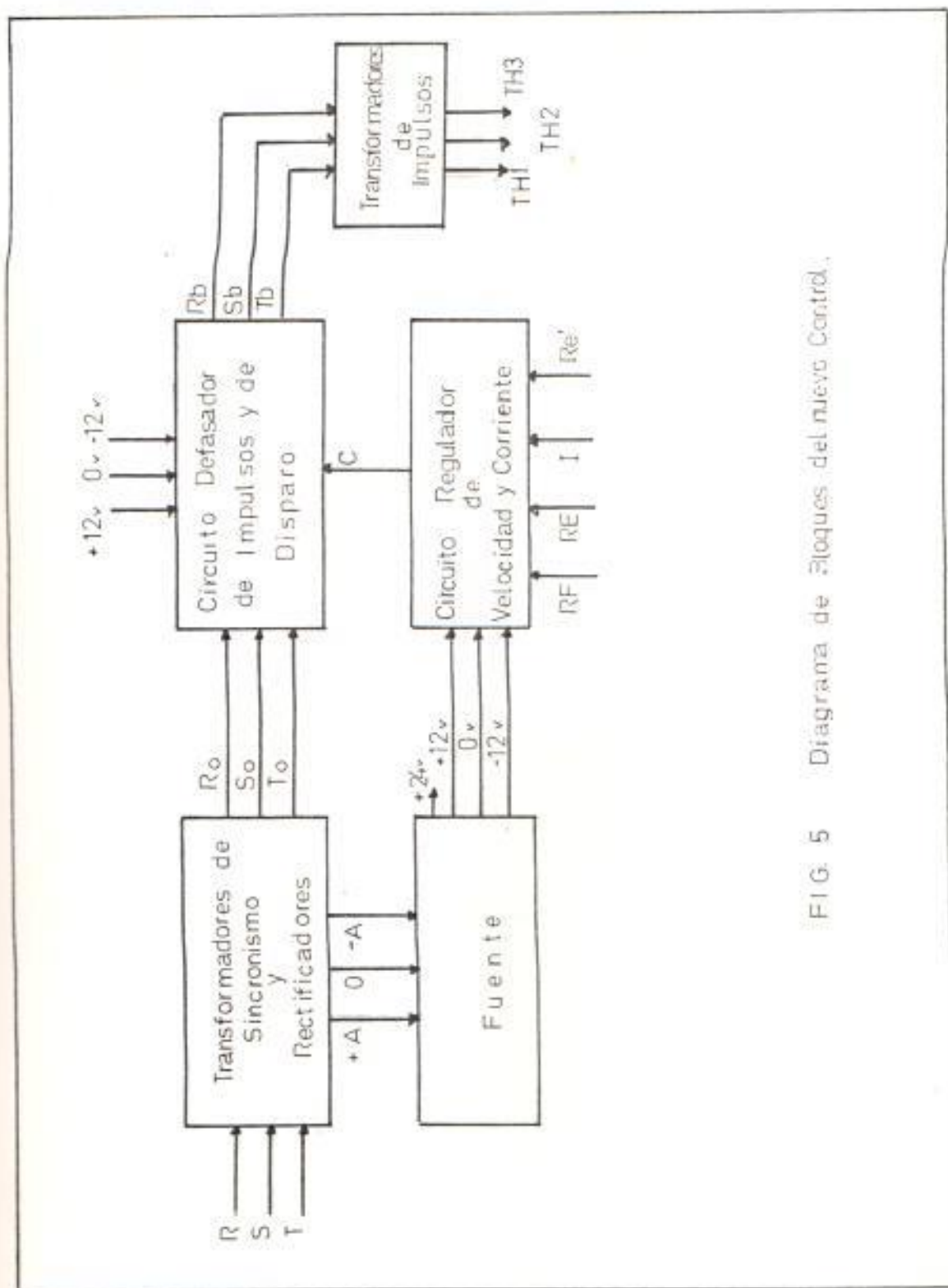


FIG. 5 Diagrama de Bloques del nuevo Control.

**Fuente:** En el control se utilizarán fuentes de + 12 voltios, - 12 voltios y + 24 voltios.

De las señales trifásicas, rectificadas se obtienen +A -A. La señal +A alimenta a una resistencia de potencia R1 y mediante el zenner Z1 y el capacitor C1 se obtiene un voltaje regulado a +12 voltios, ya que Z1 es de 12 voltios con -A, R2, Z2 y C2 así mismo se obtiene otra fuente de -12 voltios, Z2 también es de +12v.

Para obtener +24 voltios se tiene un circuito de una fuente regulable controlada por un potenciómetro P1 que sirve para ajustar el voltaje a +24 V.

Este circuito para fuente lo podemos observar en la Figura 6.

**Circuito Regulador de Velocidad:** Este circuito está formado por un Amplificador Operacional 741, configurado como un control PI, y la señal de error es producida por la diferencia entre el voltaje que proviene del potenciómetro de control de velocidad y el voltaje que se realimenta del tacogenerador, por medio de varias resistencias conectadas tanto al potenciómetro como al tacogenerador para que estén en un valor aproximado en el rango de trabajo del motor.

Con el potenciómetro P4 se realiza la compensación del integrado



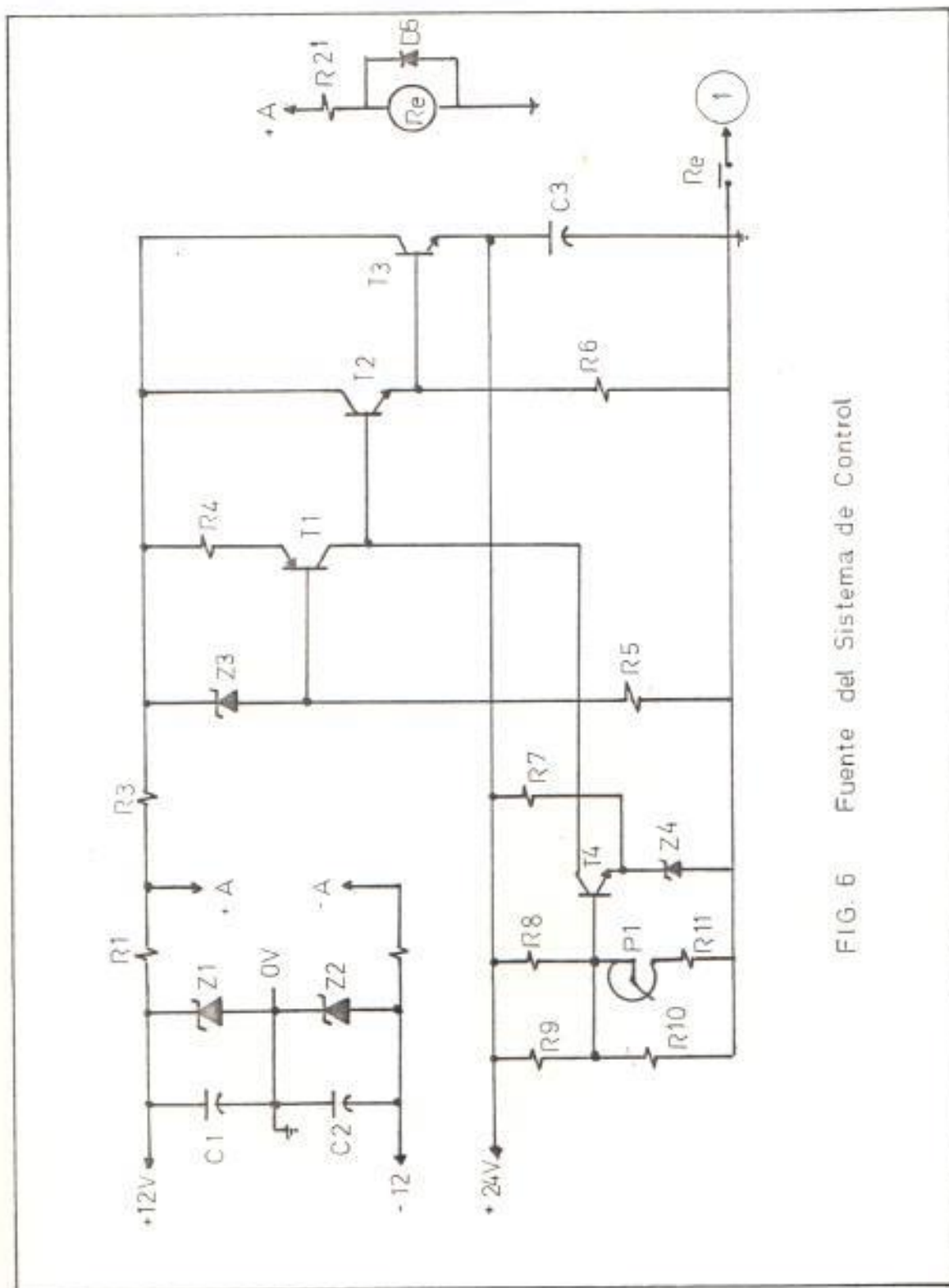


FIG. 6 Fuente del Sistema de Control

IC1. Los diodos D1 y D2 protegen la entrada del operacional.

A la salida de IC1 existe una red formada por R21, P3, R18, D4 y la fuente de -12 voltios para variar la señal de salida y acondicionarla para conectarla al regulador de corriente.

El contacto Re sirva para bloquear el control en caso de energizar el Relé Re.

Mediante R16, C4, R15, C5 e IC1 se realiza el control.

Este circuito sirve para que el motor mantenga su velocidad constante. lo podemos observar en la Figura 7.

**Circuito Regulador de Corriente:** Este control lo hace con un Amplificador Operacional 741.

La señal de error es producida por la señal que llega desde el regulador de velocidad y por la señal que viene desde el rectificador de voltaje de los transformadores de corriente. La máxima corriente que puede tener el sistema lo da el divisor de tensión entre R26, R27 y R28.

Esta red está formada por resistencias cuyos valores están calculados para que la corriente que circule por ellas sea cercano a la corriente

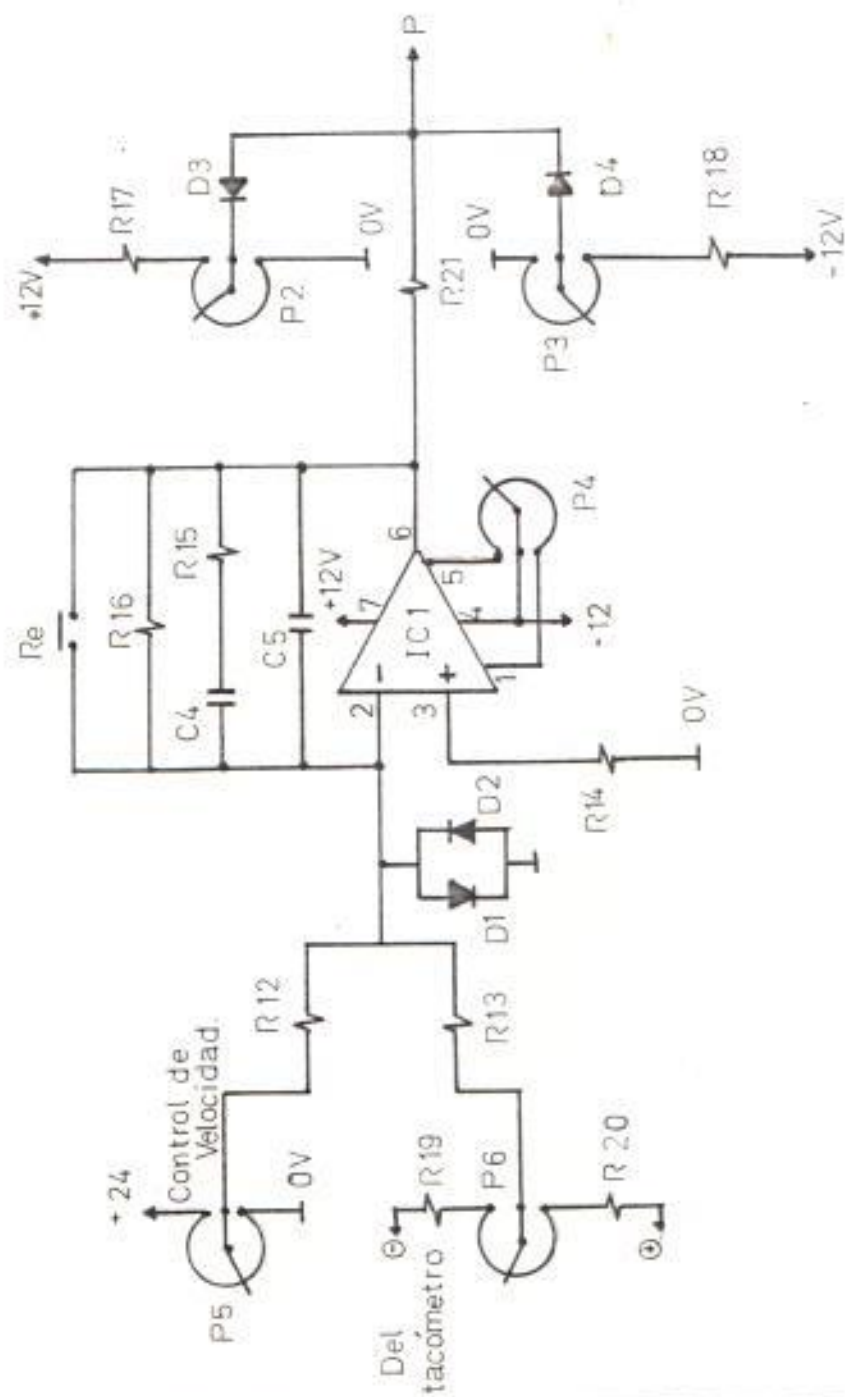


FIG. 7 Circuito Regulador de Velocidad.

que se produzca en la red que conecta la salida del regulador de velocidad, R22 y R23 y de esta forma estén en el rango de trabajo del motor.

Existe un contacto del Relé Re para bloquear el control en caso de ser necesario, ya que fija un voltaje en la entrada 2 de IC2. Con R31, R32 y D7 se tiene otra red para la señal de error, así como con R33, D8 y R25.

Con los 2 circuitos reguladores se varía el ángulo de disparo de los tiristores para así realizar el control de corriente y velocidad.

El circuito regulador de corriente lo podemos observar en la Figura 8.

**Rectificador de Corriente:** Existen 3 transformadores de corriente, los que están conectados a la entrada con la alimentación al circuito de fuerza en cada una de las fases, los voltajes que se obtienen en estos transformadores van a un puente rectificador trifásico y de aquí por una resistencia va hasta el circuito regulador de corriente.

**Defasador de Impulsos:** Se tienen 3 circuitos formados por elementos iguales, teniendo como diferencia solo que la entrada a cada uno de ellos es cada una de las fases del transformador de sincronismo.



Así tenemos que el circuito donde llega R, pasa primero por un filtro para bajo para evitar señales de alta frecuencia, este filtro está formado por R35 y C9.

D9 es un rectificador, con TS y la red R34, R35 y P7 se genera un pulso de onda cuadrada. Este pulso está defasado con los producidos por los circuitos donde llegan S y T. La señal de salida C del regulador de corriente llega a cada uno de estos circuitos.

Desde este circuito se conecta al circuito de disparo de los tiristores.

Este circuito en la Figura 9.

**Circuito de Disparo:** Este bloque está formado por dos 741 configurados como comparadores para cada una de las 3 fases. Aquí llegan las señales provenientes del circuito sincronismo y la salida del circuito regulador de corriente y velocidad (c), por medio de R48, R49 y C16 se consigue que el ancho del pulso sea más pequeño. De aquí pasa la señal a un circuito formado por 2 tiristores trabajando como interruptores y éstos pulsos van hacia transformadores de pulsos los cuales están conectados a una red de resistencias, capacitores y diodos para acondicionar el pulso de salida que va a disparar a los tiristores y no estén fuera de los valores de corriente y voltaje de la compuerta del tiristor.

En la Figura 10 tenemos este circuito detallado.



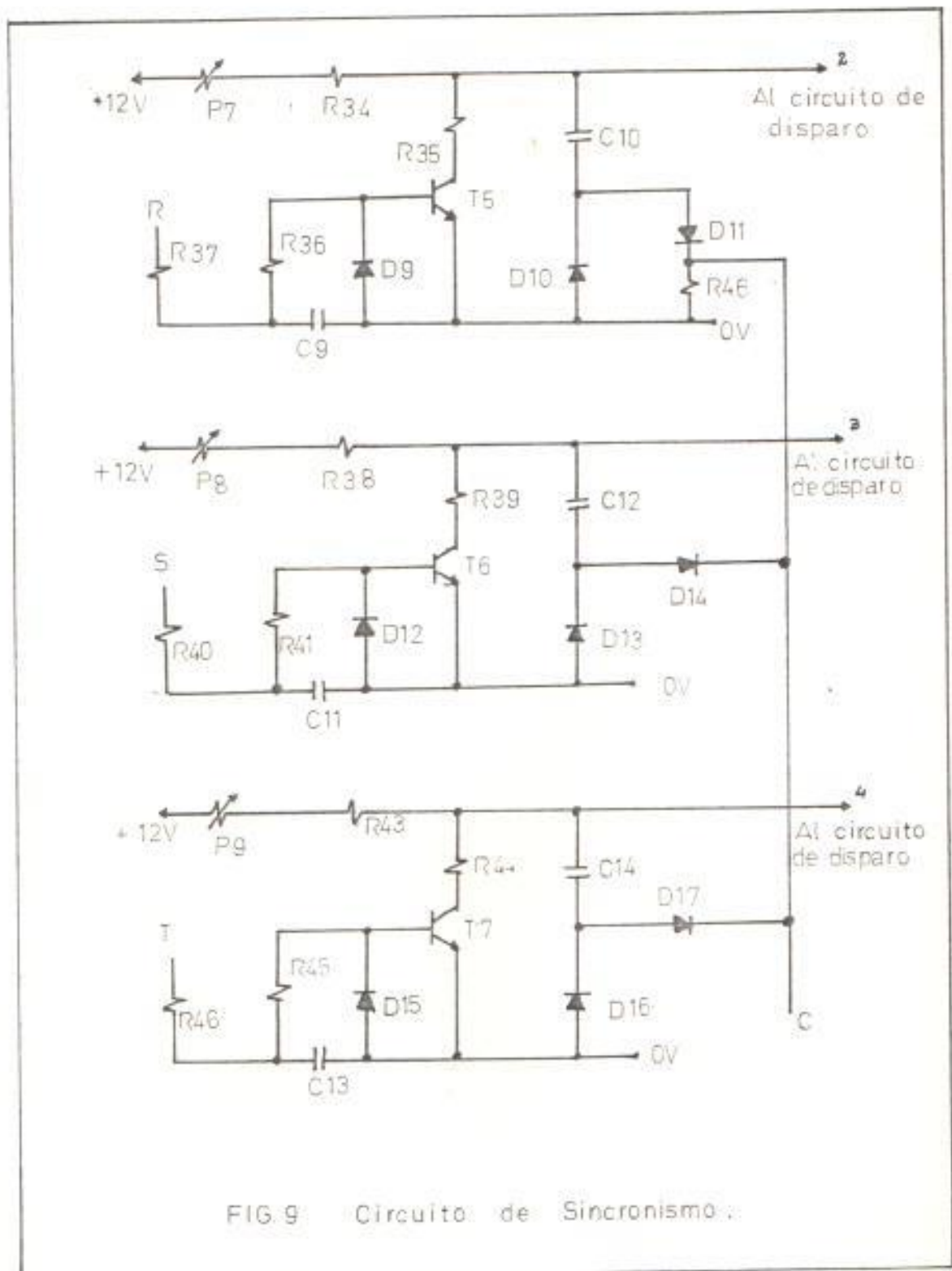


FIG. 9 Circuito de Sincronismo.

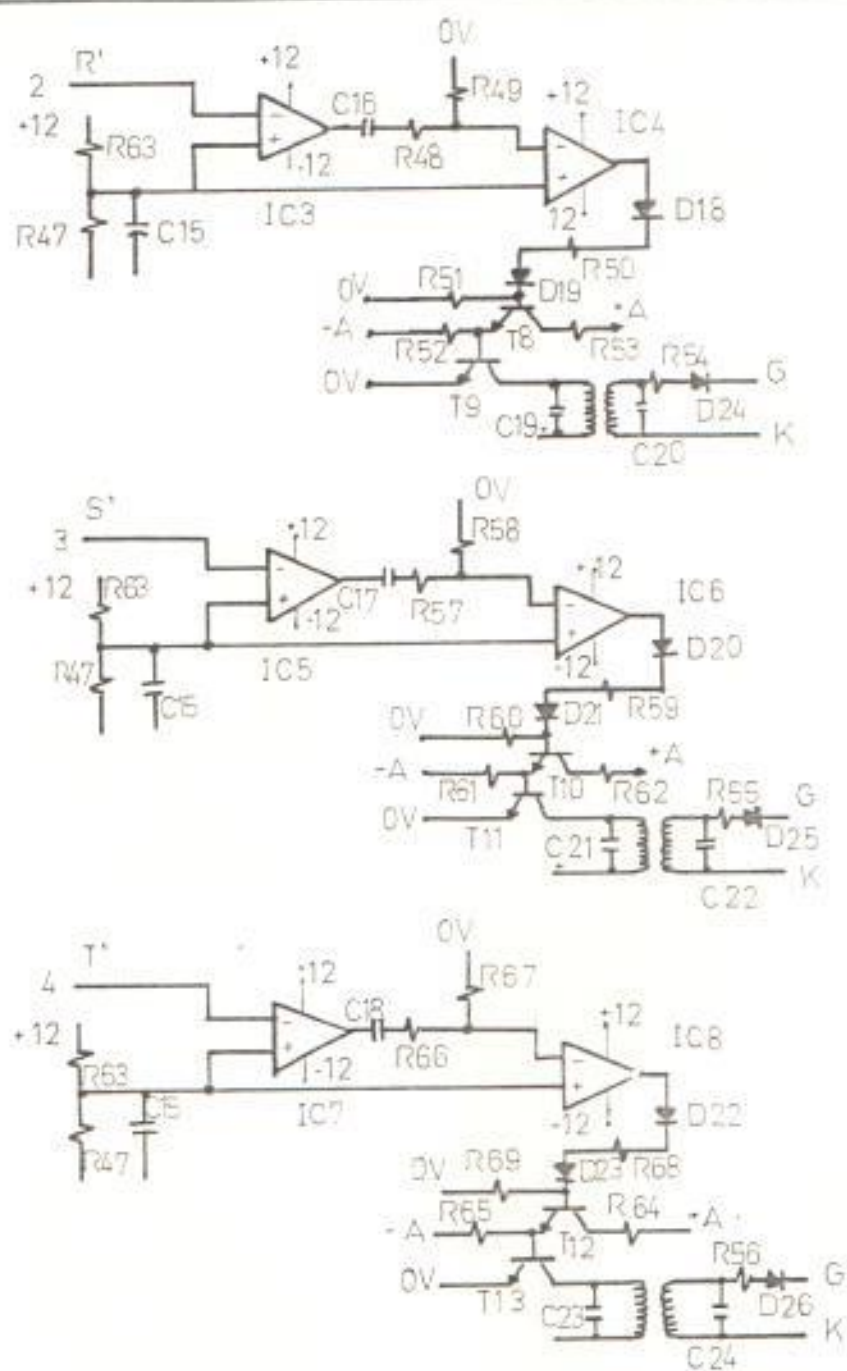


FIG. 10 Circuito de Disparo



## CAPITULO IV

### DIFERENCIAS ENTRE LOS DOS SISTEMAS DE CONTROL

#### 4.1 VENTAJAS DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL

Siendo el nuevo sistema de control instalado de iguales funciones que el anterior, el comportamiento del sistema en general es el mismo, las ventajas que presenta este nuevo control con respecto al anterior son las siguientes:

- a) **Costo.** El nuevo sistema de control es de menos costo que el anterior.
  
- b) **Reparación.** Por el hecho de que este sistema de control está constituido por elementos comerciales en su totalidad, la reparación del mismo se la puede realizar por el cambio de pocos elementos y no por unidades como sería con el otro control.
  
- c) **Cambios.** Si en lo posterior se emplea un puente rectificador de 6 elementos controlados, es decir 6 tiristores, a este sistema se le puede añadir otra tarjeta de disparo ya que este sistema está tomado de un circuito de control de 6 tiristores.

## 4.2 DESVENTAJAS DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL

Las diferencias que se pueden realizar de estos controles se los puede hacer globalmente ya que no existe información detallada del control anterior.

Las desventajas del nuevo control son:

1. Con el sistema anterior el intercambio de unidades es mucho más rápido que en el caso actual, ya que es poca la calibración que requerían estos módulos instalados.
2. Por ser el nuevo sistema de control expuesto al ambiente y no sellado, es más afectado por el polvo que se produce al realizar las mezclas de las sustancias de los electrodos, debido a esto el nuevo control requiere una limpieza más continua que en el caso anterior.

## 4.3 EVALUACION DE LOS DOS CONTROLES

Del control anterior podemos decir que en cuanto a calidad es bastante aceptable ya que estuvo en funcionamiento cerca de 10 años, el hecho de que se encuentren selladas sus unidades se debe a que en el ambiente de trabajo existe polvo debido a las mezclas.

Se puede decir que este sistema es igual o mejor que el nuevo.

En cuanto al nuevo control es una buena alternativa de solución al problema presentado ya que el anterior no podrá ser habilitado debido a que no existen repuestos.

Este control nuevo por estar formado por elementos comerciales es fácil de ser reparado. Teniendo tarjetas de reposición se puede llegar a una habilitación casi inmediata en caso de presentarse algún daño considerando que no se puede tener mucho tiempo una línea de producción parada.

## CAPITULO V

### TRABAJO REALIZADO

#### 5.1 REVISION Y DIAGNOSTICO DEL SISTEMA

El problema se presenta cuando se coloca la masa mas dura y el motor pierde velocidad, esto es notorio ya que el motor siempre arranca con carga.

Se chequeará los voltajes de líneas tanto en la parte eléctrica como en la alimentación del puente, se encuentra que todos los voltajes son los correctos.

Con un amperímetro se miden las corrientes y se encuentra que en uno de los ramales del puente no existía corriente. Colocando un osciloscopio en los terminales de la armadura no existe una de las fases, por lo que se concluye que las posibles fallas podrían ser:

- a) Daño del Tiristor o del Diodo que deben conducir para una de las fases.
- b) Daño en el circuito de control, específicamente en una de las unidades de disparo.

Siendo los módulos de disparo iguales se los intercambió y se encontró que uno de ellos estaba defectuoso, descartando el daño de algún tiristor o diodos.

No existiendo unidades de respuesta se consideró varias alternativas ya mencionadas anteriormente en el Capítulo I, escogiendo aquella que sugiere cambiar todo el sistema de Control Electrónico.

## 5.2 DESMONTAJE DEL CONTROL ANTERIOR

Antes de proceder a la desconexión del sistema anterior se identifica cada uno de los cables que llegan hasta todo el control.

Todas las unidades están conectadas en un soporte, donde se encuentran las regletas de conexión, el desmontaje es sencillo ya que los terminales de las unidades entran en conectores sujetos al soporte.

Ya que no existe información de las conexiones de todo el tablero en el momento del desmontaje se identifican todas las líneas como son:

Las fases de alimentación de los transformadores de sincronismo.

Las líneas del tacómetro.

Las señales que llevan los pulsos de disparo de los tiristores.

Las señales que vienen de los transformadores de corriente.



Las líneas que alimentan al campo del motor.

Las líneas del potenciómetro de control de velocidad.

Las líneas que llevan la señal rectificada de corriente hacia el control.

Se identifican varios puntos de prueba.

Teniendo toda esta información y conociendo los terminales del nuevo control se facilitó la instalación del mismo.

### 5.3 INSTALACION DEL NUEVO CONTROL

El nuevo sistema está constituido por un rack que sirve para soporte y conexión de 3 tarjetas. Una tarjeta de control de voltaje corriente y además fuente, una segunda tarjeta de disparo de los tiristores, y otra de interconexión entre las tarjetas y los transformadores de sincronismo, el circuito de Fuerza, el tacómetro, rectificador de la señal de corriente.

Este nuevo control por ser de dimensiones diferentes al anterior fue colocado en otra parte, pero dentro del tablero de control.

Teniendo todas estas señales identificadas se procedió a la instalación del nuevo control con sus respectivas conexiones.

En el gráfico siguiente podemos indicar como queda instalado el nuevo sistema de control.



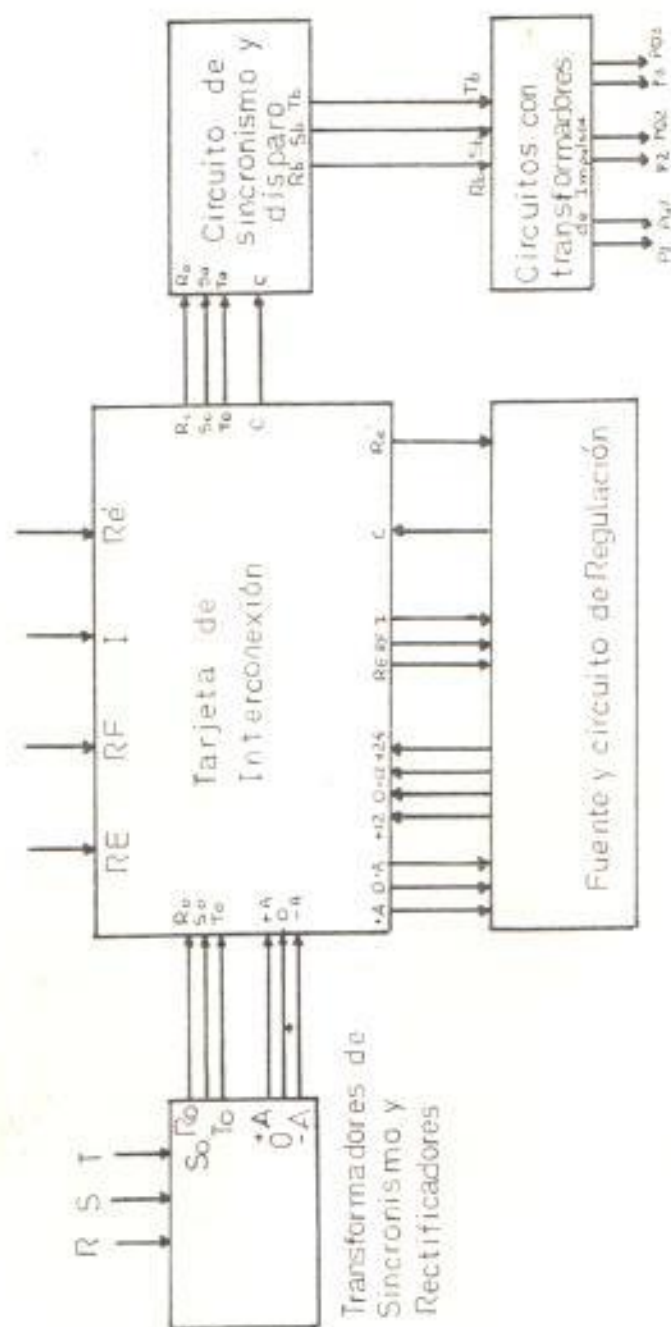


FIG 11 Diagrama de bloques del Sistema

#### 5.4 AJUSTES Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Al nuevo sistema de control hay que acondicionar las señales de entrada y de salida en la parte de Fuerza a controlar y los elementos de realimentación como son los transformadores de corriente, el tacómetro y los circuitos de los transformadores de pulso que disparan a los tiristores.

En la parte del regulador de corriente se cambió la resistencia R28 para de esta forma este circuito regulador controle la corriente en el valor que lo realizaba el control anterior, se hizo varias pruebas experimentales para encontrar un valor de R28 hasta obtener el valor aproximado.

La señal de alimentación desde el tacómetro pasa por un divisor de tensión para que a la máxima velocidad de 1500 rpm exista un voltaje cercano a 24 voltios que es el voltaje que alcanza el potenciómetro de control de velocidad.

Así tenemos que R19=5.2K, P6=1.5K, R20=56 , P5=2.3K.

P6 sirve como ajuste de la señal que viene del tacogenerador. Los transformadores del pulso que van a disparar los tiristores fueron ubicados en el circuito de disparo y se colocó un diodo para evitar corrientes en sentido contrario, una resistencia para limitar la corriente hacia la compuerta y un par de capacitores en paralelo con la entrada y salida del transformador.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez terminado y entregado satisfactoriamente este trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. En la industria existen muchos motores de corriente continua de características similares al que se hace referencia en este informe.

Con un sistema de control como el instalado es posible a un costo razonable poder solucionar problemas de orden técnico que puedan presentarse.

2. La solución presentada a este sistema es la mas acertada ya que al cambiar todo el sistema y al no hacer la adaptación de una tarjeta al circuito de disparo dañado, se evitaba tener que realizar adaptaciones futuras a las otras unidades si sufrieran daño.

3. Con este tipo de control por tener elementos comerciales es posible realizar las adaptaciones necesarias para un funcionamiento óptimo del sistema, es decir, que al conectar el tacogenerador, la señal de los transformadores de corriente rectificadas, así como los tiristores, se puedan realizar cambios en los circuitos de voltaje, corriente y de disparo de los tiristores.

En cuanto a las recomendaciones que se puedan hacer tenemos:

1. Para realizar un mantenimiento correctivo casi instantáneo del control es preferible tener tarjetas de reposición ya calibradas considerando el bajo costo que tienen las mismas en comparación a la función del sistema de producción.
2. Realizar una limpieza mas continua de las tarjetas que constituyen el control, a pesar de que el panel es cerrado completamente, debido a que en el ambiente cercano a este panel existe demasiado polvo producido por las sustancias que se mezclan en el tambor del motor.

## APENDICES

## APENDICE A

### DATOS TECNICOS DEL SISTEMA EN GENERAL

#### TIRISTORES

Los rectificadores controlados de silicio de General Electric C150 y C152 son diseñados para aplicaciones de control de fase. Estos son los tiristores en el circuito de Fuerza y sus características son:

$I_t$  (RMS) 100 Amperios (Todos los ángulos de conducción)

$I_t$  (AV) Depende de los ángulos de conducción

$I_{pico}$  (no repetido) 1500 Amp.

PGM 10 W.

PGAV 2W

Temperatura de operación  $-40^\circ$  a  $125^\circ\text{C}$

Torque 14 N-m min. 17 N-m máx.

#### DIODOS

Los diodos para el puente pueden ser

70 HFR 100 I.R.

IN 3768 WESTINGHOUSE

4 CA12 COGIE

SBT 1001K AEI

Protecciones RC



Para los Tiristores y Diodos D4 vienen sellados son

SP1, ZT4

SP1, ZT3

Para armadura

R = 20

C = 2uF

Para campo

RC 926.042

Los elementos que forman las tarjetas de control son:

### Resistencias

R1 = 220 $\Omega$ 5W	R24 = 1.8K 0.5W	R47 = 1K 0.5W
R2 = 220 $\Omega$ 5W	R25 = 5.6K 0.5W	R48 = 2.7K 0.5W
R3 = 47 $\Omega$ 2W	R26 = 5.6K 0.5W	R49 = 2.2K 0.5W
R4 = 6.8K 0.5W	R27 = 5.6K 0.5W	R50 = 3.3K 0.5W
R5 = 15K 0.5W	R28 = 220 $\Omega$ 0.5W	R51 = 4.1K 0.5W
R6 = 100K 0.5W	R29 = 220 $\Omega$ 0.5W	R52 = 8.2K 0.5W
R7 = 2.2K 0.5W	R30 = 5.1K 0.5W	R53 = 820 $\Omega$ 0.5W
R8 = 5.8K 0.5W	R31 = 2.2K 0.5W	R54 = 47 $\Omega$ 0.5W
R9 = 5.8K 0.5W	R32 = 560 $\Omega$ 0.5W	R55 = 47 $\Omega$ 0.5W
R10 = 2.7K 0.5W	R33 = 5.6K 0.5W	R56 = 47 $\Omega$ 0.5W
R11 = 1.5K 0.5W	R34 = 1.2K 0.5W	R57 = 2.7K 0.5W
R12 = 22K 0.5W	R35 = 45 $\Omega$ 0.5W	R58 = 2.2K 0.5W
R13 = 22K 0.5W	R36 = 2.7K 0.5W	R59 = 3.3K 0.5W
R14 = 6.8K 0.5W	R37 = 1.5K 0.5W	R60 = 4.1K 0.5W
R15 = 5.1K 0.5W	R38 = 1.2K 0.5W	R61 = 8.2K 0.5W
R16 = 8.2M 0.5W	R39 = 47 $\Omega$ 0.5W	R62 = 820 $\Omega$ 0.5W
R17 = 1K 0.5W	R40 = 1.5K 0.5W	R63 = 1.5K 0.5W
R18 = 1K 0.5W	R41 = 2.7K 0.5W	R64 = 820 $\Omega$ 0.5W
R19 = 0.2k 0.5W	R42 = 1.5K 0.5W	R65 = 8.2K 0.5W
R20 = 560 $\Omega$ 0.5W	R43 = 1.2K 0.5W	R66 = 2.7K 0.5W
R21 = 300 $\Omega$ 0.5W	R44 = 47 $\Omega$ 0.5W	R67 = 2.2K 0.5W
R22 = 39K 0.5W	R45 = 2.7K 0.5W	R68 = 3.3K 0.5W
R23 = 1K 0.5W	R46 = 1.5K 0.5W	R69 = 4.1K 0.5W

### Potenci6metros

P1 = 1K	P6 = 1.5K
P2 = 1K	P7 = 20K
P3 = 1K	P8 = 20K
P4 = 20K	P9 = 20K
P5 = 2.4	P10 = 1K

### Capacitores

C1 = 220 $\mu$ F 25 V	C11 = 0.1 $\mu$ F 100V	C21 = 0.1 $\mu$ F 35V
C2 = 46 $\mu$ F 24V	C12 = 0.33 $\mu$ F 25V	C22 = 0.01 $\mu$ F 100V
C3 = 10 $\mu$ F 35V	C13 = 0.1 $\mu$ F 100V	C23 = 0.1 $\mu$ F 35V
C4 = 2.2 $\mu$ F 25V	C14 = 0.33 $\mu$ F 25V	C24 = 0.01 $\mu$ F 100V
C5 = 100 pf	C15 = 0.1 $\mu$ F 25V	
C6 = 0.1 $\mu$ F 100V	C16 = 0.1 $\mu$ F 25V	
C7 = 0.33 $\mu$ F 100V	C17 = 0.1 $\mu$ F 25V	
C8 = 22 $\mu$ F 10V	C18 = 0.1 $\mu$ F 25V	
C9 = 0.1 $\mu$ F 100 V	C19 = 0.1 $\mu$ F 35V	
C10 = 0.33 $\mu$ F 25V	C20 = 0.01 $\mu$ F 200V	

### Diodos

Z1 = Z x 12
Z2 = Z x 12
Z3 = Z10
Z4 = BZY18
D1 a D8 = IN914
D9 a D26 = BAY12

### Transistores

T1 = BFW31
T2 = 2N1711
T3 = TIP 31A
T4 = BFW32
T5 = BC107B
T6 = C107B
T7 = BC107B
T8 a T13 = 2N1613

## **Circuitos Integrados**

IC1 a IC8 u A 741

## APENDICE B

### DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL

Se tiene en el tablero principal el sistema de control con los siguientes diagramas:







## BIBLIOGRAFIA

1. BAUXBAUM ARNE - SCHIERAN KLAUS. Cálculo de circuitos de regulación AEG Telefunken Paraninfo. 1976.
2. GENERAL ELECTRIC. Datos técnicos de SCRS. P.818.
3. Manual Técnico Simpson de Telemécanique.
4. SCR Manual 1972.
5. SICE. Diagrama de bloques y circuitos.